



# MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

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

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:**  
**DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 1**



---

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

---

### 1.1. INTRODUCCIÓN

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

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

1

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

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

- I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;*
- II. Descripción 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 y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;*
- V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;*
- VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;*
- VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas; y*
- VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental”.*

En cumplimiento de las disposiciones anteriormente citadas en este capítulo se presentan los datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental del **“Proyecto Recuperación de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”**.

### 1.2. Proyecto

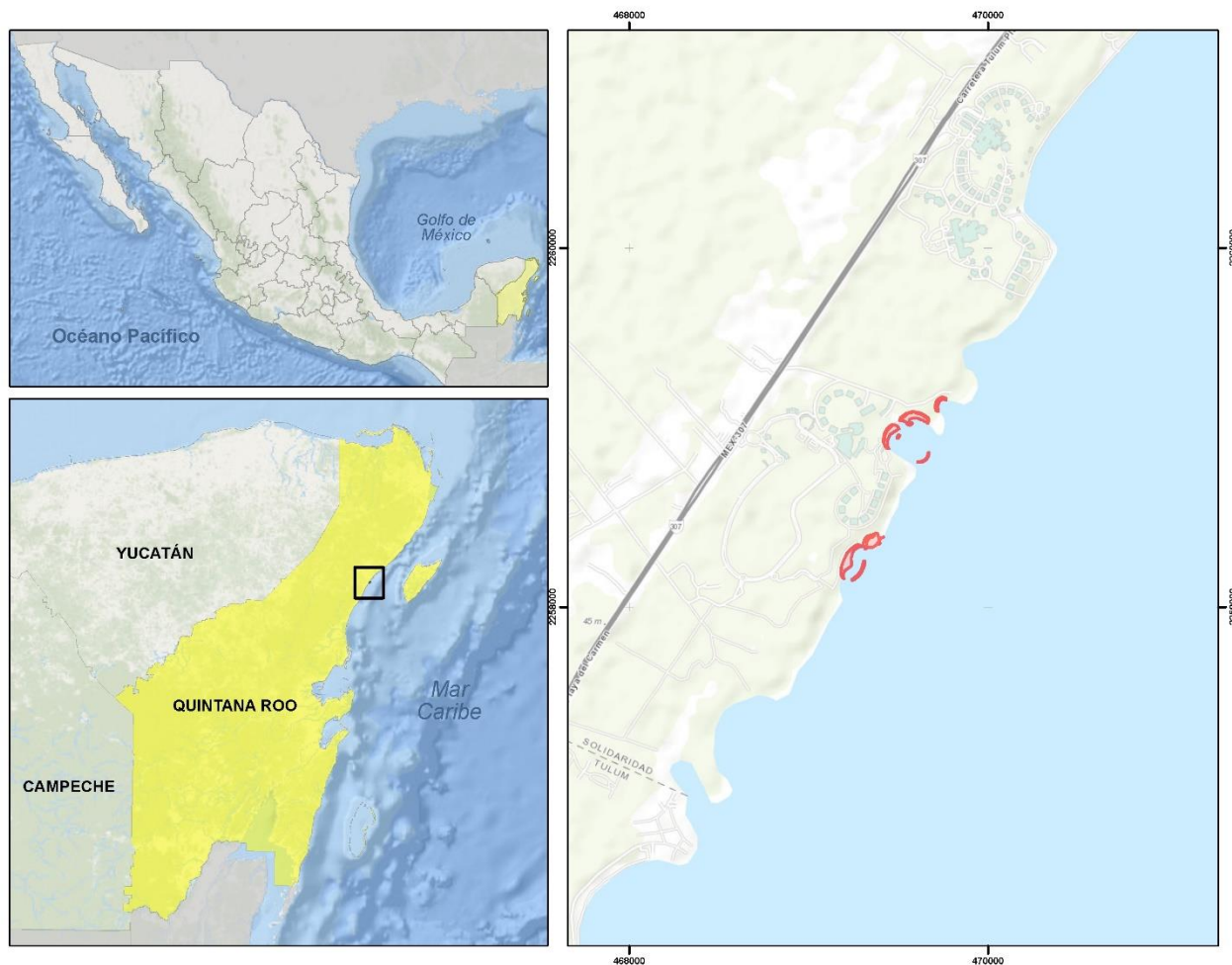
#### 1.2.1. Nombre del proyecto

**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS: DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**

### 1.2.2. Ubicación del proyecto

Las obras y actividades del Proyecto se ubicarán en la franja marino costera al frente del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, localizado entre los Km 256+100 y 260+750 de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez en los municipios de Solidaridad y Tulum, en Quintana Roo. El predio del DTGS colinda al Norte con el Resort Grand Palladium y al Sur con la caleta de Yal-Ku.

**Figura 1. 1.** Localización general del predio del Proyecto, donde se inserta el proyecto.





### 1.2.3. Duración del Proyecto

Se estima que el Proyecto tenga una vida útil mayor a 2 años.

## 1.3. Promovente

### 1.3.1. Nombre o razón social

El Proyecto es promovido por (INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)<sup>1</sup>. (Anexo 1.1)

### 1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes del Promovente

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL) (Anexo 1.2)

### 1.3.3. Nombre del Representante Legal

C. (INFORMACIÓN CONFIDENCIAL), Personalidad que se acredita con la EP. 3,553 (Anexo 1.3)

### 1.3.4. Dirección del Promovente o de su representante legal

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

### 1.3.5. Dirección del Promovente o de su representante legal

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

### 1.3.6. Dirección del Promovente o de su representante legal para recibir notificaciones en la Ciudad de México.

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

## 1.4. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

### 1.4.1. Nombre o razón social

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

---

<sup>1</sup> Datos personales protegidos por el Artículo 3, Fracción II, Artículo 18 y Artículo 21 de la LFTAIPG.

**1.4.2. Registro Federal de Contribuyentes**

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL) (Anexo 1.5)

**1.4.3. Nombre del responsable técnico del estudio**

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

Coordinador Técnico del Proyecto

**1.4.4. CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio**

(Anexo 1.6)

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

**1.4.5. Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio**

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

**1.4.6. Dirección del responsable técnico del estudio**

(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)

Los especialistas responsables del diseño del proyecto y elaboración de la MIA-R se enlistan en la Tabla 1.1. Cabe destacar que si bien, la empresa (INFORMACIÓN CONFIDENCIAL), es la responsable técnica de la Manifestación de Impacto Ambiental a través de su Coordinador Técnico de Proyecto (INFORMACIÓN CONFIDENCIAL), los datos presentados en este estudio relativos al diseño de proyecto y procesos de preparación, construcción, operación y mantenimiento fueron proporcionados por la empresa promotora.

**Tabla 1.1.** Relación de especialistas responsables del diseño del proyecto y elaboración de la e la MIA-R.

Nombre	Empresa	Especialidad
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, ecología y manejo de la zona costera, supervisión y manejo ambiental de proyectos turísticos costeros y desarrollo sostenible.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Sistema de Información Geográfica, planificación y sistemas de manejo ambiental, evaluación de impacto ambiental.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Planificación y gestión ambiental, manejo integrado de recursos naturales, gestión ambiental del proyecto. Ajuste del sistema de manejo y gestión sostenible, coordinación del grupo multidisciplinario.



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Nombre	Empresa	Especialidad
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, ecología y manejo de la zona costera, supervisión y manejo ambiental de proyectos turísticos costeros y desarrollo sostenible.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Geografía, sistemas de información geográfica y manejo de banco de datos.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Supervisión ambiental, caracterización y zonificación ambiental, evaluación de impacto ambiental y manejo de humedales de manglar.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Derecho ambiental.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Desarrollo sostenible, manejo integrado de recursos, buenas prácticas internacionales, responsabilidad ambiental y social corporativa.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Ingeniería costera, procesos costeros, modelaje y simulación, diseño de obras para la protección y restauración costera.
(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	(INFORMACIÓN CONFIDENCIAL)	Ecología de arrecifes, caracterización marina y manejo de recursos costeros.

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:**  
**DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



**CAPÍTULO 2**



---

## CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

### 2.1. Introducción

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**) en su Artículo 28, primer párrafo, establece que la evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**), determina las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente y que en relación a ello, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras y actividades que dicho lineamiento enlista, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la **SEMARNAT**. Para obtener esta autorización, se deberá presentar una manifestación de impacto ambiental para su evaluación por la SEMARNAT, tal y como lo establece esta Ley en su Artículo 30.

En cumplimiento a las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la **LGEEPA** antes citados, la empresa (**INFORMACIÓN CONFIDENCIAL**). (en adelante La Promovente), somete a evaluación de la H. Autoridad, la presente **Manifestación de Impacto Ambiental** en su modalidad **Regional** del proyecto **Mejoramiento y Estabilización de playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis** (en adelante el Proyecto).

En este capítulo se presenta la descripción detallada de las obras y actividades que conformarán al Proyecto, incluyendo su proceso constructivo, así como las consideraciones de cada una de las fases de desarrollo del mismo.

### 2.2. Información General del Proyecto

El Proyecto consiste en un conjunto de obras diseñadas para diversificar los hábitats y las características físicas de la costa adyacente al predio del “Desarrollo Turístico Grand Sirenis” (DTGS), considerando que se caracteriza por ser una costa rocosa en donde el movimiento de arena es prácticamente nulo. El área costera aledaña al predio, cuenta con tres caletas pequeñas con capas someras de arena que forman playas arenosas pequeñas, por lo que, se busca crear áreas seguras, de mayores dimensiones para la recreación y descanso de los turistas que visitan el corredor turístico “Cancún-Riviera Maya” y en particular los que llegan a este Proyecto, al ser las playas arenosas insuficientes para la cantidad de personas que quieren disfrutarlas; es por ello que, se busca mediante esta MIA, someter a evaluación la ampliación de la superficie de playa y generación de nuevas áreas aprovechables para su uso, cuya estabilidad será asegurada mediante la implementación de estructuras que las protejan de los eventos meteorológicos extremos característicos de la región.

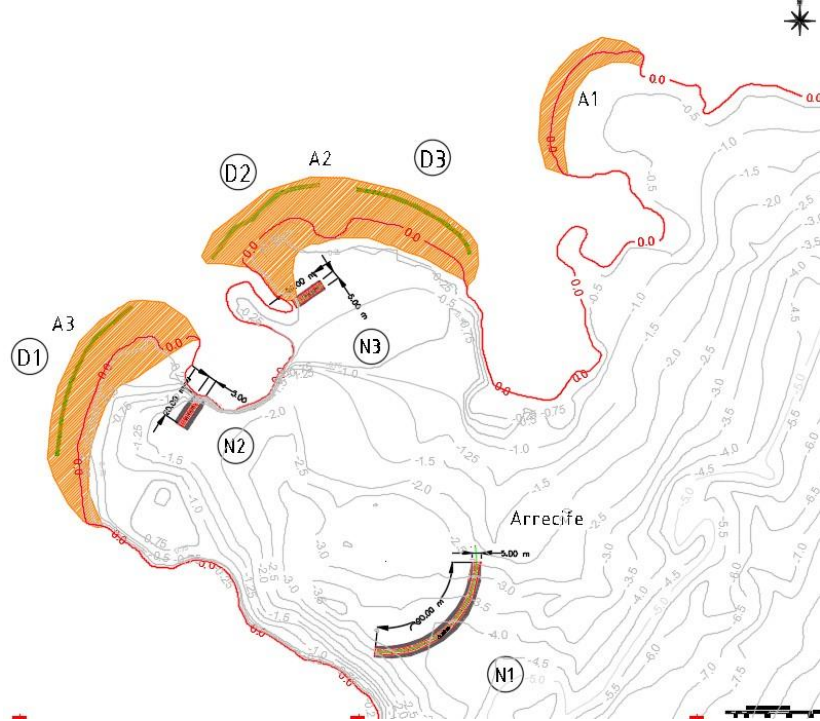
El desarrollo de las obras y actividades propuesta se estructuraron en un marco de sustentabilidad, de tal manera que garanticen el cumplimiento de los lineamientos legales, así como la permanencia de los recursos naturales existentes en la zona de influencia del Proyecto, permitiendo que estos sigan brindando los bienes y servicios ambientales que le caracterizan.

El Proyecto estará compuesto básicamente de los siguientes conceptos, los cuales se describen más a detalle en la sección 2.6 del presente Capítulo:

1. Estructuras de protección. Consiste en tres estructuras en forma de arco (**N1, N2, N3**) que ayudarán a mantener la playa de la zona norte estable, estas podrán estar hechas a base de tubo de geotextil relleno con coraza de concreto o de bolsacreto. Ocuparán una superficie total de 0.07 ha. N1 tendrá una longitud de 53 m, N2 y N3 tendrán 20 m de largo, estas podrían estar conformadas por coraza de roca producto de la excavación de la caleta artificial. Estructura semicircular (**C1**) de 130 m de longitud y corona de 4 m de ancho y 0.12 ha, su fabricación será con elementos precolados o colados in situ a base de concreto o mortero, esta estructura se colocará en la zona centro, para proteger y dar estabilidad al relleno de arena.
2. Dunas artificiales. Se construirán para dar estabilidad al sistema norte, estará dividida en tres segmentos (**D1, D2 y D3**), consistirá solo en elevaciones a partir de la acumulación de arena, ocupando una superficie de 0.05 ha. Las longitudes serán de 100 para la primera y las dos restantes medirán 80 m cada una.
3. Caleta artificial. Se propone la construcción de una caleta artificial (**CA1**) en la zona centro, con una superficie total de 0.39 ha, la cual estará rellena de arena y tendrá una profundidad de 1.5 m. Se conectará con el mar mediante tres bocas.
4. Relleno de playa. Se llevará a cabo el relleno de 5 secciones (**A1, A2, A3, A4 y A5**), con arena proveniente de bancos de arena marinos, con la finalidad de mejorarlas y ensanchar su superficie. El ancho de la playa será variable al finalizar el proceso de vertimiento y estabilización, se estima para la playa A1, un ancho entre 7.5 – 12m con talud de 10:1 (H:V), las playas A2 y A3, tendrán un ancho de aproximadamente 15 m; abarcarán una superficie de 1.13 ha y se ubicarán en la Zona Norte. El relleno **A4**, no estará en superficie, será para la base de la CA1, la **A5**, tendrá un ancho entre 25-30 m; estos dos rellenos cubrirán una superficie de 0.72 ha y se dispondrán en la que se denominó Zona Centro. Todos los rellenos tendrán la misma relación de talud que la A1. La superficie total de los cinco rellenos será de 1.86 ha. El volumen de arena total que se ocupará para su relleno será de 24,234.72 m<sup>3</sup>.

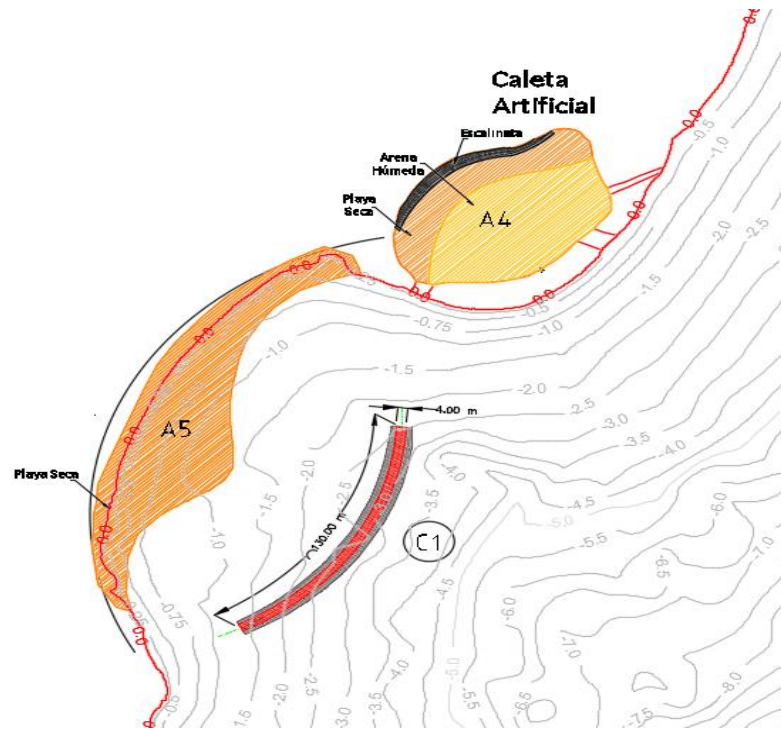
Bancos de arena. Para el relleno de los geotubos, terrazas, caletas y playas se requerirá arena, la cual provendrá de dos bancos (SIR-1 y SIR-2) se identificaron como los bancos más cercanos al área del Proyecto, que son susceptibles de ser aprovechados y que son compatibles con la arena de las playas existentes. Se estima un volumen de extracción de 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena, para las obras del proyecto sólo se requieren 24, 234.72 m<sup>3</sup>, el remanente (15,499.88 m<sup>3</sup>) se conservaría para actividades de mantenimiento en caso de pérdida de arena debido a fenómenos meteorológicos extremos. Cabe mencionar que en los estudios realizados se detectaron los bancos B1 y B2, sin embargo, por sus volúmenes y características no eran adecuados para el desarrollo del presente proyecto. Como segunda opción, se identificaron otros bancos de arena frente a la Caleta de Yalku, estos bancos se ubican en un área de restricción jurídica contemplada en el Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano, por lo que jurídicamente estos bancos eran inviables de aprovechamiento. Se realizó una tercera prospección más extensa contemplando otras áreas y se identificaron dos bancos de arena al frente de la ciudad de Playa del Carmen, los cuales están a aproximadamente 33 km de distancia. Los bancos de arena SIR-1 y SIR-2 se ubican en un arenal profundo y de acuerdo con la caracterización de ambientes y la justificación técnica para el aprovechamiento de estos sitios potenciales. Los elementos que conforman de manera general el proyecto se muestran en la Figura 2.1 y Figura 2.2.

Figura 2.1. Vista de los elementos que conforman el Proyecto en la Zona Norte.



Fuente: Tecnocéano

Figura 2.2. Estructuras de protección hacia la Zona Centro del Proyecto.



Fuente: Tecnocéano

### 2.2.1. Naturaleza del proyecto

Como se mencionó anteriormente, el Proyecto se conceptualizó ante la necesidad de mejorar y estabilizar las playas arenosas existentes, así como incrementar la superficie de aprovechamiento de una zona de costa rocosa de la Riviera Maya, en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Para su diseño, la empresa promotora, se basó en estrategias y medidas técnicas que se apegan a cinco ejes rectores que enmarcan al Proyecto en un ámbito de sustentabilidad, y que son los siguientes:

- **Eje rector ambiental.** Diseño, planificación, construcción y operación de un proyecto de mejoramiento del perfil costero acorde con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos de terreno y la región.
- **Eje rector normativo.** Diseño, planificación, construcción y operación de un proyecto de mejoramiento del perfil costero que cumpla estrictamente con todos los instrumentos legales y normativos aplicables.
- **Eje rector arquitectónico.** Diseño de un proyecto de mejoramiento del perfil costero que se integre totalmente al paisaje, y que, a la vez genere un escenario de duna y playa apto para actividades turísticas de recreación con servicios que combinen lujo y confort, pero integrados totalmente al medio ambiente al que pertenecen.
- **Eje rector comercial.** Diseño y operación de un programa de mejoramiento del perfil de costa de un área cuyo segmento comercial objetivo es el de un alto poder adquisitivo, pero sensible a escenarios turísticos de alta calidad ambiental y respeto a la naturaleza.
- **Eje rector social.** Contribución al desarrollo de la región a través de la generación de beneficios sociales y económicos para la población local y de la región.

El proceso de planeación del Proyecto se realizó en congruencia con los 5 ejes planteados, cuyo proceso se presenta en la (Figura 2.3).

Con el fin de lograr el cumplimiento de los ejes rectores planteados para el diseño del Proyecto, se conformó un grupo de especialistas en las áreas de:

- Planificación y sistemas de manejo ambiental.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Supervisión y manejo ambiental de proyectos.
- Sistema de información geográfica (SIG).
- Caracterización ambiental y geografía.
- Ecología y manejo de recursos naturales.
- Caracterización de vegetación costera.
- Ecología y manejo de fauna terrestre.
- Ecología de arrecifes, caracterización marina y manejo de recursos costeros.
- Oceanografía costera.
- Ingeniería y modelaje de costas.
- Ingeniería especialista en construcción.
- Asesoramiento jurídico legal.



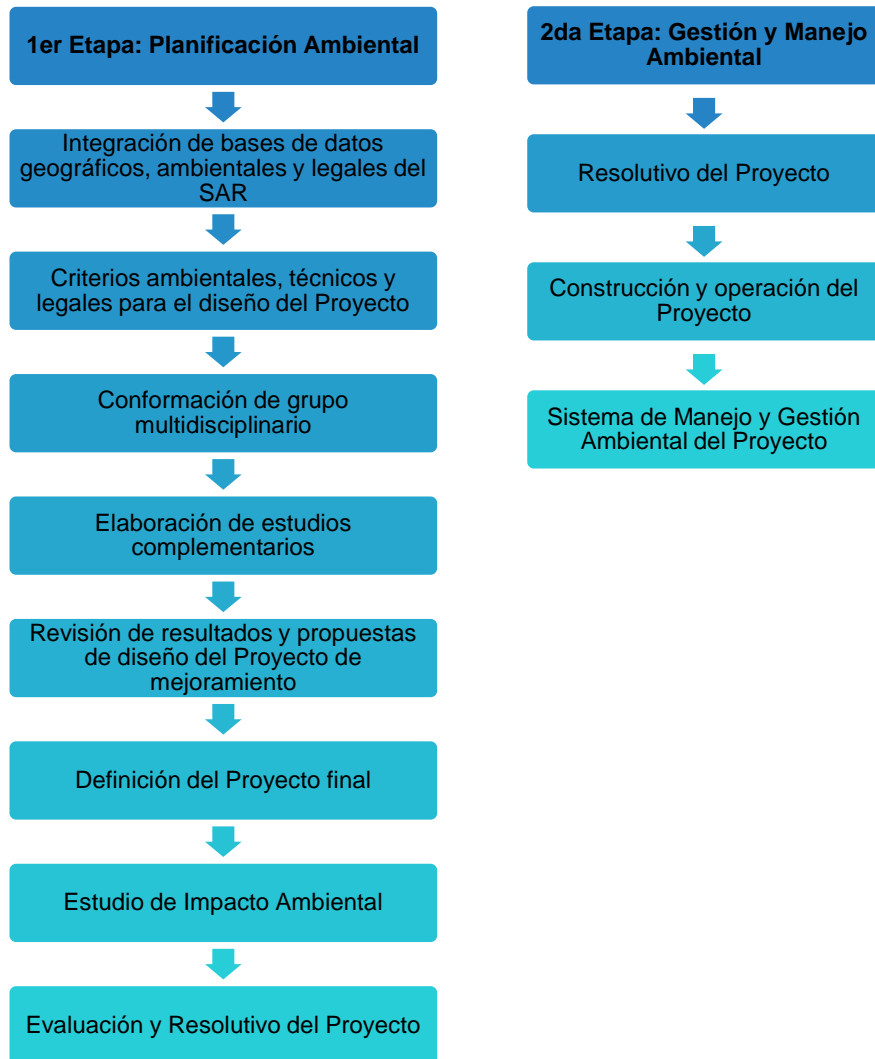
Este equipo de trabajo consideró como criterios ambientales y legales críticos para el diseño del Proyecto, los siguientes:

- Que el Proyecto dé cumplimiento estricto al marco ambiental aplicable.
- Que el diseño asegure el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas involucrados en el SAR.
- Mejorar algunas de las funciones ambientales de la duna costera en el polígono del proyecto mediante la rehabilitación y conservación de la duna y la playa.
- Establecer un modelo de desarrollo costero, mediante aplicaciones tecnológicas en sistemas altamente monitoreados.
- Proteger de la erosión el perfil costero del polígono de aplicación del proyecto, mediante obras de protección marina.
- Garantizar que los procesos inherentes al proyecto no generen impactos ambientales negativos acumulativos y sinérgicos mediante la implementación de un sistema de gestión y manejo ambiental que permita asegurar lo siguiente:
  - La disposición final de residuos sólidos y peligrosos se realizará a través de empresas autorizadas para tal fin.
  - Durante todas las fases del proyecto se ejecutará un programa de monitoreo ambiental sobre los recursos y ecosistemas críticos.
  - Durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, se contará con un programa de manejo integral de residuos sólidos y líquidos (minimización, separación, recolección y disposición final), que incluye medidas preventivas para el manejo y disposición adecuados de grasas, aceites e hidrocarburos.
  - Se consideran áreas específicas para el almacenamiento temporal de residuos.
  - Desarrollar un proyecto ambiental y jurídicamente viable que permita analizar y mejorar las estrategias de protección costera con un enfoque meramente ambiental y funcional.



Lo anterior, está respaldado por una serie de estudios, realizados por un equipo de trabajo multidisciplinario. La información de cada estudio realizado se puede consultar en los anexos del Capítulo 4.

**Figura 2.3.** Proceso de planificación y gestión ambiental del Proyecto.



### 2.2.2. Justificación y objetivos del proyecto

La línea de costa del predio del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (DTGS) se caracteriza por ser principalmente rocosa y en algunas zonas se dificulta su acceso, de modo que no resulta apto para el desarrollo de actividades de recreación y descanso por parte de los turistas, tanto nacionales como internacionales, que visitan este hotel, ubicado en uno de los corredores turísticos de mayor relevancia en Quintana Roo y de los más atractivos a nivel internacional, en la conocida Riviera Maya. La zona en la que se encuentra el predio, está conformada por costa rocosa que es interrumpida por pequeñas extensiones de playa, esta, como parte de los servicios que ofrece el hotel, resultan insuficientes para la cantidad de usuarios que llegan año con año, es por ello que, el promotor del Proyecto se ve obligado al desarrollo de iniciativas encaminadas a la creación de áreas seguras y susceptibles de ser aprovechadas por el turismo, incrementando la oferta turística en la región, siempre en un marco de viabilidad económica, ambiental y legal.

En este sentido, el objetivo del Proyecto es, en primera instancia, mejorar y estabilizar a largo plazo las playas existentes en el predio, a partir de su ensanchamiento y con el apoyo de estructuras de protección que, colocadas en sitios estratégicos, ayudaran a la contención de los sedimentos y evitaran la erosión de las mismas por efectos del oleaje, las mareas y el viento. Asimismo, con la implementación del Proyecto mediante estructuras de protección y de diseño controlado, se busca crear nuevas áreas para la recreación y descanso de los turistas, en un ambiente de confort y seguridad, en sitios que por sus características ambientales (bióticas y abióticas) y legales sean susceptibles de ser aprovechadas. De este modo se busca contribuir a la competitividad del destino, región y país, dando cumplimiento con la vocación de uso de suelo “turística” establecida por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL-S) vigente para el área en donde se inserta el Proyecto.

### 2.2.3. Selección del sitio

El sitio en donde se pretende llevar a cabo el desarrollo del Proyecto, corresponde a la franja marino-costera adyacente al DTGS. La selección del sitio del proyecto obedece justamente a los límites del predio de DTGS, sin embargo, la distribución de la infraestructura proyectada fue diseñada con base en estudios técnico-científicos que determinaron la presente propuesta como la más viable en términos ambientales y legales para alcanzar los objetivos planteados.

Los estudios mencionados incluyen diversos análisis de los componentes físicos y biológicos de la zona, así como análisis de las restricciones legales-ambientales que determinan la factibilidad de la implementación de las obras y actividades propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental (Figura 2.4).

A partir de las restricciones señaladas, se identificó que las caletas conocidas como Yalku y Yalkuito eran las más seguras para los turistas, sin embargo, su aprovechamiento no está permitido, por lo que con base en estos estudios se buscaron sitios que fueran susceptibles, ya sea para su uso o su adecuación, de ser utilizados por los turistas que se hospedan en el desarrollo. En este sentido, se estableció una zonificación ambiental para el Proyecto (Figura 2.5), la cual se tomó como base para definir los sitios que se proponen para el desarrollo del Proyecto, así como las características de las obras y que resultaron ser las más factibles para su implementación desde el punto de vista ambiental y legal.

Figura 2.4. Restricciones legales y ambientales del SAR del Proyecto.

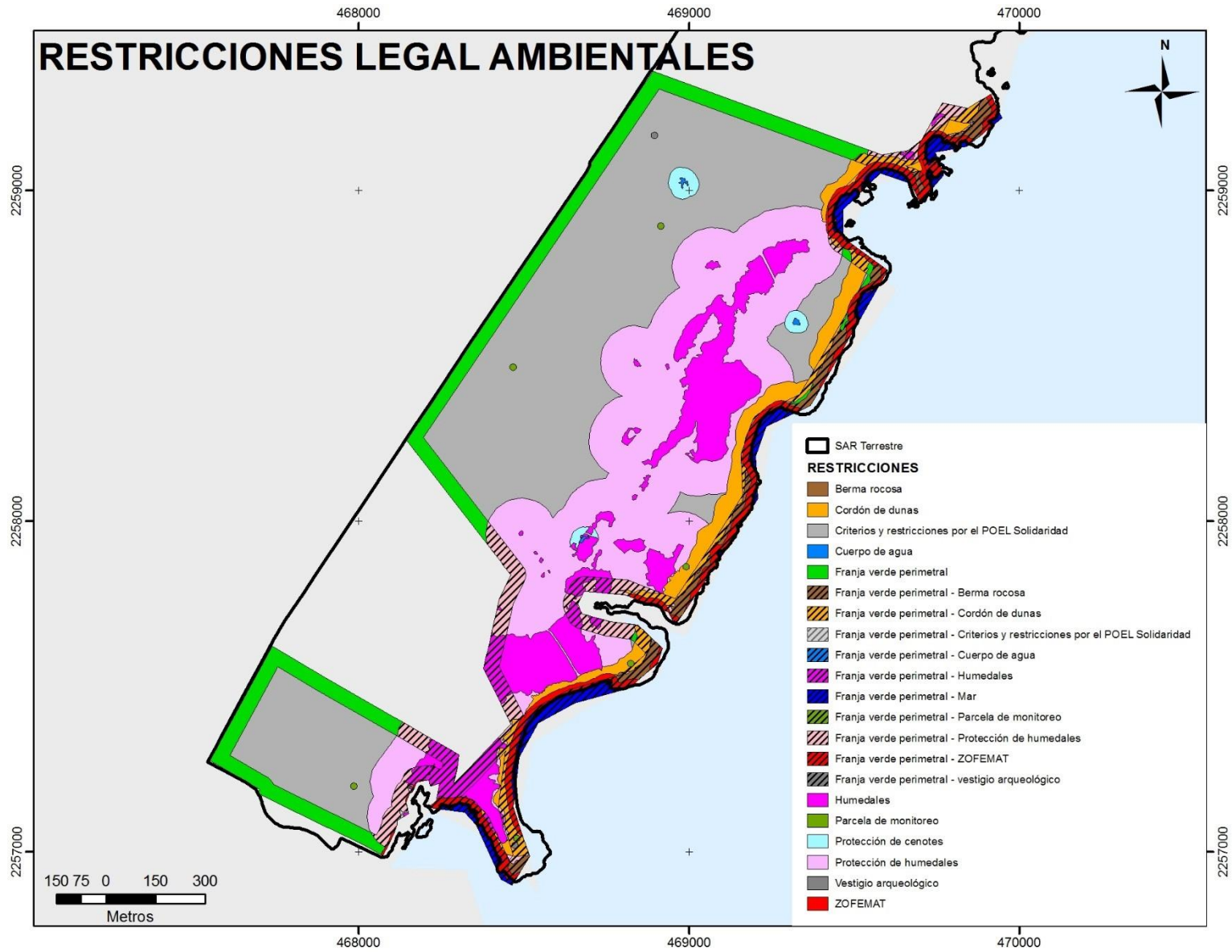
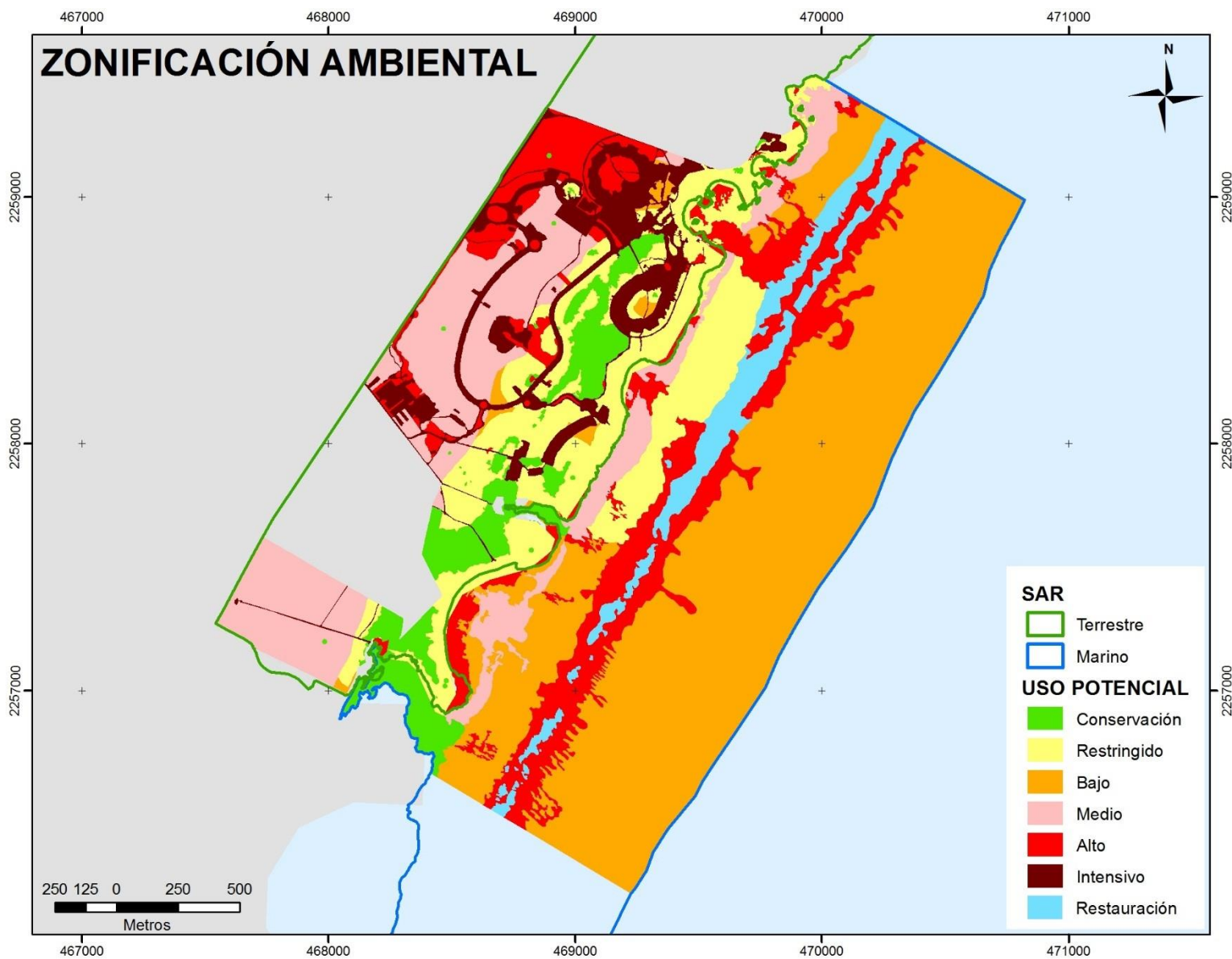




Figura 2.5. Zonificación ambiental del Proyecto.



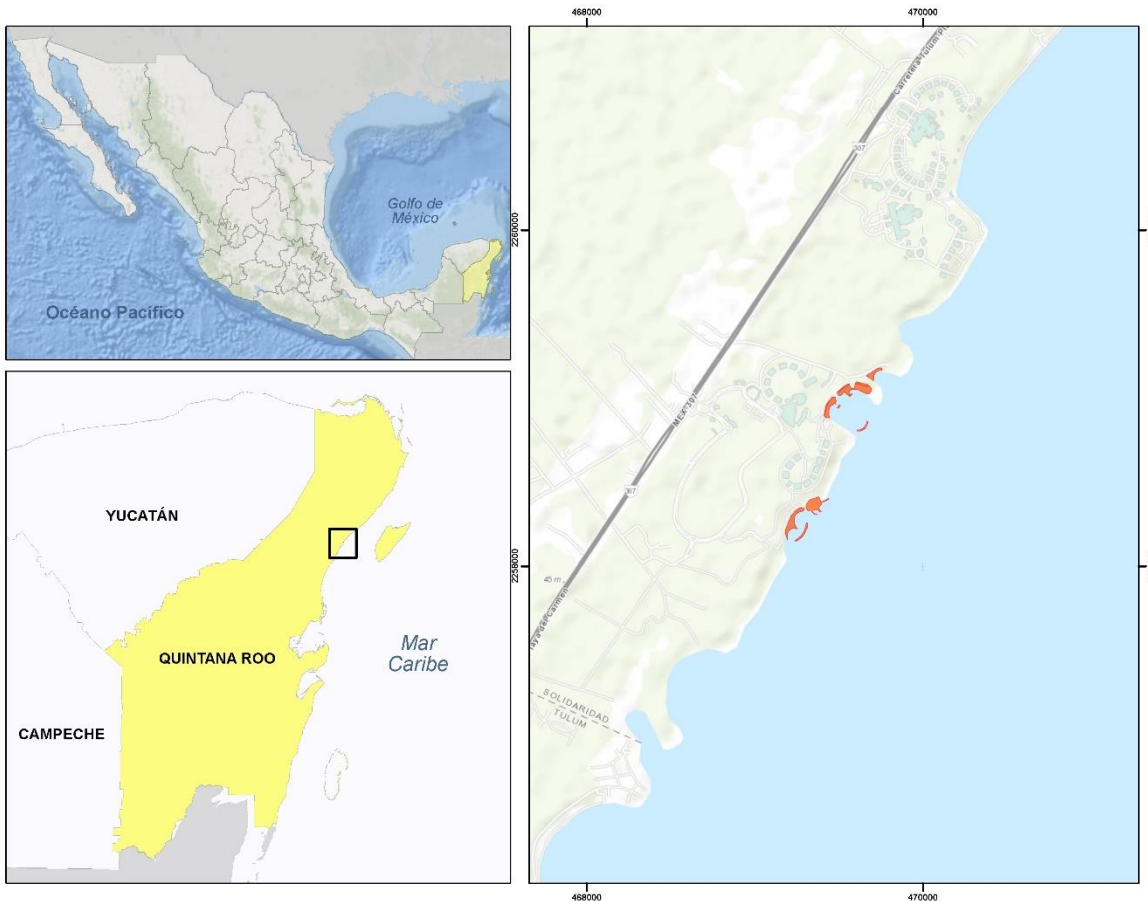
### 2.2.4. Ubicación del proyecto

Las obras y actividades del Proyecto se ubicarán en la franja marino costera al frente del Desarrollo turístico Grand Sirenis (DTGS), localizado entre los Km 256+100 y 260+750 de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez en los municipios de Solidaridad y Tulum, en Quintana Roo. El predio del DTGS colinda al Norte con el Resort Grand Palladium y al Sur con la caleta de Yalku (Figura 2.6). El Proyecto contará con una superficie total de 2.49 ha, con respecto al SAR (233.99 ha), representa 1.06%; 1.42 ha se ubicarán en la zona litoral, que representan el 0.61% y 1.07 ha en la zona marina frente al predio del DTGS, que representan el 0.46%.

En lo que respecta a los bancos de arena para la conformación del Proyecto, se definió un SAR externo asociado a los mismos (Figura 2.7), esto, considerando que la extracción de arena es una actividad temporal que implica solo la extracción de arena de un ambiente definido como arenal profundo, casi en ausencia de biota marina. La superficie resultante de este SAR es de 341.3 ha, la superficie de los bancos de arena de la que se extraerá arena es de 6.41 ha (1.88 %).

Las coordenadas extremas de ubicación del proyecto se presentan en la (Tabla 2.1), las coordenadas de cada elemento se pueden consultar en el Anexo 2.1. Las coordenadas de los bancos de extracción se pueden consultar en el Anexo 4.2.

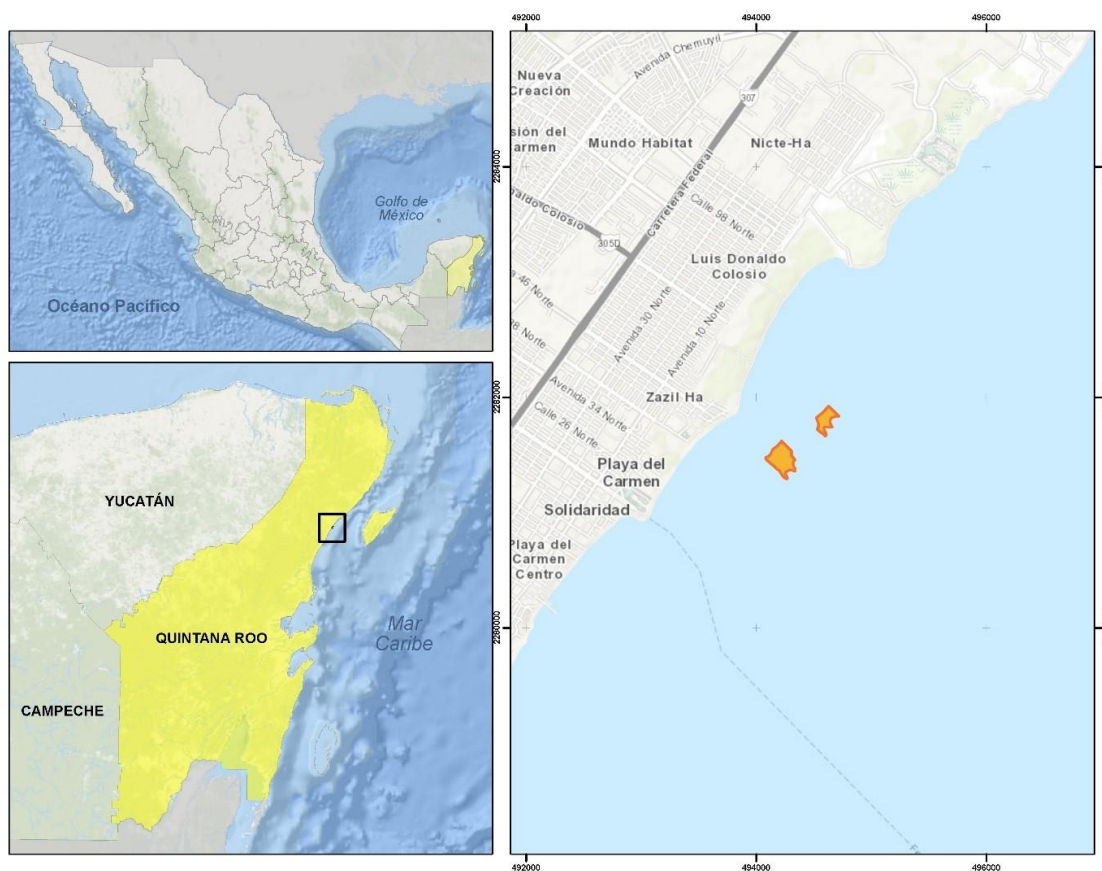
**Figura 2.6. Localización general del predio del Proyecto, donde se inserta el proyecto.**



**Tabla 2.1.** Coordenadas extremas del área donde se inserta el proyecto.

Vértice	X	Y
1	470847.17	2259032.24
2	470656.40	2258600.81
3	470208.03	2257744.83
4	469808.73	2257104.29
5	469362.64	2257416.81
6	468760.66	2257745.86
7	468761.57	2257792.07
8	469131.65	2258321.80
9	469224.65	2258429.02
10	469384.12	2258973.73
11	469483.03	2259144.31
12	469748.53	2259283.78
13	470067.97	2259339.16
14	470238.63	2259355.03

**Figura 2.7.** Ubicación de los bancos para extracción de arena.



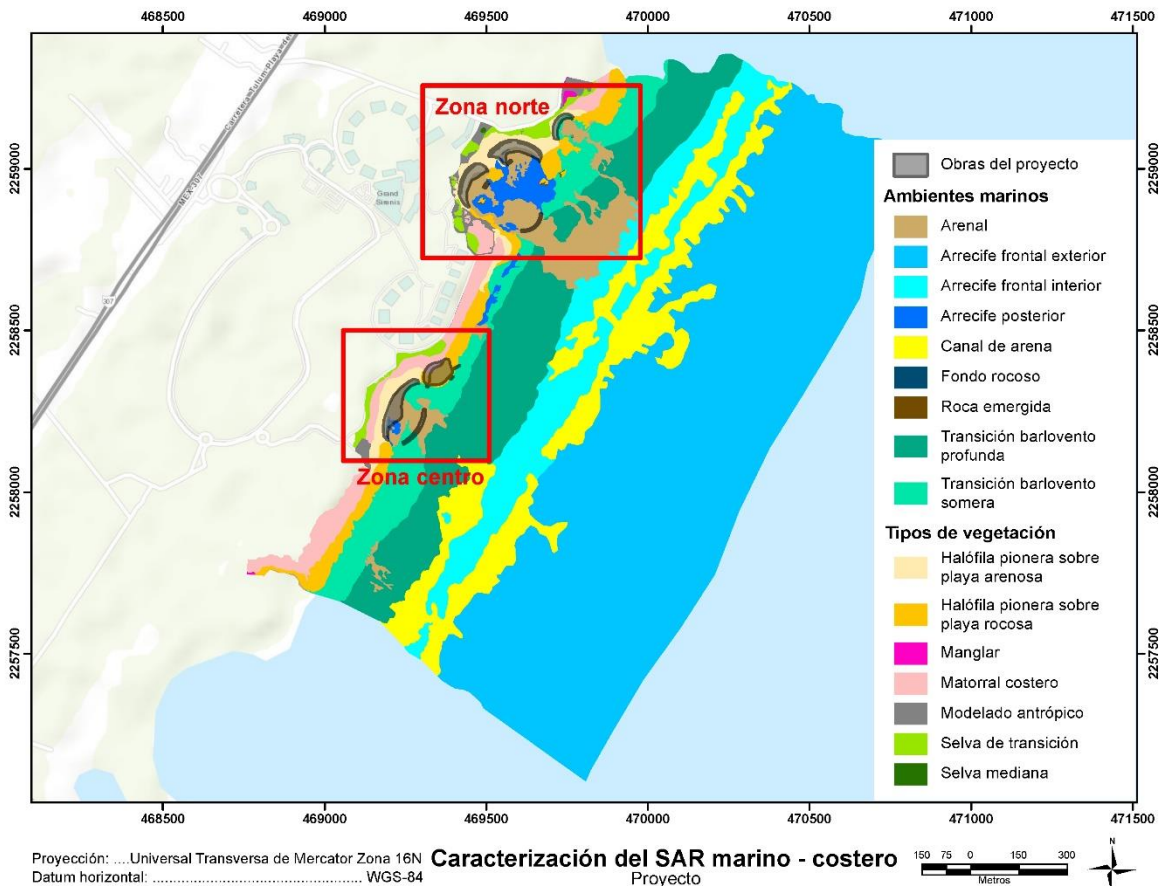
### 2.3. Escenario Ambiental

Debido a que el Proyecto se desarrollará en zona terrestre y en zona marina, se definió un Sistema Ambiental Regional (SAR) integral con una extensión total de 233.99 ha, el cual está dividido en dos partes: SAR terrestre (SAR-t) y SAR marino (SAR-m). Sus límites se definieron con base en los instrumentos legales aplicables, así como, en función de las características naturales del área (Figura 2.8).

El SAR-t está delimitado hacia el NE por un camino que da acceso desde la Carretera Federal 307 hasta el Mar Caribe, al NO-O por los caminos interiores paralelos a la costa y la vegetación de matorral costero, al SO por un camino aledaño a los límites del predio del DTGS que va de O a S desde la Carretera Federal 307 hasta el Mar Caribe, y hacia el SE está delimitado por la línea de costa del Mar Caribe. Cuenta con una superficie de 20.46 ha, que representa el 8.74%.

El límite del SAR-m hacia el NE corresponde a la proyección del límite del SAR- Zona Terrestre, hacia el NO por la línea de costa adyacente al predio del DTGS, mientras que hacia el SE su límite es una proyección en línea diagonal de la Caleta de Yalku, hacia el SE su límite se extiende hasta los 25m de profundidad a una distancia aproximada de la línea de costa de 1 Km, hasta donde termina el Arrecife Frontal Exterior. La superficie del SAR-m es de 213.53 ha y representa el 91.26% del SAR integrado. Las características particulares de los SAR, se pueden consultar en los anexos del capítulo 4 de esta MIA-R.

Figura 2.8. SAR terrestre y marino del Proyecto.





En el SAR-t se identificaron 6 unidades naturales y el denominado modelado antrópico. La asociación dominante es la de halófilas pioneras sobre playa arenosa en una superficie de 7.76 ha (3.32 %), seguida por el matorral costero con 6.35 ha (2.71%). El modelado antrópico abarca 1.45 ha, que representa el 0.62%. Los ambientes terrestres representan como ya se mencionó 20.46 ha (8.74%) del total. Las superficies de cada una se señalan en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Superficies por ambientes terrestres del SAR-t.

Ambientes terrestres		Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Tipos de vegetación	Halófila pionera sobre playa arenosa	7.76	3.32
	Halófila pionera sobre playa rocosa	2.74	1.17
	Manglar	0.13	0.06
	Matorral costero	6.35	2.71
	Modelado antrópico	1.45	0.62
	Selva de transición	2.01	0.86
	Selva mediana	0.02	0.01
	<b>Total</b>	<b>20.46</b>	<b>8.74</b>

En tanto que, en el SAR-m se identificaron 9 ambientes marinos de acuerdo con la caracterización realizada (Tabla 2.3). Los más representativos son el arrecife frontal exterior con una superficie de 112.94 ha (48.27%), seguido por el ambiente de transición barlovento profunda con 29.0 ha (12.39%), canal de arena con una superficie de 25.18 ha (10.76%), y arrecife frontal interior que abarca una superficie de 19.83 ha (8.47%).

**Tabla 2.3.** Superficies por tipo de ambiente marino del SAR-m.

Ambientes marinos	SAR Proyecto	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Arenal	10.53	4.50
Arrecife frontal exterior	112.94	48.27
Arrecife frontal interior	19.83	8.47
Arrecife posterior	2.76	1.18
Canal de arena	25.18	10.76
Fondo rocoso	0.01	0.01
Roca emergida	0.03	0.01
Transición barlovento profunda	29.00	12.39
Transición barlovento somera	13.25	5.66
<b>Total</b>	<b>213.53</b>	<b>91.26</b>

Con respecto al SAR marino asociado con los bancos de extracción (Figura 2.9), este tiene una superficie de 341.3 ha, se identificaron 12 ambientes, tres terrestres y nueve marinos (Tabla 2.4). En los ambientes terrestres el más representativo es el de playa arenosa, con 5.29 ha (1.55 %). En la parte marina, el ambiente predominante es el arenal profundo, tiene una superficie de 146 ha (42.95 %), seguido del de laja con gorgonáceos con 111.07 ha (32.54 %). Para el Proyecto, sólo será intervenido el arenal profundo para la extracción de arena en una superficie de 6.41 ha, que representa el 1.88 % del SAR de extracción.

Figura 2.9. SAR de extracción del Proyecto.

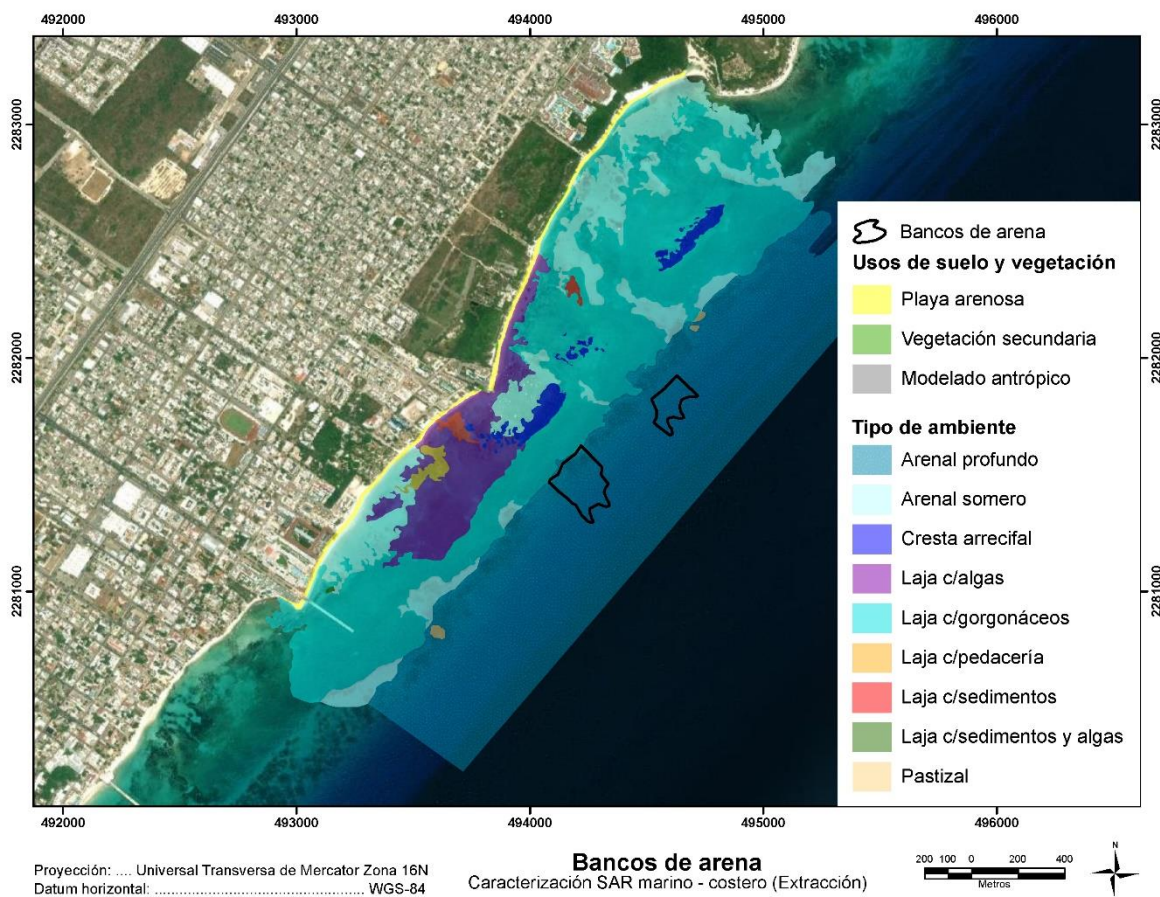


Tabla 2.4. Superficies por tipo de ambiente marino en el SAR de los bancos para extracción de arena.

SAR MARINO-TERRESTRE (EXTRACCIÓN)		SUPERFICIE		SUPERFICIE DE EXTRACCIÓN EN LOS BANCOS DE ARENA	
		ha	%	ha	% relativo al SAR
Ambientes Marinos	Arenal profundo	146.60	42.95	6.41	1.88
	Arenal somero	44.23	12.96		
	Cresta arrecifal	6.13	1.80		
	Laja c/algas	23.95	7.02		
	Laja c/gorgonáceos	111.07	32.54		
	Laja c/padecería	1.51	0.44		
	Laja c/sedimentos	1.21	0.36		
	Laja c/sedimentos y algas	0.09	0.03		
	Pastizal	0.56	0.16		
	<b>Total</b>	<b>335.37</b>	<b>98.26</b>		
Tipos de vegetación	Modelado antrópico	0.33	0.10		
	Playa arenosa	5.29	1.55		
	Vegetación secundaria	0.31	0.09		
	<b>Total</b>	<b>5.93</b>	<b>1.74</b>		
<b>TOTAL SAR EXTRACCIÓN</b>		<b>341.30</b>	<b>100.00</b>	<b>6.41</b>	<b>1.88</b>

La descripción de las características bióticas y abióticas del SAR del Proyecto y bancos de extracción se pueden consultar con detalle en el Capítulo 4 de la presente MIA-R.

## 2.4. Inversión requerida

El Proyecto requerirá una Inversión Total de \$84,052,724.42 M/N. En la Tabla 2.5 se puede ver la inversión desglosada por conceptos.

Durante la etapa de operación del Proyecto se considera una inversión aproximadamente del 5% de la inversión inicial para el mantenimiento de las obras que se llevará a cabo de manera anual.

**Tabla 2.5.** Inversión requerida.

#	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	PESOS	IMPORTE
<b>CALETA NORTE</b>					
<b>ESTRUCTURA DE PROTECCION N1</b>					
1	Suministro de tubo de geotextil de 1.52m de altura. Tipo Mirafi GT 500.	4.5	mL	\$70,400.00	\$316,800.00
2	Tapete antisovacación tipo GT-500 de 21 m de longitud con un ancho de 3.3 m	4.5	pza	\$44,000.00	\$198,000.00
3	Hidrollenado de cilindro de geotextil.	90	mL	\$5,742.00	\$516,780.00
<b>Subtotal</b>					<b>\$1,031,580.00</b>
<b>ESTRUCTURA DE PROTECCION N2</b>					
4	Suministro de tubo de geotextil de 0.9m de altura, 20m de longitud con 3 puertos de llenado. Tipo GT 1000.	1	pza	\$70,400.00	\$70,400.00
5	Tapete antisovacación tipo GT-500 de 21 m de largo por 6 m de ancho con tubo de anclaje de un solo lado.	1	pza	\$26,400.00	\$26,400.00
6	Geotextil de alta resistencia para proteger el tubo de geotextil de las rocas de coraza de 0.40m	120	m2	\$3,554.10	\$426,492.00
7	Hidrollenado de cilindros de geotextil.	20	mL	\$5,742.00	\$114,840.00
8	Suministro, acarreo y colocación de roca de 0.40 m de diámetro producto de la excavación de las caletas artificiales.	191.4	m3	\$1,500.00	\$287,100.00
<b>Subtotal</b>					<b>\$925,232.00</b>
<b>ESTRUCTURA DE PROTECCION N3</b>					
9	Suministro de tubo de geotextil de 0.9m de altura, 20m de longitud con 3 puertos de llenado. Tipo GT 1000.	1	pza	\$61,600.00	\$61,600.00
10	Tapete antisovacación tipo GT-500 de 21 m de largo por 3.3 m de ancho con tubo de anclaje de un solo lado.	1	mL	\$22,000.00	\$22,000.00
11	Geotextil de alta resistencia para proteger el tubo de geotextil de las rocas de coraza de 0.40m	120	m2	\$3,554.10	\$426,492.00
12	Hidrollenado de cilindros de geotextil.	20	mL	\$5,742.00	\$114,840.00
13	Suministro, acarreo y colocación de roca de 0.40 m de diámetro producto de la excavación de las caletas artificiales.	32.04	m3	\$1,500.00	\$48,066.00
<b>Subtotal</b>					<b>\$672,998.00</b>
<b>CALETA CENTRAL</b>					
<b>ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN (C1)</b>					
14	Suministro y colocación de bolsacreto	2,395.50	m3	\$5,000.00	\$11,977,522.64
<b>Subtotal:</b>					<b>\$11,977,522.64</b>
<b>CALETA ARTIFICIAL</b>					
15	Demolición de roca en área seca e inundada para construir caleta artificial 1	12,931.20	m3	\$284.00	\$3,672,460.80
<b>Subtotal:</b>					<b>\$3,672,460.80</b>
<b>EXTRACCION, TRANSPORTE Y VERTIDO CON DRAGA DE LOS BANCOS SIR 1 Y SIR2</b>					

#	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	PESOS	IMPORTE
16	Transporte de draga de tolva a Quintana Roo para preparativos.	2	lote	\$22,000,000.00	\$44,000,000.00
17	Extracción, transporte y vertido de arena con draga de tolva de los bancos Sir 1 y Sir 2 al desarrollo Sirenis	24,234.72	m3	\$198.00	\$4,798,475.51
18	Extracción, transporte y vertido de arena con draga de tolva de los bancos Sir 1 y Sir 2 al desarrollo Sirenis	15,499.88	m3	\$198.00	\$3,068,976.24
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$51,867,451.75</b>
<b>MAQUINARIA PARA ACOMODO DE ARENA</b>					
19	Preparativos para usar maquinaria pesada entre las zonas Norte y Centro, así como la adecuación de caminos	1	Lote	\$300,000.00	\$300,000.00
20	2 máquinas tipo retroexcavadora para la distribución de aproximadamente 23,892.89 m3 de arena en las zonas Norte y Centro.	5	semana	\$134,400.00	\$672,000.00
21	Fletes y preparativos para Maquinaria pesada	2	Viaje	\$30,000.00	\$60,000.00
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$1,032,000.00</b>
<b>CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA PARA TRAZADO Y NIVELADO DE DE LAS OBRAS</b>					
23	Cuadrilla de topografía	40	Semana	\$22,000.00	\$880,000.00
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$880,000.00</b>
<b>MALLAS ANTIDISPERSIÓN</b>					
24	Mallas, cabos, anclas, lastre, materiales varios	1	lote	\$400,000.00	\$400,000.00
				<b>Subtotal:</b>	<b>\$400,000.00</b>
				<b>Subtotales</b>	<b>\$72,459,245.19</b>
				<b>IVA 16%</b>	<b>\$11,593,479.23</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>\$84,052,724.42</b>

## 2.5. Dimensiones del proyecto

El Proyecto tendrá una superficie total de 2.49 ha y aprovechará zonas terrestres y marinas. Se dividió en dos zonas: Zona Norte (1.25 ha) y Zona Centro (1.23), los elementos del proyecto que se llevarán a cabo por zona se muestran en la Tabla 2.6 y Figura 2.10.

El aporte de arena que requerirán las obras provendrá de dos bancos de arena marinos, que se ubican a 33 km al noreste a la altura de Playa del Carmen.

**Tabla 2.6.** Superficies de aprovechamiento del Proyecto respecto a los ambientes naturales del SAR.

Zona / Elemento	Clave	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie total del SAR
<b>Zona norte</b>				<b>233.99 ha</b>
Duna artificial	D1, D2, D3	0.05	1.88	
Estructuras de protección	N1, N2, N3	0.07	2.96	
Relleno de playa	A1, A2, A3	1.13	45.57	
<b>Total Norte</b>		<b>1.25</b>	<b>50.41</b>	
<b>Zona Centro</b>				
Caleta artificial	CA1	0.39	15.74	
Estructuras de protección	C1	0.12	4.84	
Relleno de playa	A4, A5	0.72	29.02	
<b>Zona centro</b>		<b>1.23</b>	<b>49.59</b>	
<b>Total elementos en SAR</b>		<b>2.49</b>	<b>100</b>	



Zona / Elemento	Clave	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie total del SAR
<b>SAR EXTRACCIÓN</b>				
Bancos de arena	SIR-1	2.18	0.64	<b>341.30 ha</b>
	SIR-2	4.24	1.24	
<b>Total Bancos</b>		<b>6.41</b>	<b>100</b>	

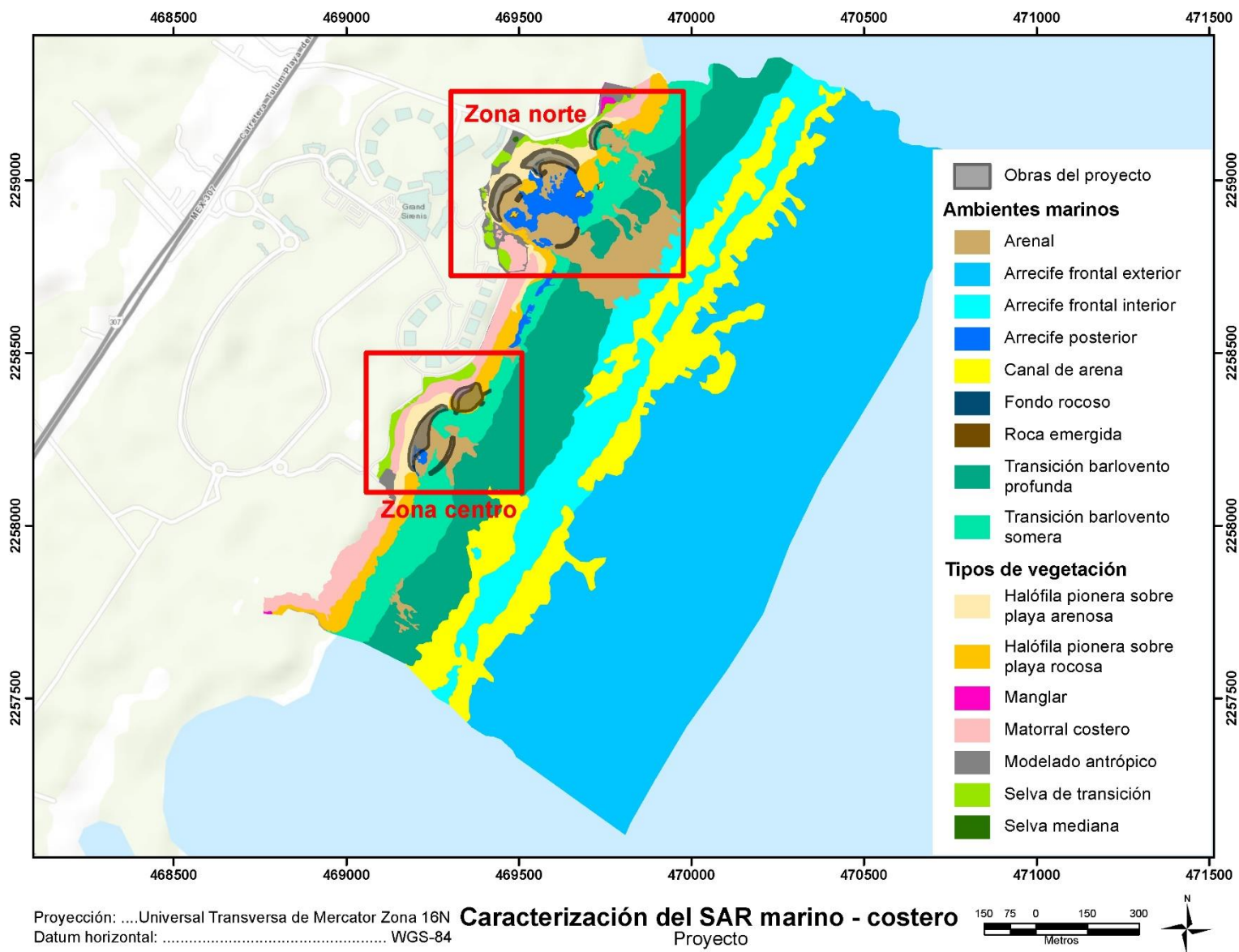
\*Las diferencias en las centésimas, no cambian los números enteros.

En la Tabla 2.7 y Figura 2.10 se presentan las superficies de aprovechamiento de las obras y actividades del Proyecto por zona con respecto de los ambientes naturales sobre los que se desplantarán los diferentes elementos.

**Tabla 2.7.** Elementos del Proyecto con respecto a los ambientes sobre los que se encuentran.

Ambiente	Estructuras de protección (ha)	Duna artificial (ha)	Caleta artificial (ha)	Relleno de playa (ha)	Total (ha)	Banco de arena (ha)	Total (ha)
Arenal	0.15	-	-	0.67	<b>0.82</b>	6.41	<b>6.41</b>
Halófila pionera sobre playa arenosa	0.00	0.05	0.36	0.90	<b>1.31</b>		
Halófila pionera sobre playa rocosa	-	-		0.00	<b>0.00</b>		
Transición barlovento somera	0.04	-	0.01	0.10	<b>0.15</b>		
Arrecife posterior	0.00	-		0.08	<b>0.08</b>		
Fondo rocoso	-	-		0.01	<b>0.01</b>		
Matorral costero	-	-	0.02	0.09	<b>0.11</b>		
<b>Total</b>	<b>0.19</b>	<b>0.05</b>	<b>0.39</b>	<b>1.86</b>	<b>2.49</b>	<b>6.41</b>	<b>6.41</b>

**Figura 2.10.** Ubicación de los elementos del Proyecto respecto a los ambientes naturales del SAR.



Las superficies de aprovechamiento de los diferentes elementos que componen el Proyecto por Zona y por tipo de ambiente se indican en la Tabla 2.8.

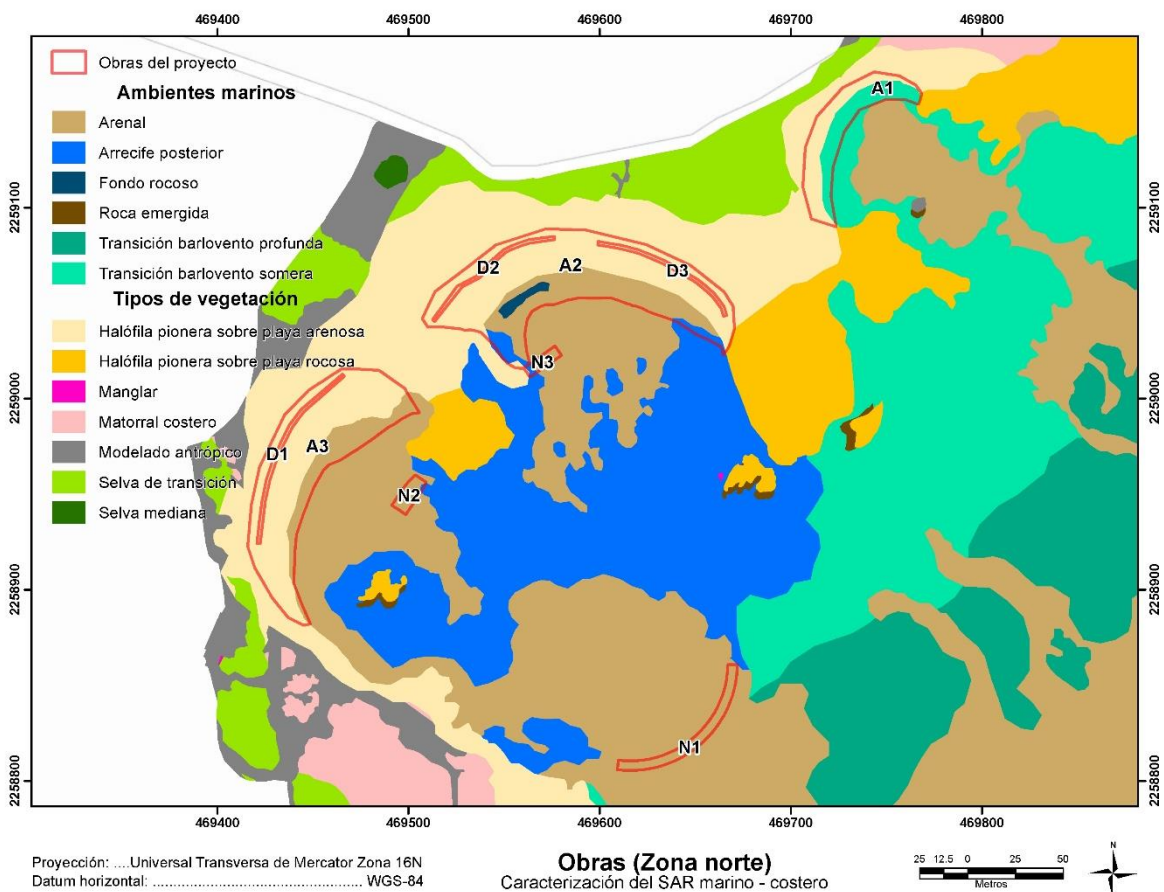
**Tabla 2.8.** Superficies de aprovechamiento de los Ambientes Naturales por Zona del Proyecto.

Ambiente	Zona Norte (ha)	Zona Centro (ha)	Total (ha)
Arenal	0.34	0.48	0.82
Halófila pionera sobre playa arenosa	0.80	0.51	1.31
Halófila pionera sobre playa rocosa	-	-	-
Transición barlovento somera	0.08	0.08	0.16
Arrecife posterior	0.03	0.05	0.08
Fondo rocoso	0.01	-	0.01
Matorral costero	-	0.11	
<b>Total</b>	<b>1.25</b>	<b>1.23</b>	<b>2.49</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>50.41</b>	<b>49.59</b>	<b>100</b>

### 2.5.1. Zona Norte

La superficie de aprovechamiento que ocuparán las obras en esta zona será de 1.25 ha, 50.41% de las obras, 0.80 ha serán en zona terrestre, representan el 32.09%, mientras que, 0.46 ha, tendrán lugar en la zona marina, estas representan el 18.32%. Como se observa en la Figura 2.11 y Tabla 2.9, el tipo de ambiente que será principalmente aprovechado en la zona terrestre es el de halófilas pioneras sobre playa arenosa en una superficie de 0.80 ha, seguido por el arenal con 0.34 ha, en la zona marina.

**Figura 2.11.** Distribución de las obras del Proyecto en la Zona Norte respecto del ambiente natural que será aprovechado.



**Tabla 2.9.** Superficie de aprovechamiento de las obras del Proyecto en Zona Norte por tipo de ambiente natural.

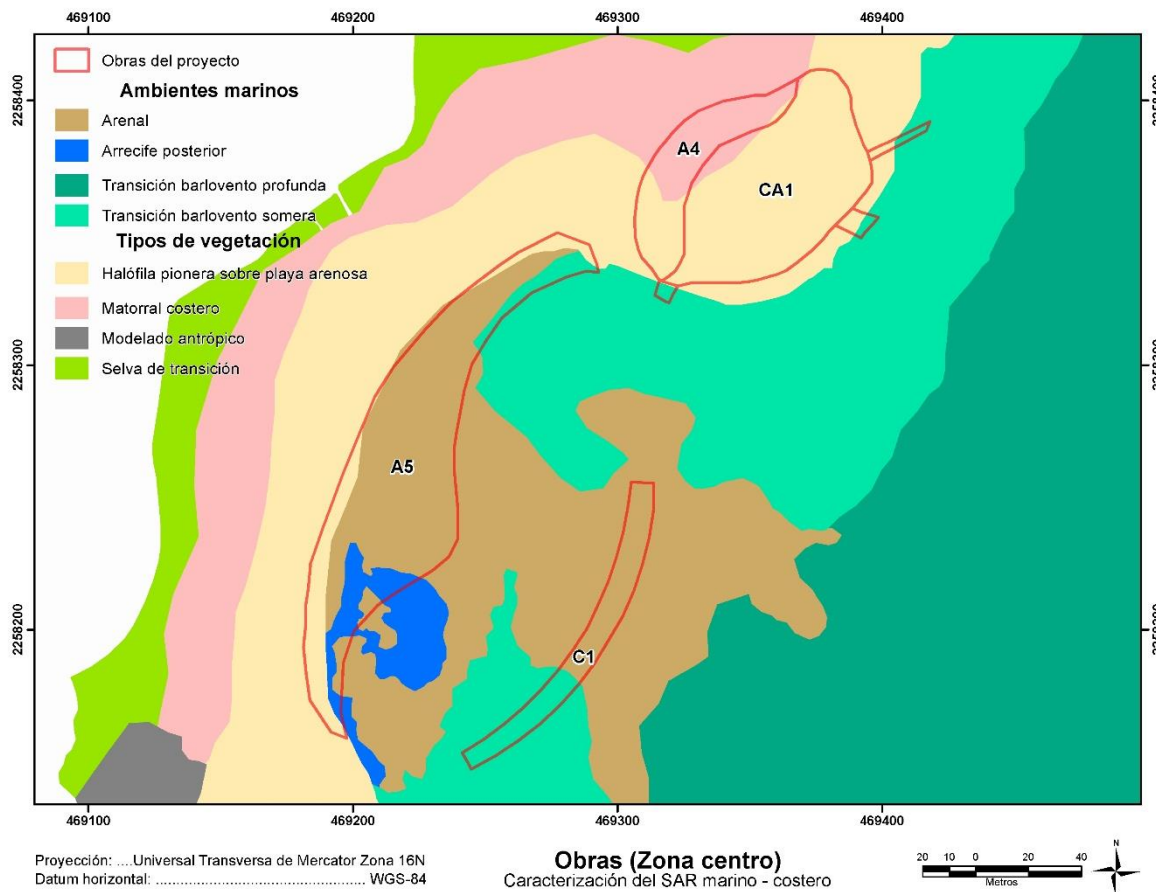
Elementos / Ambientes	N1 (ha)	N2 (ha)	N3 (ha)	D1 (ha)	D2 (ha)	D3 (ha)	A1 (ha)	A2 (ha)	A3 (ha)	Total Zona Norte (ha)
Arenal	0.04	0.02	0.01	-	-	-	0.00	0.17	0.10	0.34
Arrecife posterior	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.03	-	0.03
Fondo rocoso	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01
Transición barlovento somera	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	0.08
<b>Total Ambientes Marinos</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.46</b>
Matorral costero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
Halófila pionera sobre playa arenosa	-	-	0.00	0.02	0.01	0.01	0.08	0.35	0.32	0.80
Halófila pionera sobre playa rocosa	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	-	0.00
<b>Total Ambientes Terrestres</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.08</b>	<b>0.35</b>	<b>0.32</b>	<b>0.80</b>
<b>Total Ambientes Naturales</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.15</b>	<b>0.56</b>	<b>0.42</b>	<b>1.25</b>



### 2.5.2. Zona Centro

En esta zona se aprovecharán 1.23 ha, representan el 49.59%; de estas, 0.62 ha (24.87%) tendrán lugar en la zona terrestre, mientras que otro 0.62 ha (24.72%) tendrá lugar en la zona marina. La playa arenosa con vegetación halófila será sobre la que se desarrolle la mayor parte de las obras en la parte terrestre (0.51 ha), mientras que el ambiente marino más afectado será el arenal en 0.48 ha (Figura 2.12, Tabla 2.10).

**Figura 2.12.** Distribución de las obras del Proyecto en Zona Centro respecto al de ambiente natural que será aprovechado.



**Tabla 2.10.** Superficie de aprovechamiento de las obras del Proyecto en Zona Centro por tipo de ambiente natural.

Elementos / Ambientes	C1 (ha)	CA1 (ha)	A4 (ha)	A5 (ha)	Total Zona Centro (ha)
Arenal	0.08	-	-	0.40	0.48
Arrecife posterior	-	-	-	0.05	0.05
Fondo rocoso	-	-	-	-	0.00
Transición barlovento somera	0.04	0.01	-	0.03	0.08
<b>Total Ambientes Marinos</b>	<b>0.12</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.48</b>	<b>0.62</b>
Matorral costero	-	0.02	0.09	-	0.11

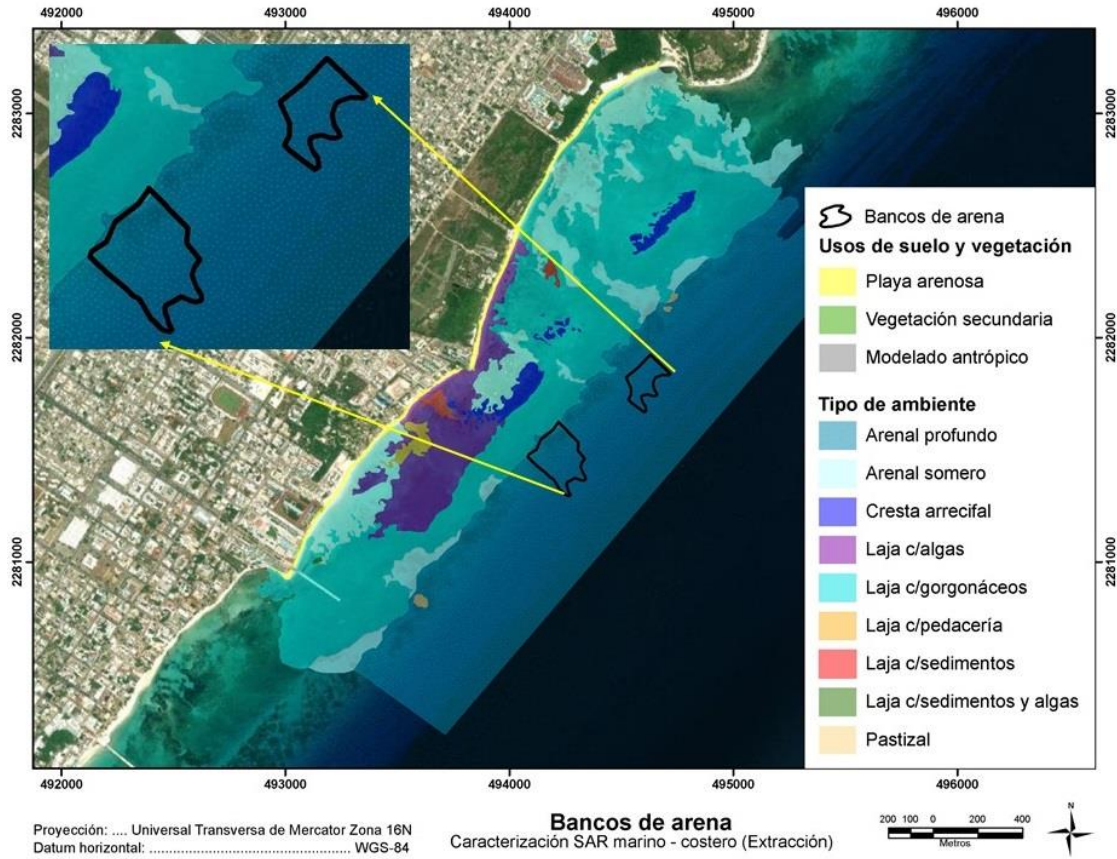
Elementos / Ambientes	C1 (ha)	CA1 (ha)	A4 (ha)	A5 (ha)	Total Zona Centro (ha)
Halófila pionera sobre playa arenosa	-	0.36	0.06	0.09	0.51
Halófila pionera sobre playa rocosa	-	-	-	-	0.00
<b>Total Ambientes Terrestres</b>	<b>0.00</b>	<b>0.38</b>	<b>0.15</b>	<b>0.09</b>	<b>0.62</b>
<b>Total Ambientes Naturales</b>	<b>0.12</b>	<b>0.39</b>	<b>0.15</b>	<b>0.57</b>	<b>1.23</b>

### 2.5.3. Zona de Bancos

Las obras a realizarse en la zona norte y centro del predio, requieren extracción e inyección de arena para cubrir las cinco áreas (**A1, A2, A3, A4 y A5**). De manera natural, la zona recibe un aporte mínimo de arena, por lo que la acumulación es pobre, de ahí que, el relleno de arena y la conformación de playas, conformación de caleta y colocación de estructuras de protección y contención de arena, es importante para acelerar el proceso de recuperación y mejorar el aspecto estético. El Proyecto propuesto requiere un volumen total estimado de arena de **24,234.72 m<sup>3</sup>**.

Considerando que se requiere un volumen de **24,234.72 m<sup>3</sup>** se realizó una prospección marina regional para identificar áreas potenciales de obtención de arena. Se identificaron los bancos SIR-1 y SIR-2 cuya granulometría coincide con la arena de las zonas dentro de las playas actuales del proyecto (los detalles se pueden consultar en documentos complementarios al Anexo 2.2). En conjunto los bancos cuentan con una superficie total de 6.46 ha, superficie que ocupan el arenal profundo y la laja con gorgonáceos, la extracción de arena se hará sólo sobre el arenal profundo, la superficie a intervenir es de 6.41 ha, con respecto al SAR de extracción representa el 1.88% de los 341.3 ha. (Figura 2.13, Tabla 2.11).

**Figura 2.13.** Caracterización de ambientes asociados con los bancos de extracción de arena.



**Tabla 2.11.** Volumen en Bancos de Arena SIR-1 y SIR-2.

BANCO	CARACTERIZACIÓN	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)	AREA DEL BANCO (ha)	GROSOR DE ARENA PROMEDIO (m)	VOLUMEN ESTIMADO (m <sup>3</sup> )
SIR-1	Arenal profundo	2.18	0.64	2.18	1.5	12,818
SIR-2		4.24	1.24	4.28	1.2	26,916.6
		6.41	1.88	6.46		39,734.6

El volumen de arena disponible en los bancos es de **39,734.6 m<sup>3</sup>**, de los cuales **24,234.72 m<sup>3</sup>** se realizarán para las conformar las estructuras de protección, los rellenos de playa y la conformación de la duna artificial, el resto de arena (**15,499.88 m<sup>3</sup>**) se reservaría como material para mantenimiento posterior (Tabla 2.12).

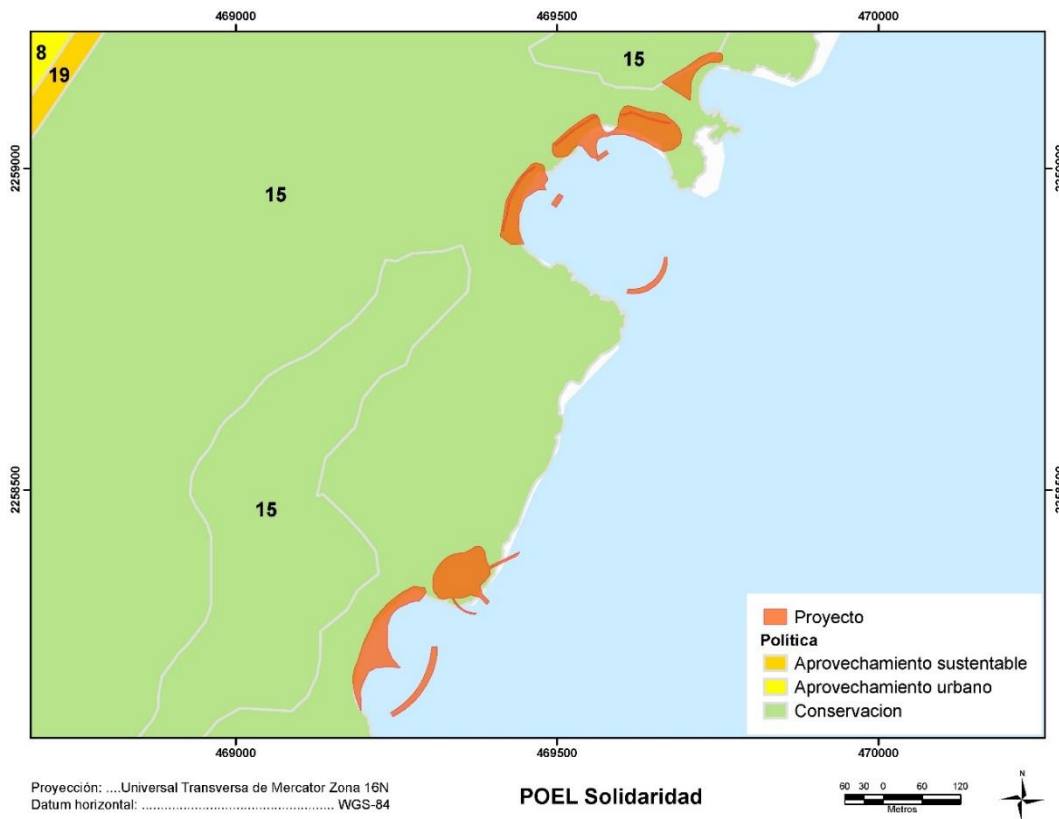
**Tabla 2.12.** Arena requerida para el proyecto.

<b>Arena requerida para proyecto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>24,234.72</b>
<b>Arena tomada de Bancos SIR-1 y SIR-2 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>39,734.60</b>
<b>Arena de reserva para mantenimiento (m<sup>3</sup>) en Bancos SIR1 y SIR2</b>	<b>15,499.88</b>

### 2.5.4. Uso actual del suelo

El Proyecto se ubica dentro de los límites del predio del DTGS que actualmente se encuentra en operación de servicios turístico – hoteleros. De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, publicado el 25 de mayo de 2009 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo<sup>1</sup>, la Zona Federal Marítimo Terrestre del DTGS, se ubica en la Unidad de Gestión Ambiental 15 (UGA 15) denominada Corredor Turístico Paamul-Yalku, con una vocación del uso de suelo turística (Figura 2.14). La vinculación del Proyecto con los criterios establecidos para esta UGA se presenta en el Capítulo 3.

**Figura 2.14.** Ubicación del Proyecto respecto a la Zonificación del POEL-S (2009).



### 2.5.5. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El Proyecto se encuentra en el predio del Desarrollo Turístico Gran Sirenis (DTGS) que actualmente está en operación y cuenta con los servicios urbanos asociados con la actividad turística hotelera, de modo que el DTGS puede proveer de los servicios con los que cuenta al Proyecto, mismos que se describen a continuación.

<sup>1</sup> El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor Cancún – Tulum publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo de fecha 16 de noviembre de 2001 fue abrogado por el artículo tercero transitorio del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009 y por lo tanto no resulta vinculante con el Proyecto.



- Vías de acceso: para acceder a la ZOFEMAT en donde se pretende la ejecución del Proyecto, se usarán las vialidades internas con las que cuenta el DTGS, el cual tiene su acceso por la Carretera Federal 307.
- Agua Potable: el DTGS cuenta con servicios de abastecimiento de agua potable a partir de un proceso de desalinización de agua salobre en la Planta de Osmosis Inversa (POI), estos servicios cuentan con autorización en materia de impacto ambiental y concesión para su explotación por parte de la Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Drenaje y saneamiento: El DTGS cuenta con servicios de drenaje sanitario, así como la operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el tratamiento de las aguas residuales que genera.
- Manejo de residuos sólidos urbanos: El DTGS cuenta con servicio de colecta de residuos y un centro de acopio para su almacenamiento temporal. Con respecto a los residuos de manejo especial y residuos peligrosos, se realiza la disposición final de acuerdo con lo que determina la legislación en la materia.
- Energía eléctrica: El suministro de energía eléctrica al DTGS es proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad.

## 2.6. Características particulares del Proyecto

El Proyecto consiste en la ampliación y mejoramiento de las playas adyacentes al DTGS, así como en la creación de zonas nuevas que sean seguras y estables para la recreación de los turistas que visitan al hotel. La definición de los elementos del Proyecto, así como su ubicación, se determinaron con base en estudios técnicos mediante los cuales se obtuvo una solución integral con el menor impacto a los ecosistemas del SAR.

Los elementos que componen al Proyecto se clasificaron en las siguientes categorías:

1. Estructuras de protección
2. Duna artificial
3. Caleta artificial
4. Rellenos de playa
5. Bancos de arena

A continuación, se describen con detalle las características de los elementos que componen el Proyecto.

### 2.6.1. Estructuras de Protección

Derivado de los estudios realizados en el ambiente marino (Anexos 2.2 y anexos del capítulo 4) se identificó que la zona frente al proyecto no es de depósito, ni acumulación, por lo que, ante los cambios en la zona costera debido a los impactos de los fenómenos meteorológicos y los procesos erosivos por el incremento en el nivel del mar, han llevado a la pérdida progresiva de arena de la costa. Lo anterior, más el hecho de que las pequeñas playas del proyecto son insuficientes para la demanda de los usuarios, es que el promotor del proyecto ha buscado la opción de incrementar el área de playa, promover la creación de hábitats e instalar estructuras que permitan proteger la

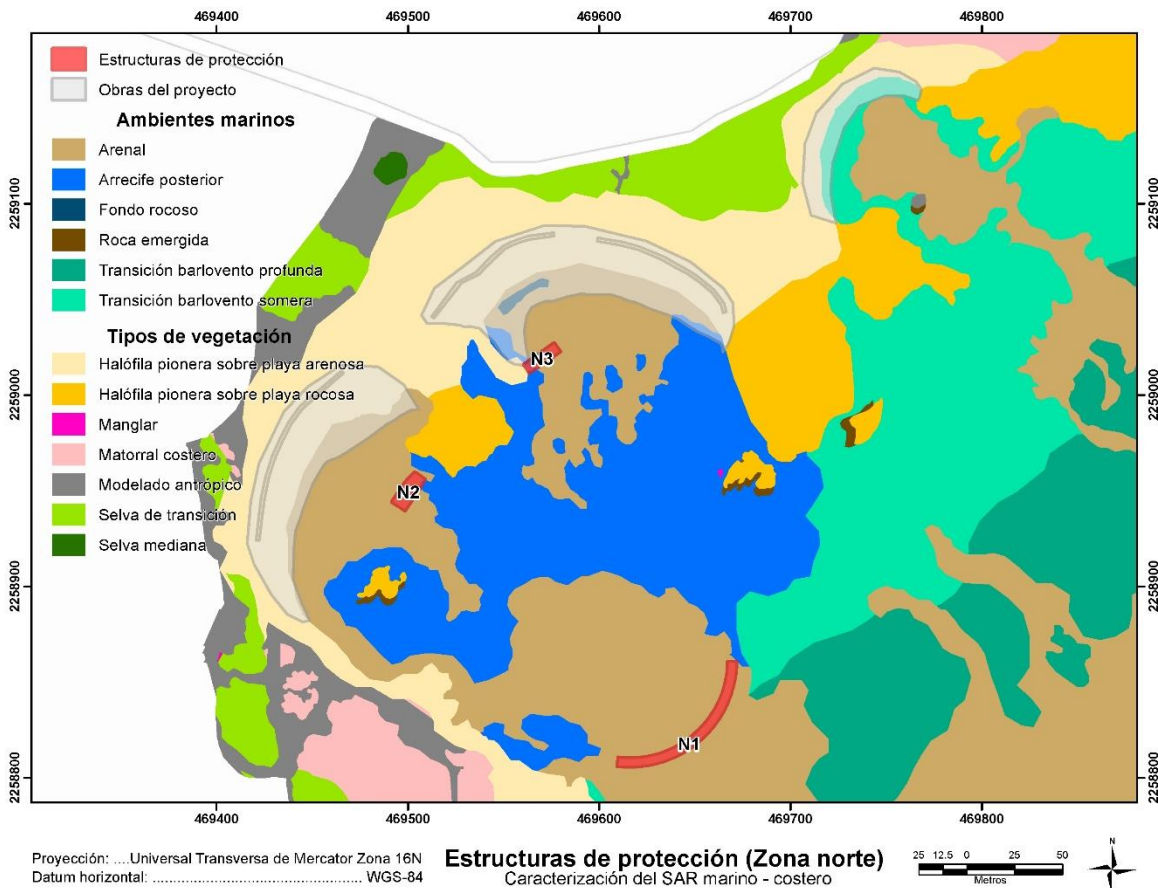
costa y retener la arena por más tiempo. Lo que se busca con estas estructuras es generar un área protegida del oleaje, disipando su energía y de este modo dar estabilidad a la arena que se colocará en las playas del Proyecto, evitando su dispersión.

Para el diseño, ubicación y material de las estructuras de protección se analizaron diferentes alternativas, acomodos, elevaciones, rumbos, y evaluación de su costo beneficio, de este modo, se decidió la construcción de estructuras de protección perpendiculares u oblicuas a la costa, debido a que reducen la erosión costera haciendo más lento el transporte litoral y reteniendo sedimentos. Se diseñaron secciones paralelas a la costa con la finalidad de que refracten la energía del oleaje, disminuyendo su intensidad y cambiando su dirección, logrando que choquen entre ellas detrás de la protección. El acarreo de arena que provoca este oleaje se deposita en la parte protegida de la estructura generando una costa curvada.

De este modo, las estructuras propuestas se establecieron con el objetivo de tener una mayor eficiencia en la captura de arena, evitar fugas de la arena ya introducida y así lograr unas playas estables a largo plazo.

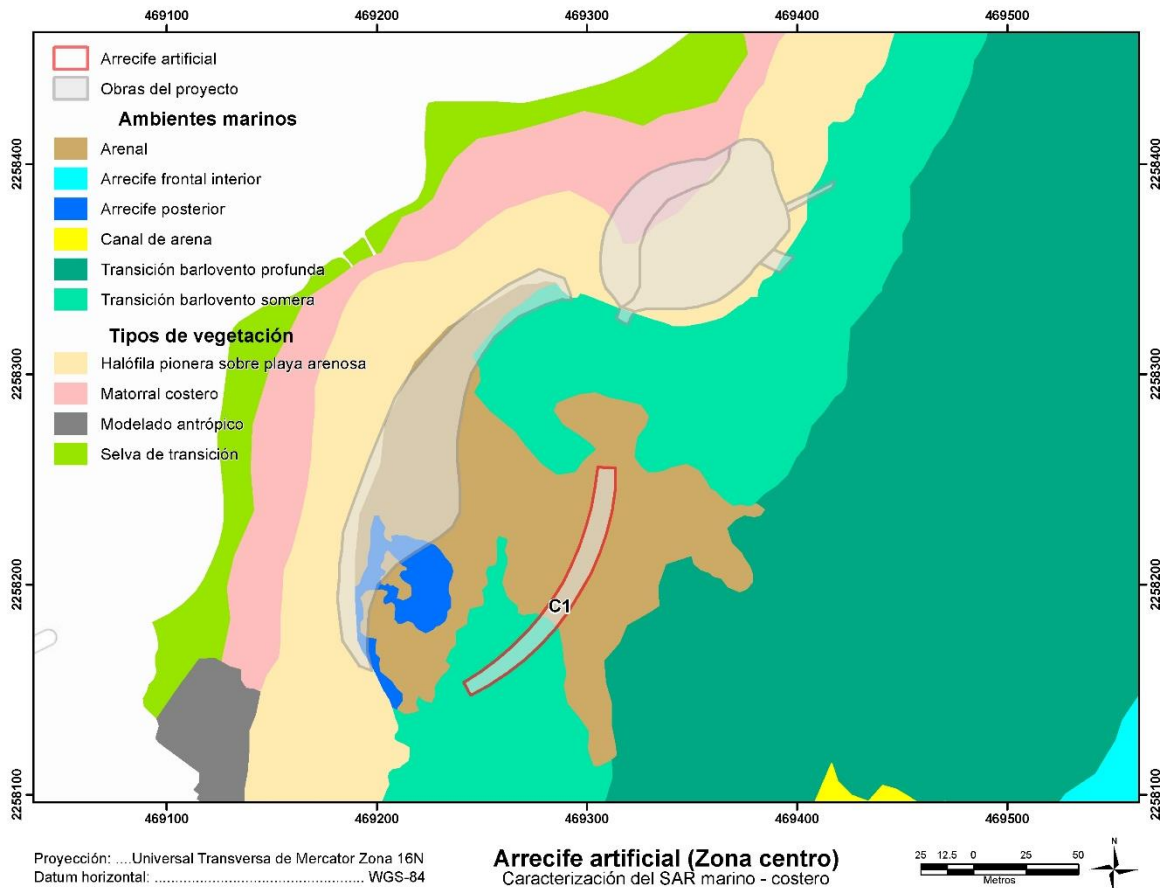
En la Zona Norte se contará con tres estructuras de protección como se observa en la Figura 2. 15. Éstas estarán conformadas por: un Dique sumergido (N1) a una distancia aproximada de 245.60 m de la línea de costa actual, y por dos Arrecifes Artificiales (N2 y N3) localizados aproximadamente a 56.28 m y 43.48 m de distancia de la línea de costa respectivamente.

**Figura 2. 15.** Ubicación de las estructuras de Protección en la Zona Norte.



En la Zona Centro se contará con una estructura de protección denominada **C1**, localizado aproximadamente a 108.21 m de la línea de costa actual, que protegerá a la playa de las corrientes provenientes del Este, evitando la dispersión de la arena y favoreciendo su ensanchamiento (Figura 2.16).

**Figura 2.16.** Ubicación de las estructuras de Protección en la Zona Centro.



El predio del DTGS forma parte de un sistema que está contenido entre dos zonas rocosas que interrumpen el paso de los sedimentos, por lo que el transporte de éstos es escaso. En este sentido, la arena de las playas es prácticamente nula debido al escape de los sedimentos hacia aguas abiertas ocasionado por el oleaje, así como a que la escasa arena que llega a entrar al sistema y queda atrapada entre las rocas y los arrecifes, interrumpiendo su transporte longitudinal.

De este modo, las estructuras de protección deben contar con la robustez que les permita generar un área protegida del oleaje, que proporcione estabilidad a la arena de las playas, evitando el transporte de los sedimentos hacia el exterior del sistema.

De acuerdo con el comportamiento de las mareas se definió la elevación de las coronas de las Estructuras de Protección. En este sentido, se tiene que los niveles máximos y mínimos de marea registrados aparecen solo dos o tres veces en un mes. La diferencia entre los niveles de Pleamar Media Superior y Bajamar Media Inferior es de 0.3 m.

Con base en lo anterior, se definió la distancia a la línea de costa a la que se encontrarán los ejes de las estructuras de protección, así como la profundidad de desplante. Cabe destacar que, todos los sitios seleccionados para colocar las estructuras son planos o con un talud muy ligero para que el desplante de la estructura sea estable; se encuentran a una distancia considerable de la línea “cero” actual para que la playa se pueda ensanchar -la longitud y distancia entre estructuras está relacionado con los efectos que se espera obtener para cada zona en donde se ubican; no son demasiado profundos para no elevar los volúmenes de material requerido y con ello los costos; y no se encuentran situados sobre arrecifes naturales bien consolidados, procurando así ocasionar el menor impacto sobre los ambientes marinos existentes.

Los datos particulares sobre la profundidad de desplante, distancia a la línea cero, elevación con respecto al nivel medio del mar, superficie de aprovechamiento y longitud de cada una de las estructuras se presentan en la Tabla 2.13.

**Tabla 2.13.** Especificaciones de la superficie de aprovechamiento, profundidad de desplante, distancia a la línea cero, elevación de la corona respecto al nivel medio del mar (msnmm), y longitud de cada una de las estructuras de protección del Proyecto.

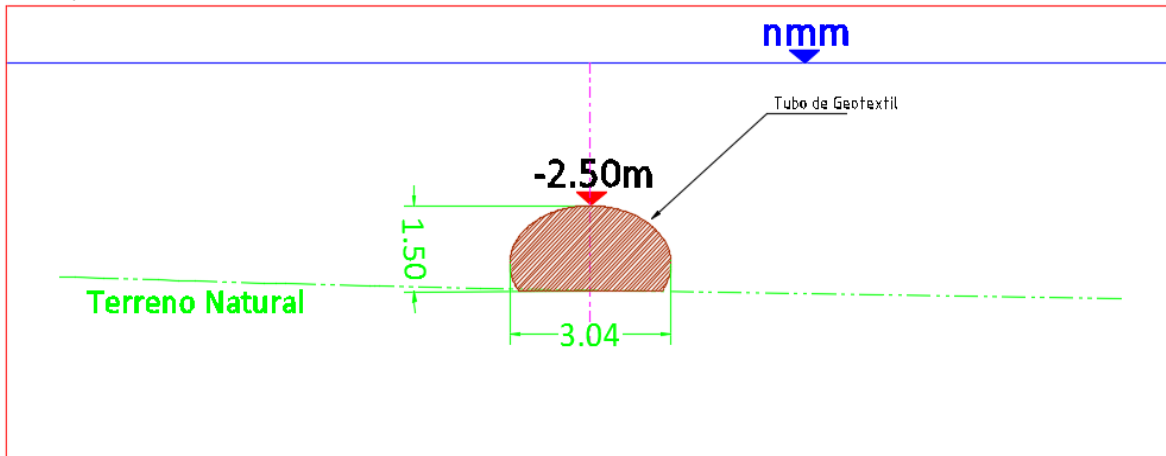
Estructuras de Protección	Superficie de aprovechamiento (ha)	Profundidad de desplante (isobata en m)	Distancia de la línea cero (m)	Elevación de la corona (msnmm)	Longitud de la estructura (m)
N1	0.06	Variable de -0.25 a -0.42	245.60 frontal	-2.50	90.00
N2	0.02	Variable de -0.25 a -1.50	56.28	+0.15	20.00
N3	0.01	Variable de -0.50 a -1.70	43.48	+0.30	20.00
C1	0.12	Variable de -1.00 a -3.50	108.21	+0.15	130.00

El Dique (N1) será una estructura semicircular sumergida, con una longitud de 90 m y un radio de 53 m, estará conformado por 4.5 tubos de geotextil GT-500 de 20 m cada uno, rellenos de arena hasta una altura de 1.52 m (Figura 2.17). Contará con un tapete antisocavación GT-500 el cual se encontrará anclado al fondo marino por medio de un lastre perimetral que caerá por gravedad y protegerá la arena debajo del tapete en caso de que haya movimiento de ésta.

La finalidad de esta estructura será la de contener los sedimentos, evitando su dispersión hacia aguas abiertas, por lo que al estar sumergido -2.5m no mitigará la energía del oleaje en su totalidad, debido a que a esa profundidad se encuentra protegido de la parte del oleaje más energética. Se espera que, tras el paso de una tormenta, los sedimentos sean arrastrados hasta un arenal ubicado en la zona marina al frente del proyecto y que quedará protegido con el dique, evitando que la arena se disperse fuera del sistema y se pueda regresar a la playa por medio de bombas sumergibles como parte de los trabajos de mantenimiento de la playa.



Figura 2.17. Sección transversal de N1.



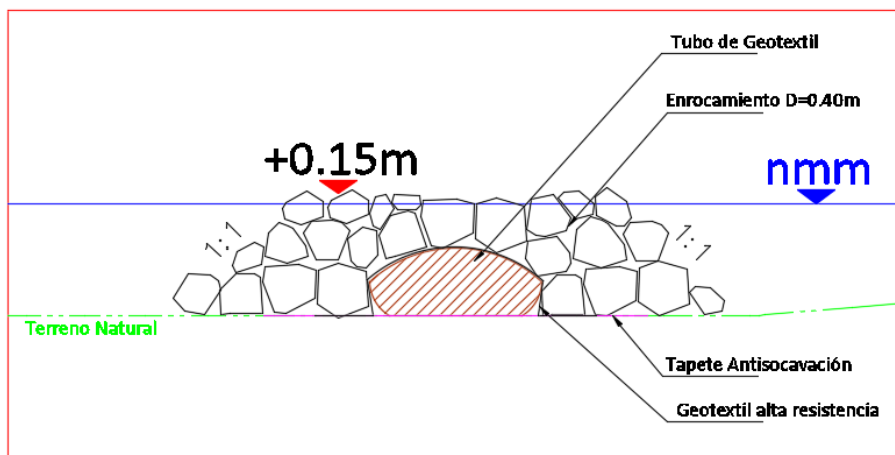
Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

Las estructuras **N2** y **N3**, se establecieron principalmente, para ayudar a mantener la arena que se colocará como relleno de las playas en la Zona Norte, considerando que la costa frente al predio es principalmente rocosa y sin movimiento de sedimentos, es de gran importancia que se cuide la poca arena que hay en el sitio, por esta razón las estructuras N2 y N3 son esenciales para el proyecto. Además, ayudarán a disipar parcialmente la energía del oleaje.

Cada una, estará conformada por un tubo de geotextil GT-500 con tapete antisocavación relleno de arena, con una longitud de 20 m y un ancho de 5 m. La estructura N2 tendrá una elevación de corona de +0.15 msnm (Figura 2.18), mientras que, de la N3 su elevación será de +0.30 m (Figura 2.19).

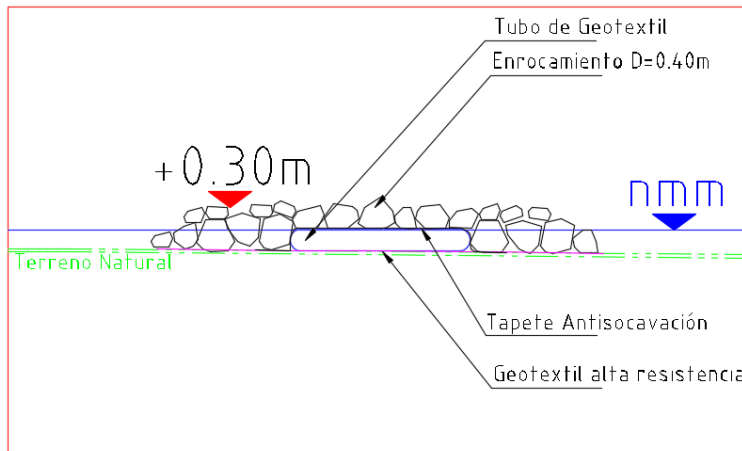
Ambas estarán cubiertas con una coraza de roca con taludes de 1:1 (H:V), la cual se coloca con fines estéticos, dándole una apariencia más natural. Sobre el tubo se colocará un geotextil de alta resistencia que lo protegerá de las rocas.

Figura 2.18. Corte transversal de la estructura de protección N2.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

**Figura 2.19.** Corte transversal de la estructura de protección N3.



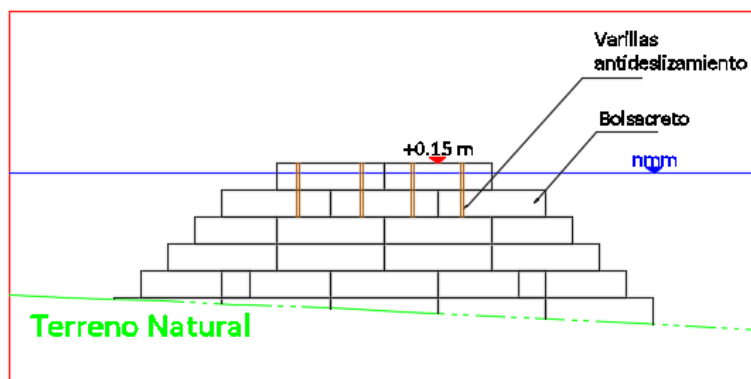
Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

Por su parte, la estructura de protección **C1**, se construirá con base de bolsacreto con terminado martilado. Este tipo de construcción ha sido ampliamente utilizada en el Caribe y otras costas alrededor de México y el mundo ya que es rápido y muy práctico para áreas someras. Se colocará una serie de bolsas impermeables agrupadas en forma piramidal; la base o primera capa se rellenará con mortero y se esperará hasta que fragüe, posteriormente se rellenará la segunda capa y se esperará hasta su fraguado y así sucesivamente hasta alcanzar la altura esperada para el diseño y talud establecido. Su función será la de disipar la energía de las olas propiciando condiciones seguras para el descanso de los turistas y evitar el retorno de la arena capturada hacia aguas abiertas.

La estructura **C1** será semicircular y tendrá una elevación de +0.15 m sobre el nivel medio del mar con un ancho de corona de 4 m, y un talud de 1 a 1 en ambas caras (Figura 2.20).

Las estructuras de protección ocupan en conjunto 0.19 ha de las 2.49 que integran todos los elementos equivalen a 7.79%.

**Figura 2.20.** Corte transversal de la estructura de protección C1 de la Zona Centro.



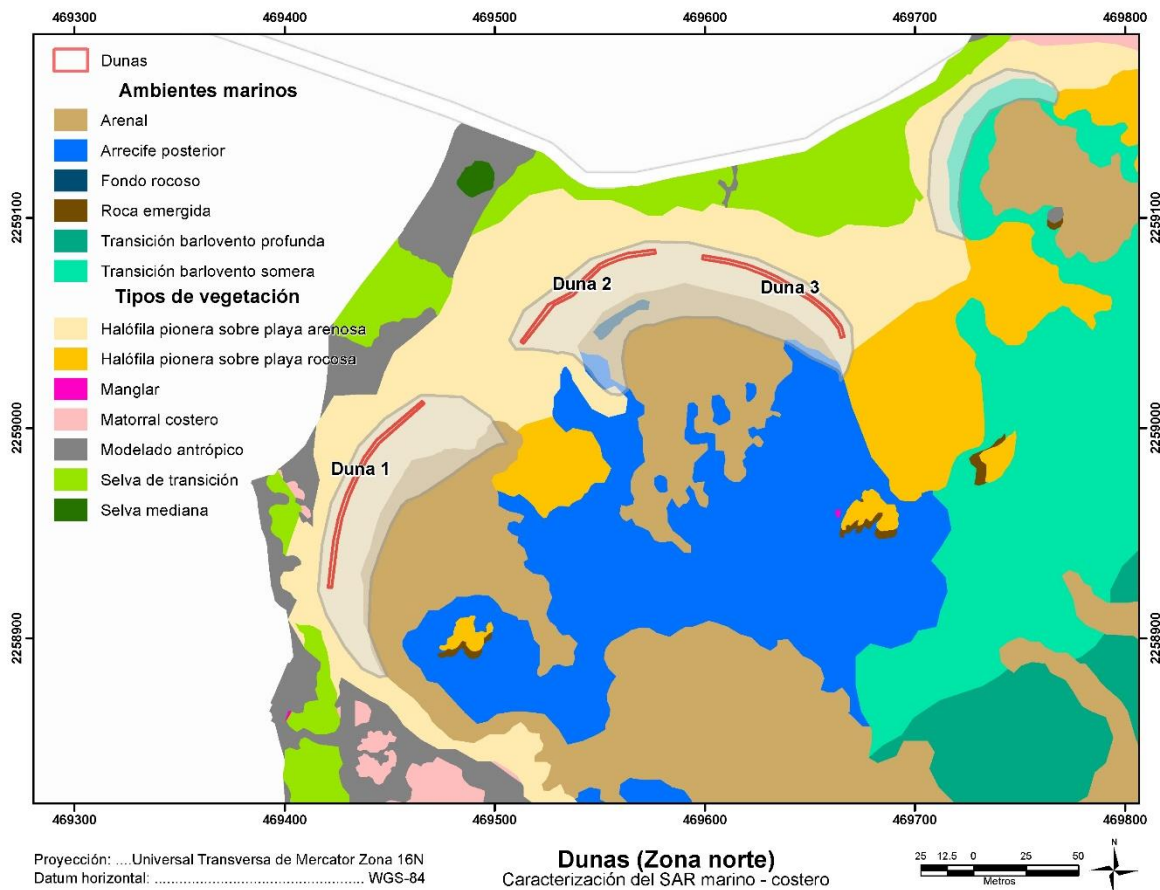
Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

### 2.6.2. Duna Artificial

Debido a que las fuentes que provén arena a las playas del DTGS están muy limitadas, la pérdida de arena es un grave problema que afecta directamente a todos los predios de la zona. Este elemento del Proyecto consiste en una estructura separada en tres secciones **D1**, **D2** y **D3** que emularán una duna natural y que tendrán el objetivo primordial de proteger la arena de las playas, evitando que sea llevada al mar por las corrientes de agua, así como de proteger la playa del efecto de erosión costera que afecta a la región, ya que brindará amortiguamiento al oleaje de las tormentas, protegerá las instalaciones que se encuentren detrás de ella, y con su forestación se favorecerá la estabilización de la playa. En la Figura 2.21 se muestra la ubicación de la Duna Artificial propuesta en la Zona Norte del Proyecto.

Las dunas artificiales, representan 0.05 ha, que equivale a 1.88 % del total de los elementos que conforman el proyecto.

**Figura 2.21.** Ubicación de la Duna Artificial en la Zona Norte.

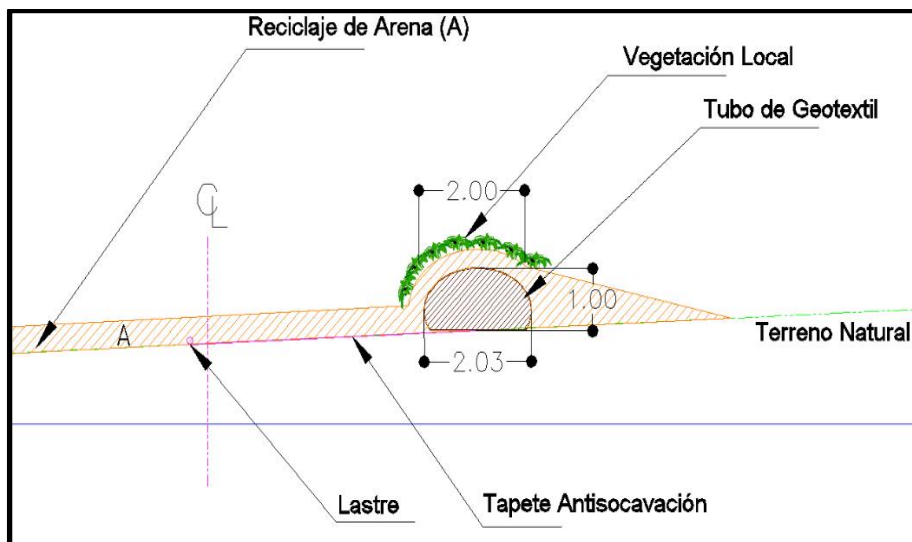


La duna estará compuesta por un núcleo hecho con tubos de geotextil rellenos de arena hasta una altura de 1 m sobre el nivel del terreno y aproximadamente 2.00 m de ancho, la longitud de los segmentos **D1**, **D2** y **D3** será de 100 m, 80 m y 80 m respectivamente.

Cada segmento de la duna estará conformado por los siguientes elementos (Figura 2.22):

- **Tapete antisocavación (GT-500).** -Se colocará bajo los geotubos y se extenderá hacia el lado del mar. Deberá estar cocido a la parte inferior media del tubo de geotextil, y contará con un tubo de anclaje de 25 cm de diámetro aproximadamente que debe llenarse de arena y después suturarse para evitar que ésta se salga. Este tapete evitará que la arena por debajo del geotubo se pierda en caso de haber oleaje extremo y que la socavación provoque que el geotubo ruede y se mueva de su posición.
- **Tubos de Geotextil (GT-500).** -Consisten en bolsas de malla geotextil impermeable que se rellenarán con arena. Su altura máxima cuando se encuentren llenos será de 1.0 m. Los tres segmentos (D1, D2 y D3) alineados formarán un elemento masivo de peso considerable que funcionará como una barrera de protección contra el oleaje y los vientos de tormenta.
- **Cubierta vegetal.** -Una vez que se complete la longitud total de diseño con los geotubos, éstos se cubrirán con arena y sobre ésta se sembrará vegetación nativa, recreando la composición y estructura que se encuentran en la duna natural. El grosor de arena sobre la parte más alta de la duna será de 20 cm para alcanzar finalmente la elevación de diseño.

Figura 2.22. Corte transversal de la Duna Artificial propuesta.



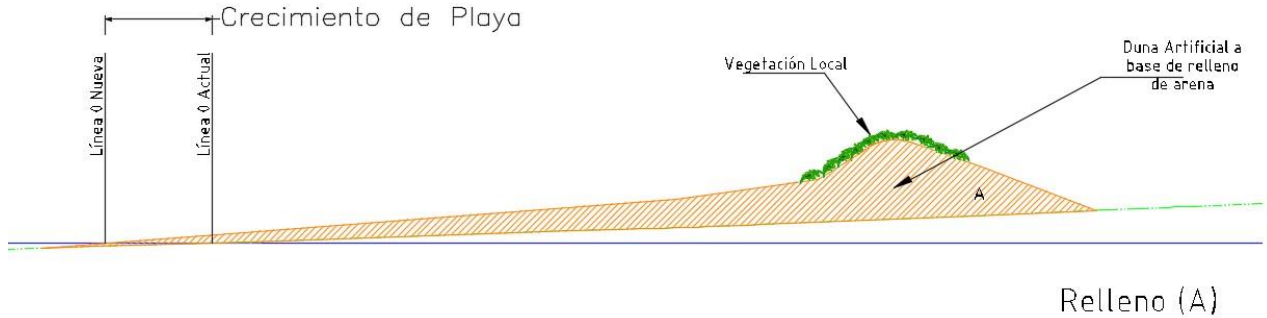
Los espacios entre las dunas serán acondicionados como andadores peatonales para los huéspedes, con lo que se evitará el paso por estas estructuras y la conservación de la vegetación.

Lo que se espera al final, es un perfil de playa como el que se muestra en la Figura 2.23. Más adelante se amplía la información con respecto a la forestación de la duna (Apartado 2.8.2.1.3.)



Figura 2.23. Sección transversal de duna artificial y perfil de playa.

## Sección Tipo de Duna Artificial



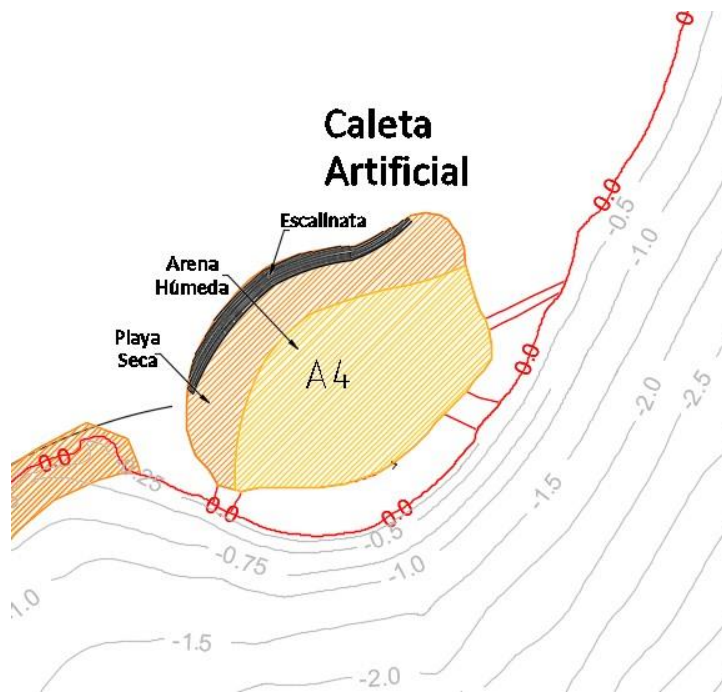
Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

34

### 2.6.3. Caleta Artificial

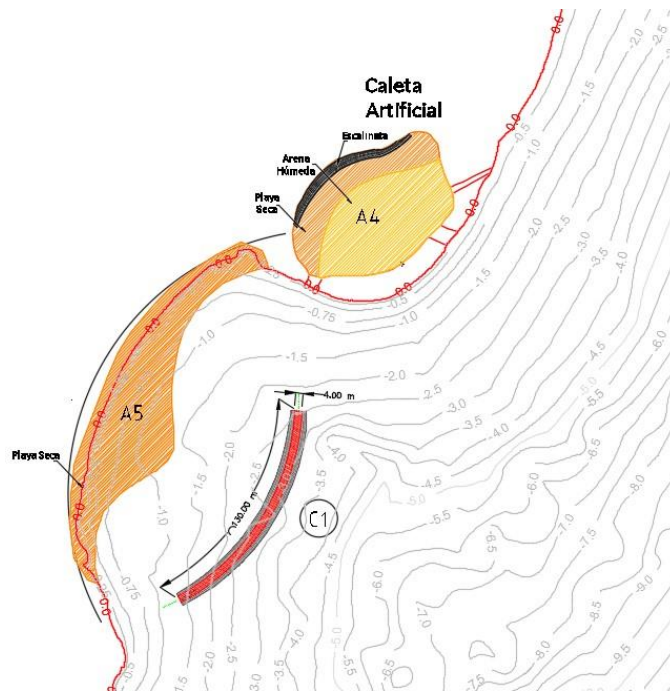
Con la finalidad de ofrecer otras áreas con playa arenosa, más seguras, estables y con menor oleaje, para la recreación y nado de los turistas que visitan el DTGS, en un ambiente con alto valor paisajístico, se propone la creación de una caleta artificial con tres bocas (**CA1**) a ubicarse en la Zona Centro del predio. La caleta **CA1** tendrá una superficie 0.39 ha (Figura 2.24, Figura 2.25). Representa el 15.74% del total.

Figura 2.24. Vista de planta de la Caleta Artificial.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

**Figura 2.25.** Ubicación de la Caleta Artificial CA1 en la Zona Centro del Proyecto.

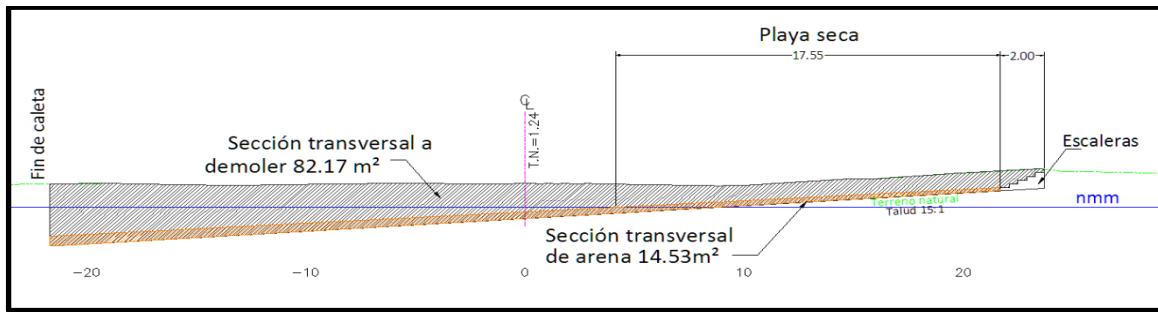


Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

La caleta estará conformada por las secciones que se definen a continuación (Figura 2.26):

- Escalones: para acceder al interior de la caleta de forma segura, cada caleta presentará en su borde interior una sección de escalones.
- Playa seca de entre 13.48 y 20.32 m, y una superficie de 0.15 ha, que colindará con el espejo de agua (después de construidas las caletas), con una inclinación de 15 a 1. Esta franja tiene una vocación turística, con el objetivo de que la incorporación por parte de los turistas hacia el área inundable de la caleta no sea tan abrupta.
- Área inundable: es la zona de excavación desde los 0 hasta los -2m de profundidad considerados a nivel del mar. Después de concluidos los trabajos de excavación, esta área será rellena con arena proveniente de los bancos marinos, en una capa con grosor de 50 cm, hasta alcanzar una profundidad de las caletas de -1.50 m bajo el nivel medio del mar.
- Bocas de conexión o accesos: Estas son las zonas entre las áreas inundables y la parte marina, que permitirán el proceso de comunicación de agua. Se diseñaron de tal forma que favorezcan el flujo del agua por medio de las corrientes marinas, asegurando un mejor intercambio de agua. La caleta contará con 3 bocas con una profundidad de 1 m cada una; la boca central dejará pasar cierta energía del oleaje para que la arena se acomode uniformemente dentro de la caleta.

**Figura 2.26.** Sección transversal de la CA1 en la estación 0+120.00.



Fuente: Tecnocéano, Anexo 2.2.

Para la construcción de la caleta se demolerá, con ayuda de retroexcavadoras con martillo hidráulico tipo Caterpillar, la roca de la playa seca y área inundable, hasta alcanzar la inclinación de 15 a 1 para la playa seca, y la cota de los -2.00 m en el área inundable. Una vez realizada la limpieza de la caleta, se inyectará arena proveniente de los bancos marinos hasta lograr una capa con grosor de 50 cm. Concluidos los trabajos de excavación y conformación, se procederá con la apertura de las bocas, hasta alcanzar la profundidad de 1m, con el apoyo de maquinaria menor, es decir, con un martillo neumático manual, para tener un menor impacto hacia el mar. Para evitar la dispersión de sedimentos (como se verá más adelante), se considera la instalación de cortinas antidispersión que permitirán contener cualquier sedimento que se libere al abrir las bocas y así garantizar que no se generará ningún impacto sobre los ecosistemas marinos adyacentes. Estas cortinas se retirarán hasta que las condiciones al interior y exterior de la caleta resulten estables y homogéneas.

### 2.6.4. Relleno de Playa

Como se ha mencionado a lo largo del documento, la costa del DTGS se localiza en una zona que se caracteriza por ser rocosa con playas poco extensas y con poca cantidad de arena debido a que el aporte de sedimentos es prácticamente nulo. Por lo que las playas no se ven favorecidas para su uso turístico.

En este sentido, se propone ampliar la superficie de 5 playas arenosas **A1, A2, A3, A5 y A4** (el relleno A4 sirve también de fondo arenoso de la CA1) del predio del DTGS, mediante la inyección de arena compatible proveniente de la explotación de bancos marinos (ver sección 2.5.3) permitiendo acelerar el proceso de recuperación de la línea costera, que, en conjunto con las estructuras de protección planteadas, propiciarán el ensanchamiento de las playas, así como su estabilización, y se mejorará su aspecto visual. El volumen de arena total requerido para el relleno de las playas será de **24,234.72 m<sup>3</sup>** y ocuparan una superficie total de 2.49 ha. Adicionalmente se tendrá una reserva de **15,499.88 m<sup>3</sup>** para mantenimiento de la playa. En la Tabla 2.14 se presenta el volumen arena requerido por zona, así como la superficie de cada playa.

Los rellenos de playa en conjunto, abarcarán una superficie de 1.86 ha, representan el 74.59 %.

**Tabla 2.14.** Volumen de arena requerido y superficie de las playas propuestas.

Zona	Relleno de playa	Volumen de arena requerido (m <sup>3</sup> )	Superficie (ha)
Norte	A1	10,139.86	0.15
	A2		0.56
	A3		0.42
Centro	A4	2,318.68	0.15
	A5	11,776.18	0.57
<b>Total</b>		<b>24,234.72</b>	<b>1.86</b>

La ubicación de las obras de relleno de playas por Zona del Proyecto, se pueden observar en la Figura 2.27 y Figura 2.28.

Figura 2.27. Ubicación de los Rellenos de Playa A1, A2 y A3 en la Zona Norte.

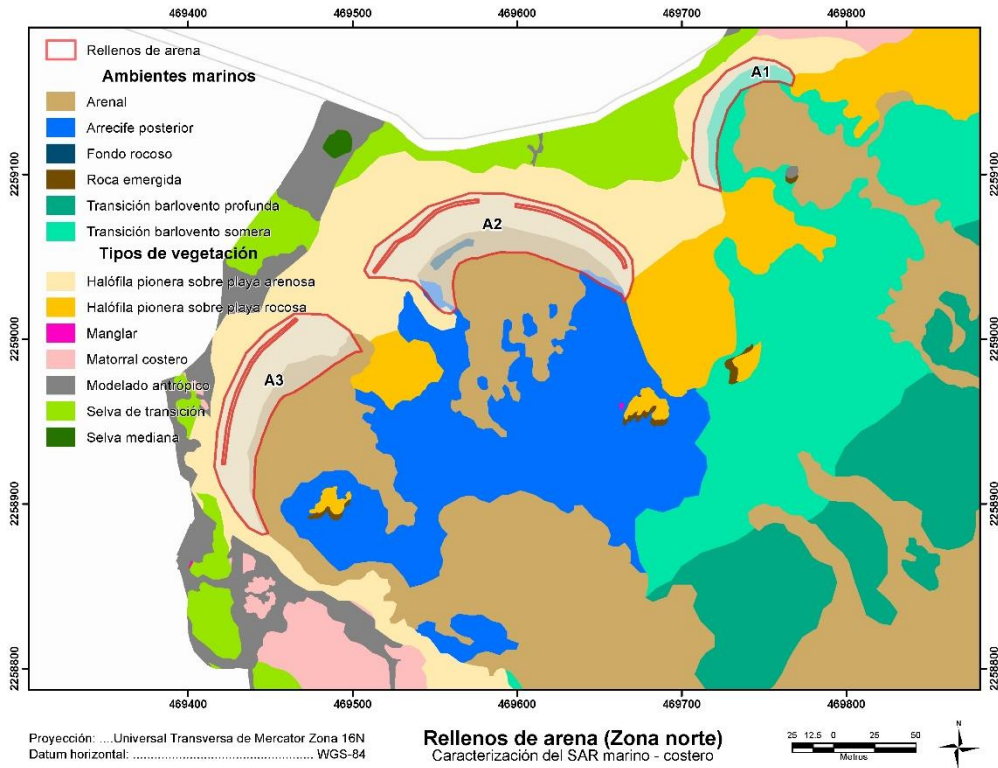
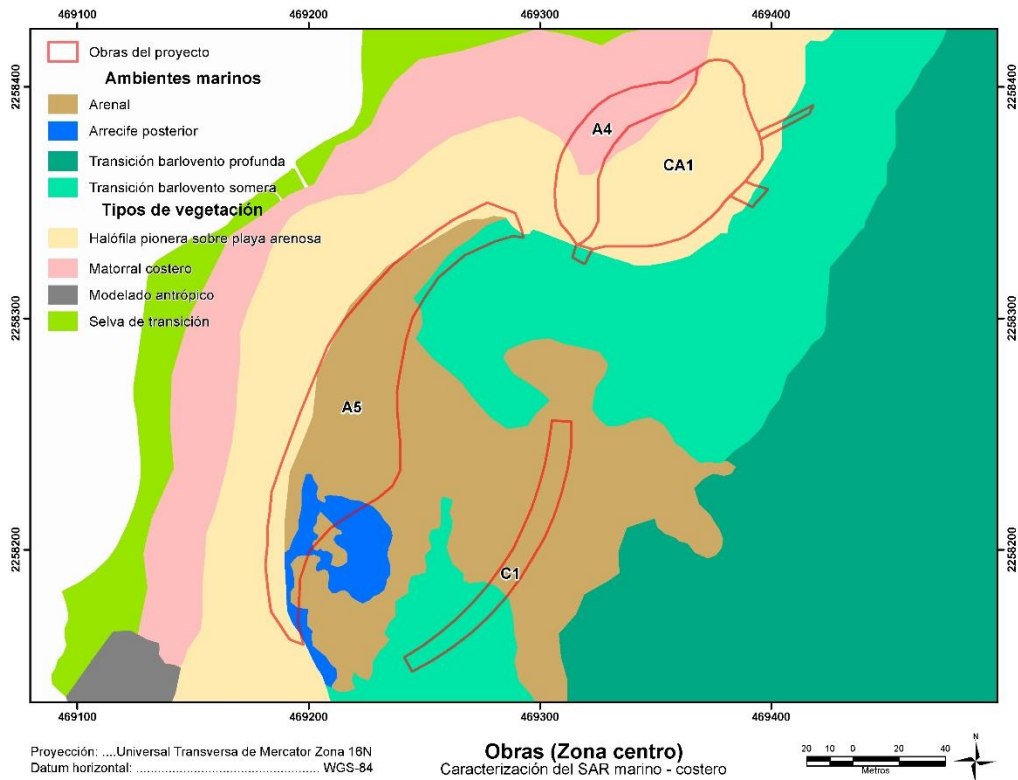


Figura 2.28. Ubicación del relleno de playa A4 y A5 en la Zona Centro.





Una vez desarrollado el Proyecto se deberá realizar el monitoreo permanente de la playa para evaluar los cambios o afectaciones después de periodos de oleaje fuerte y determinar si se requiere llevar a cabo acciones de mantenimiento. Estas acciones consisten en mover la arena acomodándola con maquinaria (retroexcavadora) en donde sea necesario para mejorar la dinámica costera. Dependiendo de la afectación que se haya tenido, por algún evento hidrometeorológico mayor, es posible que sea necesario alimentar con nueva arena las playas afectadas, a través del rebombeo desde las zonas marinas en donde se haya acumulado el material desplazado de la orilla.

### 2.6.5. Bancos de Arena

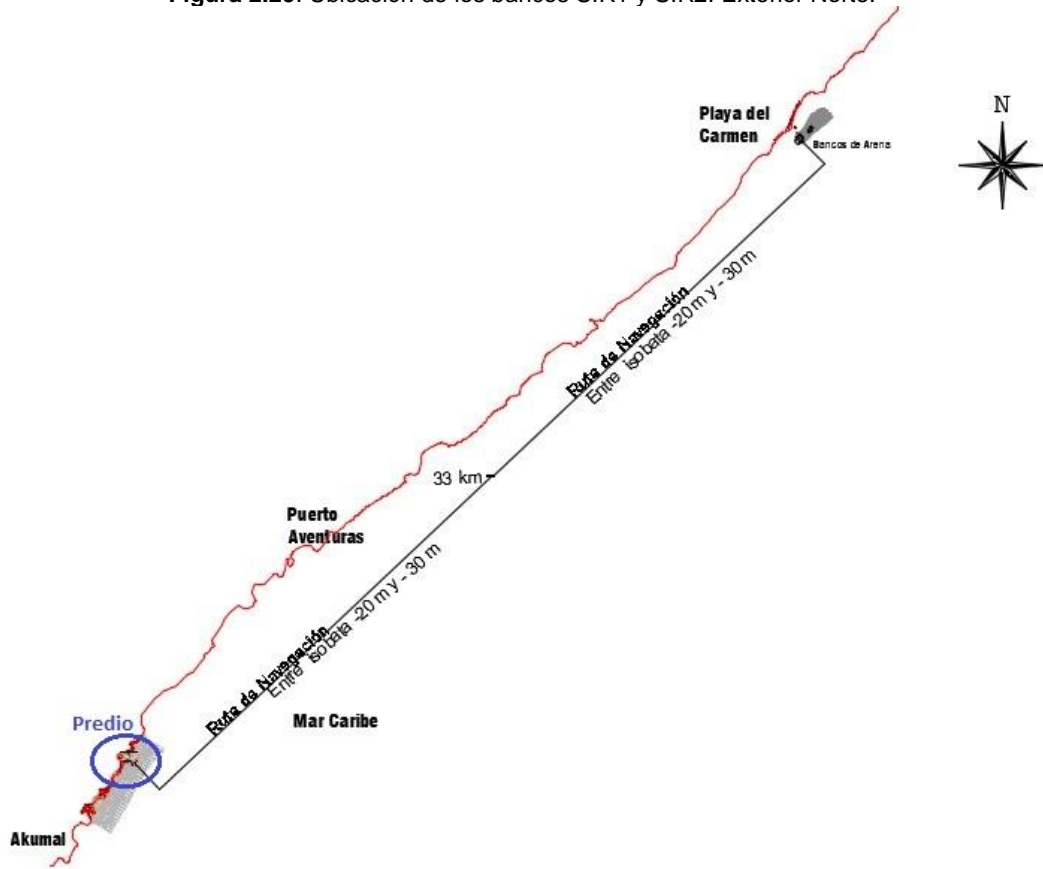
Se identificó una zona potencial para la obtención de arena, ubicada aproximadamente a 33 km del predio y frente a la ciudad de Playa del Carmen los cuales se identifican como los bancos SIR-1 y SIR-2 (Figura 2.29 y

Figura 2.30), esta opción fue la que resultó viable al no poder usarse otros bancos más cercanos al predio por tratarse de áreas restringidas (Xcachel – Xcachelito).

Para cubrir los requerimientos para la conformación del Proyecto, se requerirá del aprovechamiento de los dos bancos de arena mencionados, los cuales proporcionarán en conjunto **24,234.72 m<sup>3</sup>** necesarios para los rellenos de playa (A1, A2, A3, A4 y A5), caletas artificiales (CA1), la conformación de las dunas artificiales (D1, D2 y D3) y las estructuras de protección (N1, N2, N3 y C1).

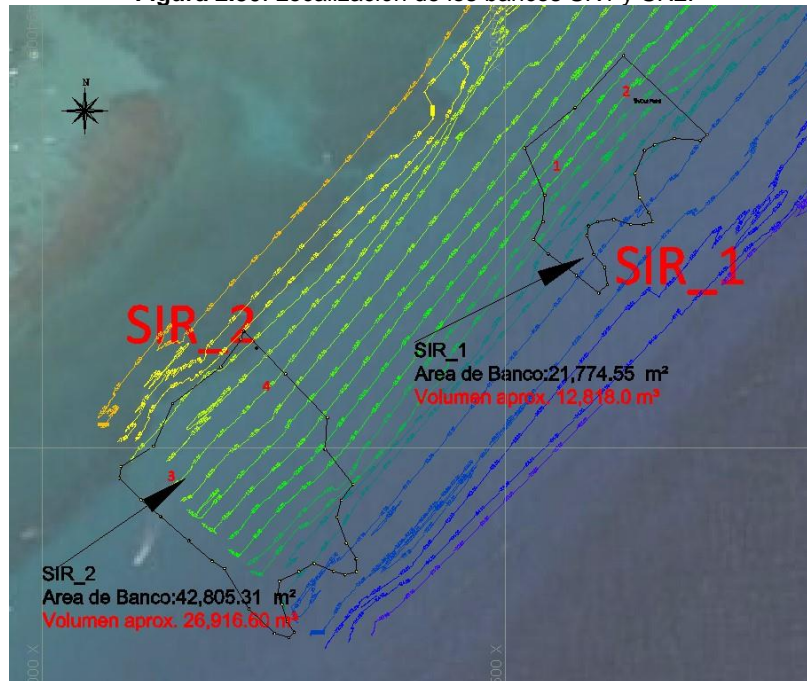
Los bancos de arena, tienen un excedente de arena de **15,499.88 m<sup>3</sup>**, este volumen, se conservaría como reserva para la fase de operación y mantenimiento del proyecto, en caso de que, procesos severos, como marejadas de tormenta o huracanes, provoquen desplazamientos y pérdidas considerables de arena que hagan necesario hacer rellenos de mantenimiento (Tabla 2.15).

Figura 2.29. Ubicación de los bancos SIR1 y SIR2: Exterior Norte.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

Figura 2.30. Localización de los bancos SR1 y SR2.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Tabla 2.15.** Características de los Bancos de Arena del Proyecto.

Banco	Superficie (ha)	Volumen estimado del Banco (m <sup>3</sup> )	Volumen para el proceso constructivo del proyecto (m <sup>3</sup> )	Volumen para el mantenimiento del proyecto (m <sup>3</sup> )	Distancia aproximada a la línea de costa (Km)
SIR-1	2.2	12,818.0	5,393.1	7,424.9	33
SIR-2	4.3	26,916.6	18,841.62	8,074.98	33
<b>Total</b>	<b>1.32</b>	<b>39,734.6</b>	<b>24,234.72</b>	<b>15,499.88</b>	-

Se estima que del volumen total de arena de los bancos es de **39,734.6 m<sup>3</sup>**.

La fase de construcción requerirá el dragado de **24,234.72 m<sup>3</sup>** de arena, los cuales se utilizarán para el relleno de playa, la conformación de la duna artificial, la caleta y las estructuras de protección. Para esta etapa se utilizarán 5,393.1 m<sup>3</sup> del banco SIR-1 y 18,841.62 m<sup>3</sup> del banco SIR-2.

La fase de operación y mantenimiento del proyecto requerirá los **15,499.88 m<sup>3</sup>** de arena excedente. Esta se realizará el dragado de la arena, posteriormente a la fase de construcción y se utilizará para las actividades de mantenimiento y para restituir la arena perdida en caso de presentarse fenómenos meteorológicos extremos. Para esta etapa se obtendrán 7,424.9 m<sup>3</sup> de arena del banco SIR-1 y 8,074.98 m<sup>3</sup> del banco SIR-2 (ver Tabla 2.15)

Los bancos seleccionados se identificaron a partir de análisis realizados en el área marina adyacente al predio DTGS, a partir de los cuales se identificó que la arena existente cuenta con características físicas compatibles con las requeridas para el Proyecto. Se considera que la arena contenida en estos bancos corresponde con la arena que se erosionó de las playas y se depositó en lo profundo, de modo que las acciones solo consisten en la reubicación de la arena. Además, por la cercanía al área del Proyecto y por su profundidad, su explotación será por medio de bombas sumergibles y tubería flexible manejada por buzos y con el apoyo de embarcaciones menores, minimizando el impacto sobre los ecosistemas adyacentes.

Las coordenadas de los bancos de arena se presentan en los anexos complementarios al Anexo 2.2 que acompañan a la presente MIA.

## 2.7. Programa general del trabajo

En la Tabla 2.16 se muestra el Calendario de las actividades y obras consideradas para las etapas de preparación del sitio y construcción del Proyecto, que en conjunto tendrán una duración de 2 años. En el Anexo 2.2 que acompaña a la presente MIA-R se presenta el Proyecto Ejecutivo realizado por la empresa Tecnoceano, en el cual se describe de manera específica las particularidades del Proyecto, así como los diferentes modelos evaluados para la determinación de la propuesta final del Proyecto.

**Tabla 2.16.** Programa General de Trabajo del Proyecto.

<b>PROGRAMA DE ACTIVIDADES SIRENIS</b>											
		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
	Actividad	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas	Semanas
1	Gestión de permisos y licencias que requieren autorización de la MIA	Previo al inicio de labores constructivas.									
2	Preparación de equipo	■	■								
3	Colocación de señales preventivas.	■	■								
4	Preparación de caminos para ingreso de camiones de volteo y de transporte.	■	■	■							
5	Recorridos en el área de trabajo para buscar organismos susceptibles de rescate y reubicación	■	■	■							
6	Construcción de Arrecife Artificial N1		■	■	■						
7	Construcción de Arrecife Artificial N2			■	■						
8	Construcción de Arrecife Artificial N3			■	■	■					
9	Construcción de Arrecife Artificial C1			■	■	■	■	■	■		
10	Excavación de Caleta Artificial			■	■	■	■	■	■		
11	Bombeo de arena en Zona Norte de banco marino					■	■	■	■	■	
12	Adecuación de Tarquinas 1 y 2					■	■				
13	Transporte, vertido y extendido de arena para relleno en Zona Centro					■	■	■	■	■	
14	Distribución equitativa de arena en todas las zonas de relleno					■	■	■	■	■	
15	Adecuación de Duna 1, 2 y 3						■	■	■	■	
16	Reforestación de Dunas								■	■	■
17	Marcaje de luminarias de navegación					■	■	■			
18	Retiro de maquinaria, señalamientos y equipo									■	■
19	limpieza general									■	■

## 2.8. Fases de desarrollo del proyecto

### 2.8.1. Etapa de preparación del sitio

Si bien, cada concepto tendrá su propia fase de preparación, de manera general serán muy cortas y en su mayoría consistirán en el rescate de flora y fauna, tanto terrestre, como marina, limpieza del sitio, definición del trazo de las estructuras y preparación del equipo para el relleno de playa o de los componentes de cada elemento estructural, como los sacos bolsacreto. Por lo que a continuación, se describen las actividades que se realizarán en esta fase.

- **Rescate de flora y fauna.** – Debido a que el proyecto se desarrollará en zona terrestre y zona marina, se llevarán a cabo actividades de rescate en ambos ambientes, las cuales se describen a continuación.

En las áreas establecidas para el aprovechamiento del Proyecto en la zona terrestre, que corresponden con la superficie para el desplante de la duna artificial, relleno de playa, caletas artificiales y parte de las estructuras de protección, se rescatarán los ejemplares que por sus dimensiones y ubicación sean susceptible de ser rescatados, los cuales se identificarán y marcarán con cinta plástica para ser trasplantados, especialmente los que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y los que tengan potencial de uso en labores de reforestación del DTGS. Una vez identificados los ejemplares, se implementará la técnica de rescate más apropiada considerando la especie y su talla. Los ejemplares seleccionados de flora, serán reubicados al vivero del DTGS. Asimismo, un especialista en manejo de fauna silvestre implementará una campaña de rescate de organismos con poca movilidad y los liberará en zonas no afectadas dentro del mismo SAR.

Por otro lado, en las áreas de aprovechamiento de la zona marina (correspondientes con las áreas de explotación del banco de arena y áreas de desplante de las estructuras de protección), un equipo de especialistas en manejo de fauna marina recorrerá las áreas de trabajo con la finalidad de rescatar individuos de fauna sésil y/o de lenta movilidad para trasladarlos a sitios libres de riesgo dentro del mismo SAR.

Con respecto a la biota marina, en noviembre de 2019 se realizó la caracterización para los bancos SR1 y SR2, los bancos de arena se encuentran en las zonas identificadas como arenal profundo, en estos, la biota marina está prácticamente ausente, se identificaron algunos parches dispersos y de baja densidad de pasto marino de la especie *Halodule wrightii*, y de algas verdes calcáreas. Los detalles se pueden consultar en el Anexo 4.14.

Cabe destacar que, tanto en la zona terrestre como en la marina se identificará y registrará cada organismo rescatado en formatos especiales diseñados por la supervisión ambiental del Proyecto.

- **Desmote y limpieza.** – Después de concluidas las acciones de rescate de flora y fauna, se llevarán a cabo las actividades de desmote y limpieza de las áreas en donde se ejecutará el Proyecto. Los restos vegetales se triturarán de manera mecánica y se podrán utilizar como materia prima en las actividades del vivero del DTGS. Al tratarse de un ambiente rocoso, la vegetación consiste principalmente en pequeños arbustos y vegetación rastrera.



Además, se realizarán recorridos para retirar los residuos que recalcan en la ZOFEMAT aledaña al predio del DTGS, estos se acopiaran en las instalaciones del desarrollo para su posterior traslado al basurero municipal o a sitios autorizados para su disposición final.

- **Trazo y marcaje del eje de las estructuras de protección.** – Con ayuda de un GPS de alta precisión, embarcación y buzos, se señalará con boyas, cabos y lastres la posición del eje de todas las estructuras.
- **Trazo y marcaje del perímetro de la caleta artificial.** – Mediante el uso de un equipo común de topografía se delimitarán y marcarán el área que se demolerá para la construcción de la caleta artificial **CA1**.
- **Trazo y marcaje del eje de la duna.** – Con ayuda de un equipo de topografía se señalará el eje de los tres segmentos de la duna artificial y se marcarán con estacas.
- **Nivelación y compactación del terreno para las estructuras N1, N2, N3 y C1 y para las Dunas Artificiales.** – Una vez definidos los ejes de las estructuras, se llevarán a cabo trabajos para compactar y nivelar el terreno sobre el que se extenderán los tubos de geotextil. Se llevará a cabo con maquinaria tipo CS-531 o con un tractor DC5. Esto con la finalidad de que los tubos no rueden al ser llenados (Figura 2.31).

**Figura 2.31.** Nivelación y compactación del terreno para el desplante de las obras.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

- **Preparación de equipo.** – Antes de comenzar con las obras de construcción, se deberán trasladar a los sitios de trabajo los equipos y material necesario, tales como las retroexcavadoras Serie 3, bombas de mortero, equipo de buceo, herramientas, tubos de geotextil con tapetes antisocavación, sacos de bolsacreto y geotextil.

**Preparación de bombas sumergibles.** – Para la extracción de la arena se usarán bombas sumergibles robustas de uso rudo, eléctricas, selladas completamente, con cable de alimentación de corriente alterna. Tendrán una potencia de al menos 60 hp, en la Figura 2.32 y Figura 2.33 se muestra la imagen y tabla de especificaciones de una bomba común de este tipo.

**Figura 2.32. Bomba sumergible tragasólidos TOYO.**



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Figura 2.33. Especificaciones técnicas de la bomba sumergible TOYO.**



**TOYO DENKI  
INDUSTRIAL  
CO., LTD.**

TOYO Pumps is a specialist manufacturer of heavy duty electro submersibles with hard iron pump components and built-in agitator systems. Renowned for quality, Toyo pumps are specifically designed for applications where abrasive and heavy duty slurries are encountered.

## Submersible Agitator Sand and Slurry Pumps

### ET Series, DP Series

**APPLICATIONS**

- Ideal for sand, slurry and gravel transfer in civil, mining and industrial applications.
- Dredging in ports, harbours and shipyards.
- De-silting of sand and sludge at construction sites.
- Slurries and sludge transfer in concrete batching plants, stone crushing plants, steel mills and power plants.

**FEATURES**

- Heavy duty submersible slurry pump designed specifically to transfer solids that have settled out of fluid suspension.
- Patented Toyo cutter fan at the bottom of the pump creates high agitating and excavation motion, sucking in sediments like sand and other materials continuously and at a high concentration, without clogging the strainer.
- The shaft gland consists of double SiC mechanical seal, giving excellent endurance for rugged use.
- High chrome is used in key wear plates such as the impeller, suction cover and cutter fan.
- Casing in spheroidal graphite iron.
- Performance can be maintained for extended periods by adjusting the clearance between the impeller and the suction cover.
- Incorporates thermal protector to prevent motor from burning.
- Provides the most cost effective method of converting stationary material into a pumpable state.



DP Series

**TECHNICAL SPECIFICATIONS**

Size (mm)	Motor (kW)	Max. Capacity (lps)	Max. Head (m)
50 – 550	0.75 – 900	2000	45

Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

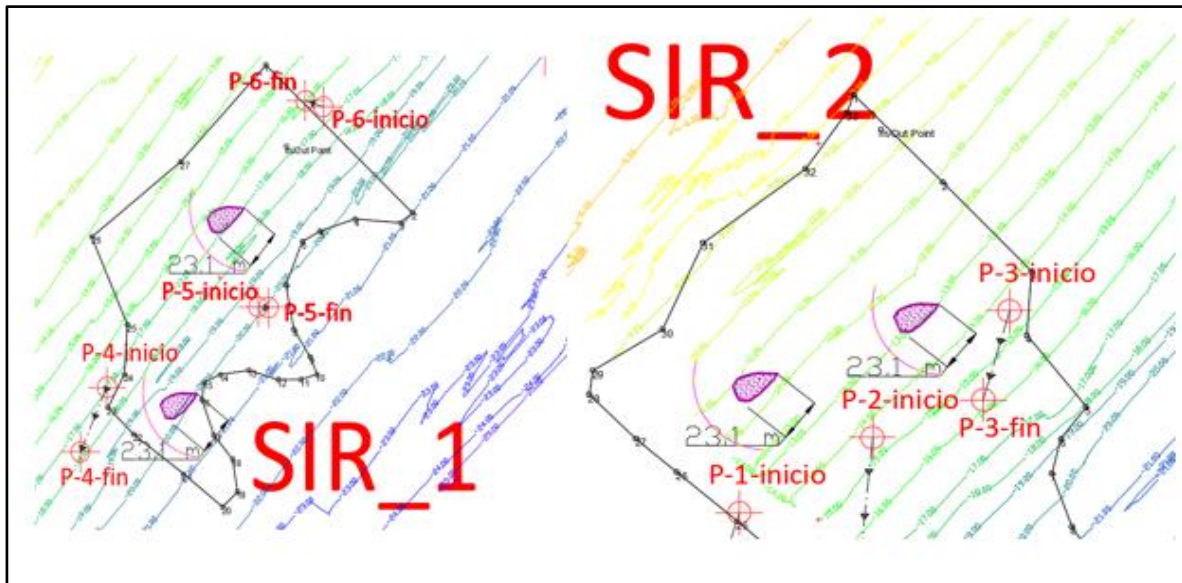
- **Colocación de cortinas antidispersión.** – Por la naturaleza y ubicación de las obras y actividades del Proyecto correspondientes al llenado de los tubos de geotextil de las estructuras de protección, la conformación de la duna costera, el relleno de playas, construcción de la caleta artificial y explotación de los bancos de arena; el material coloidal producto de la fricción entre las partículas arenosas se moverá y dispersará en la columna de agua de manera temporal. En una obra marina sin la instalación de mallas antidispersión, los finos en suspensión no se precipitan al fondo marino y pueden viajar grandes distancias, afectando grandes extensiones de ecosistemas marinos (Figura 2.34 a Figura 2.37).

**Figura 2.34.** Situación típica en obras por el movimiento de sedimento sin cortinas de dispersión.



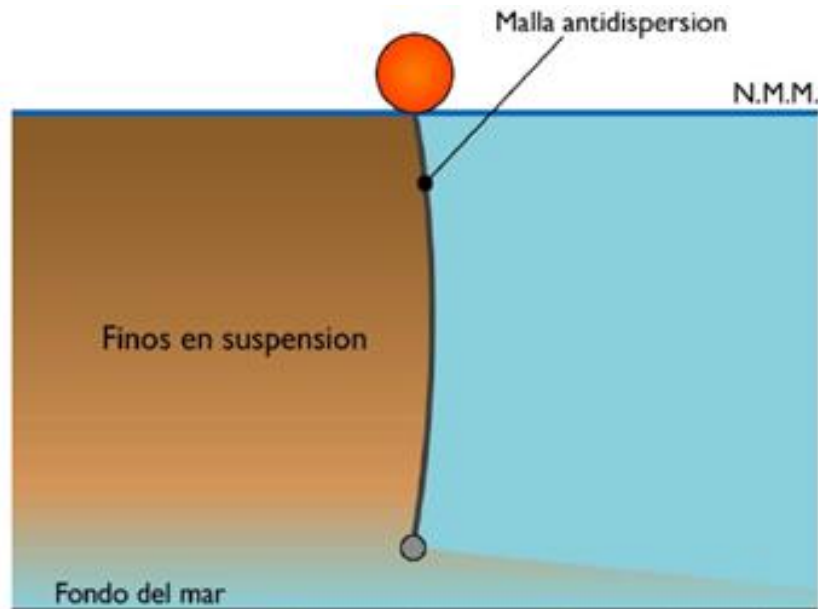
Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Figura 2.35.** Finos en suspensión controlados con cortinas/mallas antidispersión en los bancos SIR1 y SIR2.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Figura 2.36.** Finos en suspensión controlados con cortinas/mallas antidispersión.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

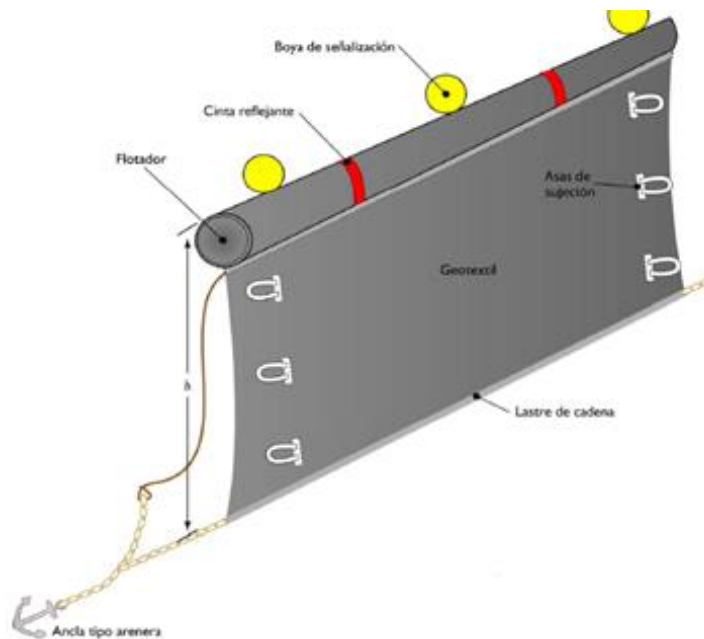
**Figura 2.37.** Ejemplos de cortinas antidispersión de finos.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

Para el Proyecto se utilizará una cortina antidispersión típica, conformada por un flotador, una malla antidispersión y un lastre (Figura 2.38), a continuación, se describe de manera breve cada elemento.

- **Flotador.** Se localiza en la parte superficial del mar y evita el hundimiento de la malla anti dispersión. Cuenta con cintas reflejantes y boyas de señalización.
- **Cortina o malla Antidispersión:** Está conformada por geotextil, se distribuye a todo lo largo de la columna de agua evitando la dispersión de los sedimentos y permitiendo el libre paso del agua. Cuenta con asas de sujeción.
- **Lastre:** Conformado de anclas y cadenas, mantiene la malla antidispersión en su sitio sobre el fondo marino.

**Figura 2.38.** Corte de una cortina antidispersión típica.

Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

Cabe destacar que, las cortinas antidispersión sólo se colocarán de manera temporal, de modo que no tendrán un impacto en la zona de colocación, además, se podrán reusar durante todo el Proyecto, lo que es favorable debido a que se pueden reubicar fácilmente. Asimismo, se señala que el haz de luz mínimo que tendrá el geotextil de las mallas anti dispersión será menor al de la granulometría de la arena presente en los bancos de material, evitando que su escape por los poros de la cortina.

A continuación, se describe de manera general el proceso que se seguirá para la colocación de las cortinas:

- **Armado de la cortina antidispersión:** Las cortinas se fabrican y se transportan en tramos de 20 metros de largo cada una, estas deben ser armadas en el sitio del proyecto, en un área libre de objetos puntiagudos que las puedan dañar o rasgar. Se unen unas con otras mediante las asas de sujeción, hasta obtener el largo requerido para cada sitio donde serán instaladas, posteriormente se colocan las cadenas de lastre y anclas en los extremos.
- **Traslado de la cortina antidispersión:** Ya armadas las cortinas, se colocan en las embarcaciones de apoyo, para ser transportadas a los sitios donde serán utilizadas para la contención de los sedimentos.
- **Colocación de la cortina antidispersión:** Una vez en el sitio indicado, se tira por la borda de la embarcación el ancla del extremo de la cortina mientras la embarcación se encuentra en movimiento sobre la ruta sobre la cual se instalará dicha malla, hasta que se encuentre en su totalidad en el agua suspendida de los flotadores. Todo el proceso



de colocación será supervisado por buzos especializados, para tener la seguridad, de que el geotextil no se retuerza y llegue hasta el fondo marino.

### 2.8.1.1. Obras y actividades provisionales

Por la naturaleza del Proyecto no se requiere de la construcción de obras ni actividades provisionales, por concepto de oficinas, comedores, instalaciones sanitarias, almacenes, vivero entre otras, debido a que se utilizará la infraestructura existente del DTGS. Asimismo, el aparcamiento y resguardo de maquinaria se realizará en las instalaciones del desarrollo en el patio de maniobras.

Sin embargo, durante la ejecución de la obra y con la finalidad de evitar la defecación al aire libre por parte de los trabajadores de la obra se colocarán sanitarios móviles, en sitios estratégicos en el área de trabajo, a razón de 15 sanitarios por empleado, estos recibirán su debido mantenimiento por empresas acreditadas y que se contratarán para tal fin.

Asimismo, se considera como obra temporal la creación de tarquinas que serán conformadas con la misma arena, como obra de apoyo para la construcción de la duna o los rellenos, sólo consiste en el acopio de arena previo a su acomodo en el área final.

La maquinaria se almacenará de manera temporal en el área de estacionamiento del DTGS, área actualmente en uso, ya desmontada, evaluada y que no requerirá ningún tipo de intervención para las actividades relacionadas con el proyecto.

Al interior del DTGS, se destinará un área desprovista de vegetación, se ha identificado una “zona de tiro”, señalada en la Figura 2.39, tiene una superficie aproximada de 4,390 m<sup>2</sup>.

Para el traslado de materiales producto de la excavación, se usarán las vialidades al interior del predio las cuales cuentan con previa autorización en materia de impacto ambiental. El traslado se realizará a través de volquetes, desde CA1 hasta la zona de tiro.

Parte de la roca producto de la excavación de la CA1, será empleada para la conformación de las estructuras de protección N2 y N3. El resto del material se almacenará temporalmente en la zona de tiro. El material que no se ocupa será triturado y utilizado para mantenimiento o se dispondrá como residuo de manejo especial a través del programa de manejo integral de residuos del SMGA.

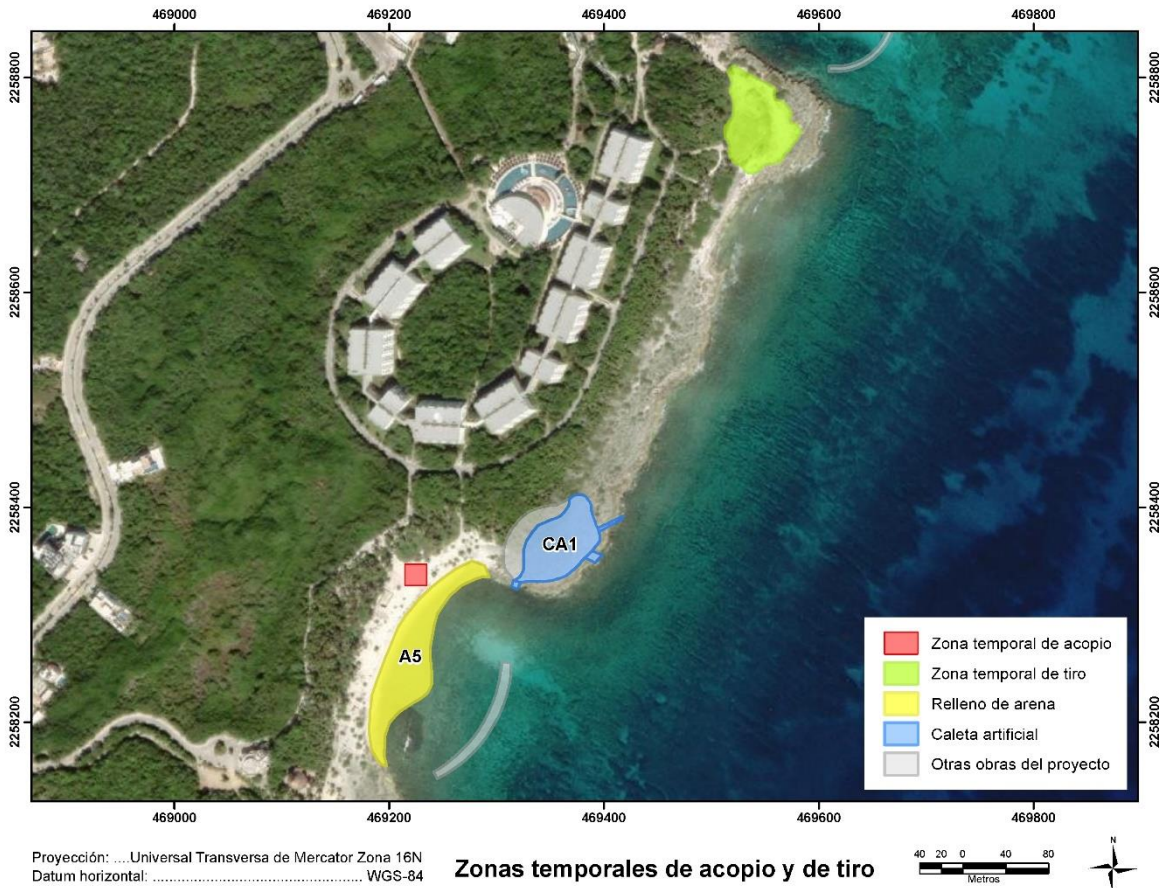
Cabe mencionar que la zona de tiro, es un área rocosa del mismo tipo que se excavará en CA1, además cuenta con autorización previa para la colocación de Sargazo a través del oficio 04/SGA/1082/19 (Anexo 2.3). El uso de esta área será de manera temporal.

Para la construcción de las estructuras de protección **C1**, se deberá contar con áreas temporales de trabajo en zona terrestre, en las cuales se colocará una bomba mecánica para bombear mortero, así como otros materiales y herramientas (ollas de concreto, mangueras, bombas, bolsas de textil, mortero) requeridos para la construcción de las estructuras, así como para la maniobra de camiones. Se contará con un área de acopio temporal en la Zona Centro y contará con un área de 20 m x 20 m que se utilizará para la construcción de la estructura **C1**. Estas superficies de aprovechamiento se asentarán en su mayoría sobre zonas desprovistas de vegetación, o con matorral costero. La vegetación existente se removerá de manera previa a su uso, se rescatarán aquellos ejemplares que sean susceptibles para su acopio temporal en el vivero del DTGS. Una vez concluida la etapa de construcción del Proyecto, se desocuparán estas áreas y se procederá

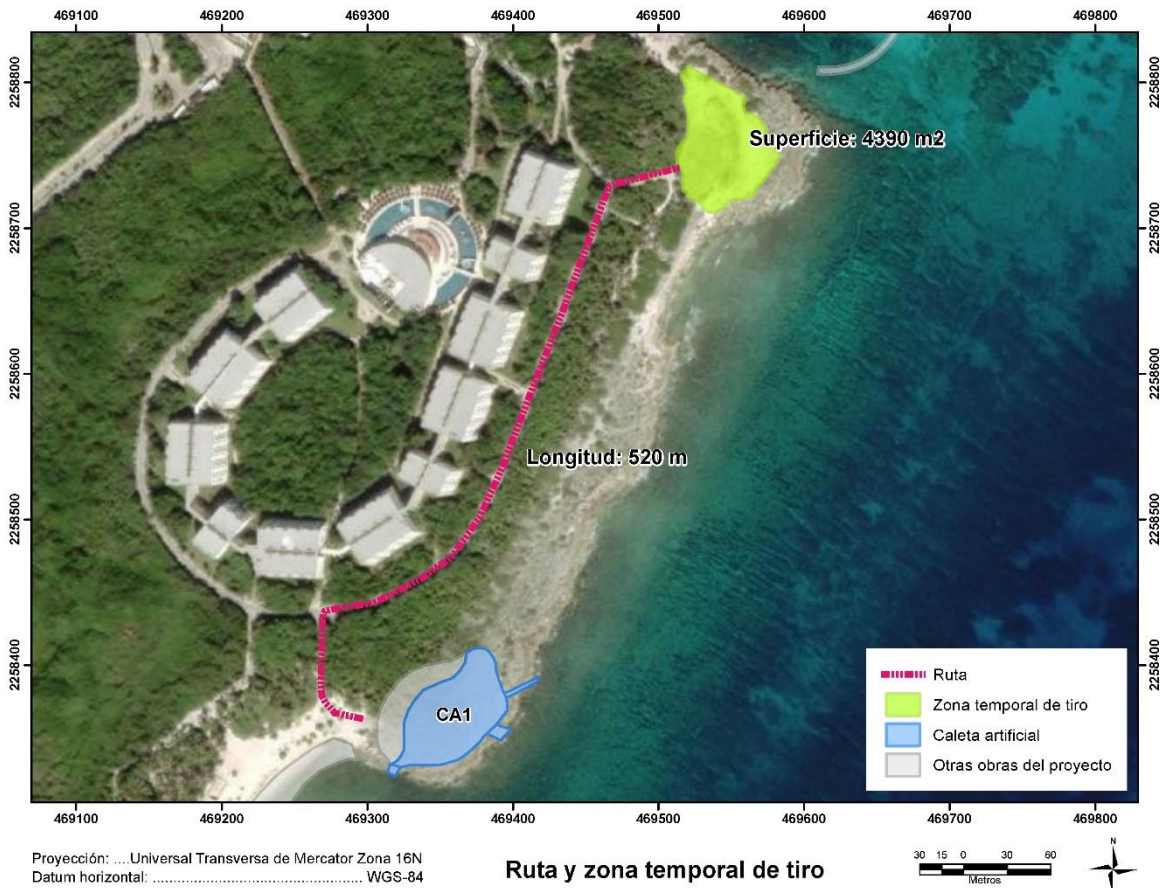
a su reforestación, para lo cual se usarán los ejemplares que fueron rescatados previamente de estas zonas (Figura 2.39).

La ruta por la que será trasladado el material tiene una longitud de 520 m (Figura 2.40). Asociado a esta área, se presenta la información de los Anexos 2.4 y 2.5, relacionados con los últimos monitoreos de la vegetación y la fauna en los sitios aledaños a las áreas en las que se desarrollará el Proyecto.

**Figura 2.39.** Superficies de aprovechamiento temporal para la construcción de C1.



**Figura 2.40.** Ruta de traslado de material desde la C1 a la Zona de tiro.



## 2.8.2. Etapa de construcción

A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo para la construcción de los diferentes elementos que componen al Proyecto por Zona.

### 2.8.2.1. Zona Norte

En esta Zona, primero se llevará a cabo la preparación del terreno en donde se realizará el relleno de playas, posteriormente se señalará el trazo del eje de la estructura **N1**, y se preparará el equipo de bombeo para colocar la arena proveniente de los bancos SIR-1 y SIR-2, dando pie a la conformación de la estructura **N1**, concluido este proceso se limpiará el sitio y se reubicará el equipo de bombeo. Se excavarán las tarquinas requeridas para el llenado de los tubos de geotextil de las estructuras **N2** y **N3**, las cuales se construirán previa señalización de su trazo y tendido de los geotubos y sus respectivos tapetes antisocavación, concluido este proceso se ejecutarán las labores requeridas para la conformación de la duna artificial y los rellenos de playa. Una vez que se hayan concluido las obras, se retirará el equipo de bombeo y se limpiará esta Zona del Proyecto, tanto en su parte terrestre como en la marina.

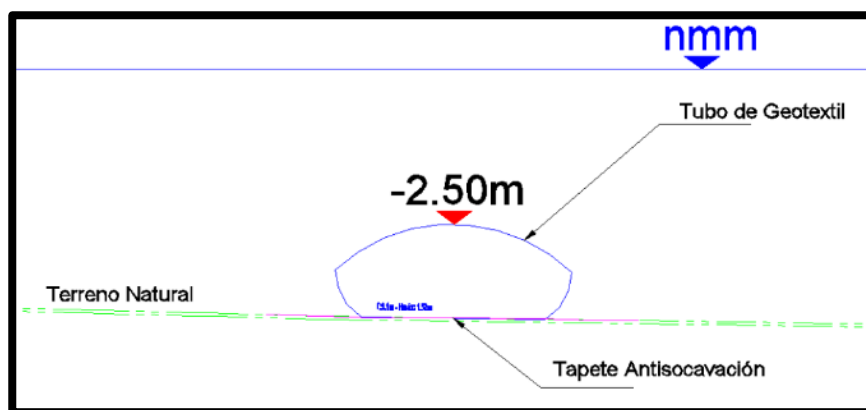
El proceso constructivo particular de cada uno de los elementos de la Zona Norte se presenta a continuación.

#### 2.8.2.1.1. Estructura de Protección: N1

- a. Colación de cortinas antidispersión: Se colocará la cortina antidispersión alrededor del área de trabajo, se colocarán con boya en la superficie y con un lastre en la parte inferior para asegurar que siempre estén extendidas, lo que evitará que los sólidos en suspensión viajen por efecto de las corrientes a otras áreas del SAR.
- b. Colocación de tapete anti socavación y tendido de los tubos de geotextil: Ya que los ejes y vértices están marcados y con la manguera de bombeo en el sitio se procede a extender inicialmente el tapete anti-socavación, para lo cual se usan rocas grandes como lastre sobre las esquinas del tapete o se sujeta a varillas clavadas en la arena o en la roca del fondo marino, a continuación, se extiende el geotextil sobre el tapete y se procede con su llenado como se explica en el siguiente punto.
- c. Llenado de los tubos de geotextil: Una vez extendidos los geotubos sobre los tapetes anti socavación se procederá a conectar la manguera de llenado a la boca de alimentación y a sellarla. Una vez asegurada, se encenderá la bomba y se procederá al llenado de los tubos hasta alcanzar la altura de diseño de -2.50 msnmm. Debido a que el relieve marino varía en su profundidad, se deberá rellenar los tubos de geotextil de manera que todos coincidan con la altura de diseño del Proyecto, por lo que no todos los tubos que integran la estructura N1 tendrán la misma cantidad de arena (Figura 2.41).

Concluidos los trabajos de relleno se deberá corroborar el nivel de la corona de la estructura con equipo de batimetría o de topografía, con la finalidad de asegurar su funcionamiento como estructura de contención, así como su estabilidad durante eventos de tormenta.

**Figura 2.41.** Sección tipo de Estructura de Protección a base de tubos de Geotextil (N1).



Fuente: Tecnoocéano. Anexo 2.2.

- d. Colocación de las tapas de los tubos de geotextil: Una vez que se verificó el nivel de las estructuras se retirarán las mangueras de llenado, y se procederá con el amarrado de la camisa de la boca de llenado y se colocarán tapas con tornillos para asegurar que no se escape el relleno (Figura 2.42).



**Figura 2.42.** Cerrado de las bocas de llenado con tapa atornillada.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

- e. Llenado del tubo de anclaje con arena: Como último paso se llenará con arena el tubo de anclaje que está unido al tapete anti socavación usando una bomba sumergible y una boquilla de dos pulgadas. Una vez lleno todo el tubo que rodea al tapete se suturarán las bocas de entrada de arena para que esta no salga.
- f. Reubicar el equipo de bombeo.
- g. Limpieza del sitio. Se incluye la limpieza en zonas de bombeo, material sobrante, tubos de geotextil inservibles y excesos de material cortado.
- h. Reubicación de cortinas antidispersión. Una vez completados los trabajos y los sólidos suspendidos en el líquido se hayan sedimentado se deberá proceder a reubicar la cortina a la siguiente zona de bombeo.

#### 2.8.2.1.2. Estructura de Protección de Geotextil en Núcleo y Roca de Coraza: **N2 y N3**

- a. Excavación y preparación de tarquinas: Las tarquinas son excavaciones cuadradas de 8 m x 8 m y 1.5 m de profundidad que se colocarán en zonas de menor afectación a las actividades normales de la playa. Dentro de ellas se verterá arena proveniente de los bancos SIR-1 y SIR-2 con ayuda de maquinaria pesada y agua proveniente del mar con ayuda de una bomba sumergible colocada en la orilla del mar. Simultáneamente se colocará una bomba sumergible dentro de las tarquinas para bombear arena a los tubos de geotextil que conformarán a las estructuras de protección N2 y N3, en una proporción aproximada de 30% arena y 70% agua para ser transportada por la manguera hasta el



interior de los tubos de geotextil (Figura 2.43 y Figura 2.44). Este sistema ayudará a evitar la dispersión descontrolada de sedimentos dentro de la Caleta Norte. Las tarquinas (TA), que se implementarán como obra de apoyo para la construcción de las estructuras de protección N2 y N3, estas obras se realizarán dentro de la superficie que ocuparán los rellenos de playa correspondientes a la zona donde se realizará el elemento de que se trate.

**Figura 2.43.** Excavación de la tarquina y colocación de la bomba sumergible en su interior.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Figura 2.44.** Colocación de la segunda bomba sumergible en el mar para bombear agua hacia la tarquina y poder hacer la mezcla de agua y arena.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

- b. Colocación de las cortinas antidispersión: del mismo modo que como se describió para la estructura N1, se colocará las cortinas antidispersión alrededor de las estructuras N2 y N3.

- c. Colocación de tapete anti socavación y tendido de los tubos de geotextil: Con ayuda de maquinaria se aplanará y nivelará una franja en la que se colocarán los tubos de geotextil, para que no rueden al ser llenados (Figura 2.45). Una vez que la superficie de desplante esté lista se colocará un liner impermeable y se extenderán sobre este los tubos de geotextil (Figura 2.46); ya preparado el terreno y trazados los ejes de las estructuras N2 y N3, se procederá con la colocación de los tapetes anti socavación y los tubos de geotextil, siguiendo el mismo proceso descrito para la estructura N1.

**Figura 2.45.** Nivelación y aplanado de la superficie de desplante.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

**Figura 2.46.** Tubo de geotextil sobre "liner" en la superficie de desplante.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

- d. Llenado de los tubos de geotextil: Siguiendo el mismo principio que para la estructura N1 se llenan los tubos de geotextil que conformarán el núcleo de la estructura, hasta a penas alcanzar la elevación necesaria para el diseño (Figura 2.47).

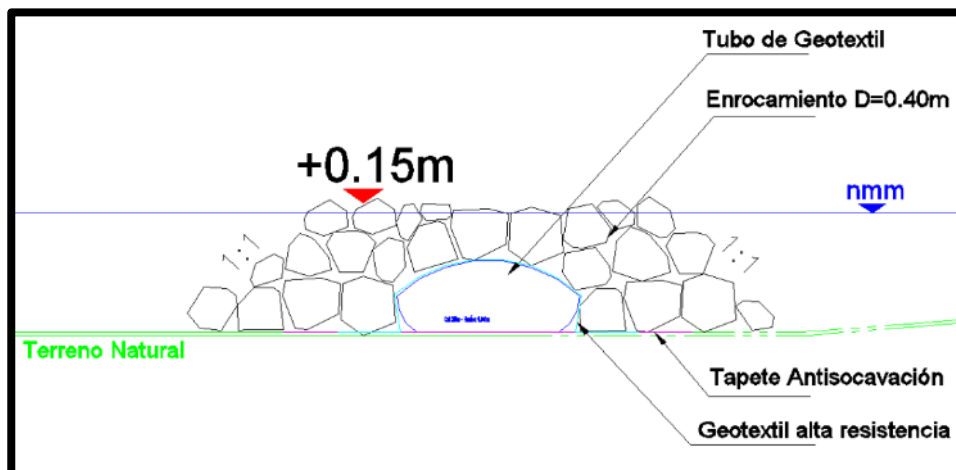
**Figura 2.47.** Llenado de tubos de geotextil.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

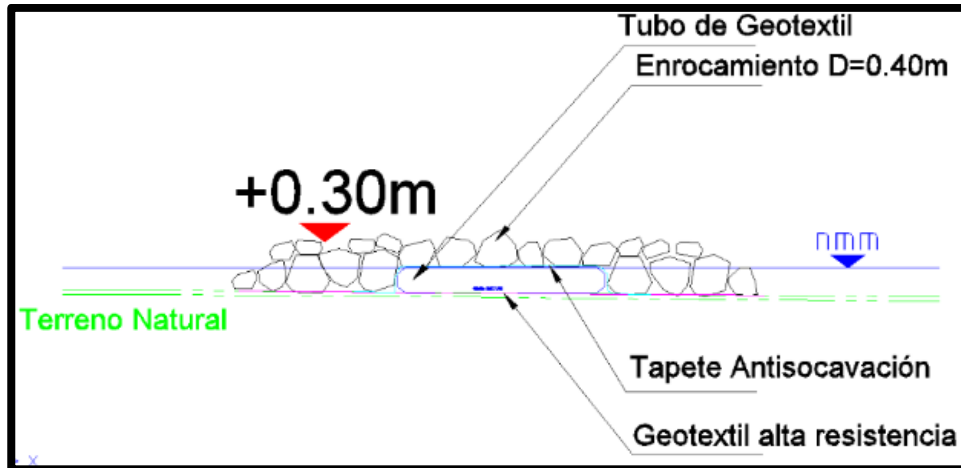
- e. Colocación de las tapas de los tubos de geotextil: Una vez que se llenaron los tubos hasta la altura del diseño de las estructuras se retirarán las mangueras de llenado, y se procederá con el amarrado de la camisa de la boca de llenado y se colocarán tapas con tornillos para asegurar que no se escape la arena.
- f. Colocación de elementos de cobertura: Sobre los tubos se colocará un geotextil de alta resistencia como medida de protección ya que sobre estos se colocarán rocas que pudieran llegar a dañarlos. Estas rocas, que provendrán de la excavación de las caletas artificiales, conformarán la coraza que se implementara con fines estéticos sobre las estructuras de protección, tendrán un diámetro de 40 cm y se colocarán sobre el geotextil hasta alcanzar la altura de +0.15 msnmm para N2 y de +0.30m para N3, así como un talud de 1:1 (Figura 2.48 y Figura 2.49).

**Figura 2.48.** Estructura de Protección Costera N2.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

Figura 2.49. Estructura de Protección Costera N3.



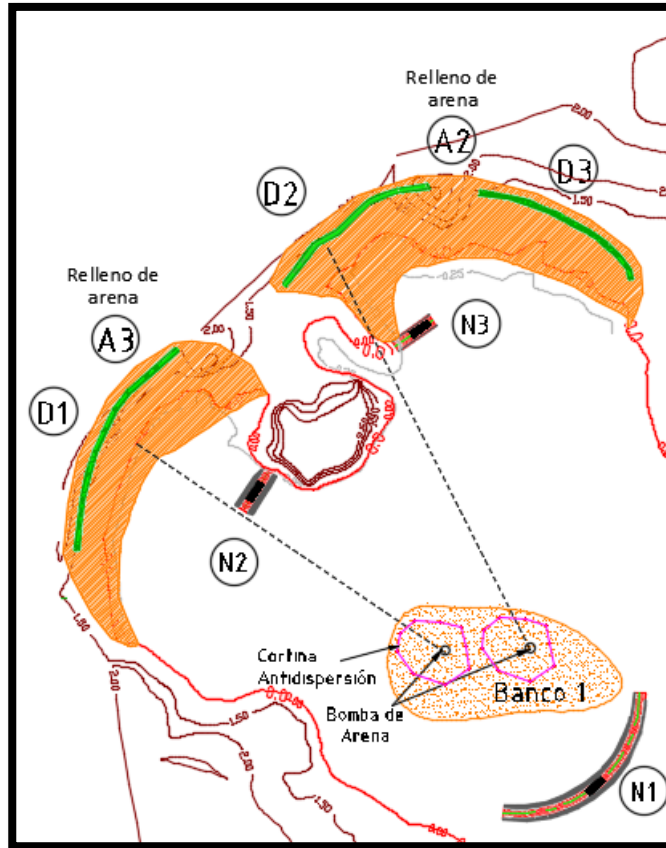
Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

#### 2.8.2.1.3. Duna artificial: D1, D2 y D3

- a. Trazo de eje de duna: Con ayuda de equipo de topografía y estacas se marcará el eje de las dunas D1, D2 y D3. Las estacas señalarán el nivel requerido en la cresta de la zona determinada como Duna de manera que se alcance la altura de diseño de +2.80 msnmm.
- b. Excavación y preparación de tarquinas: Del mismo modo que para la construcción de las estructuras N2 y N3, se requerirá del uso de tarquinas como obra de apoyo para la construcción de las dunas artificiales (ver descripción en apartado anterior). Su ubicación será temporal sobre la superficie de cada relleno de playa (Figura 2.50).

Cabe mencionar que durante la conformación de esta obra se colocarán cortinas antidispersión en el frente de trabajo para evitar que se propaguen los sedimentos en suspensión provocados por el uso de las tarquinas y el llenado de los tubos.

**Figura 2.50.** Proceso constructivo de Duna Artificial, Bombeo, acumulación y reforestación.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

- c. Llenado de tubos de geotextil: Una vez nivelado el terreno a 1.5 m sobre el nivel medio del mar y compactado, se colocará el tapete anti socavación para evitar que la superficie de desplante se deslave al llenar los geotubos. Se extenderá el primer geotubo (D1) sobre la superficie preparada, se sujetará al terreno para evitar que ruede, se le conectará la manguera de descarga de la bomba a la boca de llenado, se encenderá la bomba y se iniciará el llenado (Figura 2.51 y Figura 2.52).

Cuando el geotubo alcance la altura máxima de 1.00m se detendrá el llenado (mejor conocido como hidrollenado), se extenderá el siguiente geotubo (D2, D3) y se iniciará el llenado de éste, y así sucesivamente hasta terminar toda la línea de duna. Cuando esto suceda se procederá a llenar con arena el tubo de anclaje del tapete anti socavación. Después de llenado y terminado un geotubo, las bocas de llenado deberán ser cerradas con una tapa de plástico atornillada.



**Figura 2.51.** Hidrollenado del tubo geotextil a partir de la mezcla de agua y arena proveniente de la tarquina.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

**Figura 2.52.** Llenado del lastre del tapete antisocavación.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

En total, la duna artificial se conformará por 14 (13.75) tubos de geotextil de 20 m cada uno, rellenos con 470.25 m<sup>3</sup> de arena en total.

Recubrimiento del tubo de geotextil con arena: Una vez llenados los tubos se cubrirán de arena. El grosor de arena sobre la parte más alta de la duna será de 30cm para alcanzar finalmente la elevación de diseño de 1.30m (Figura 2.53).

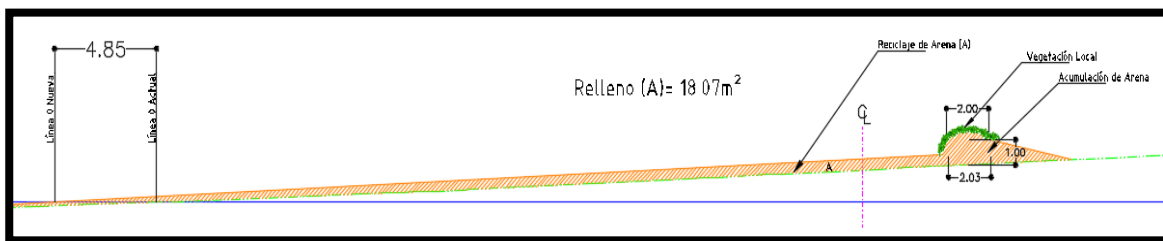
**Figura 2.53.** Tubo de geotextil a ser cubierto con arena.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2.

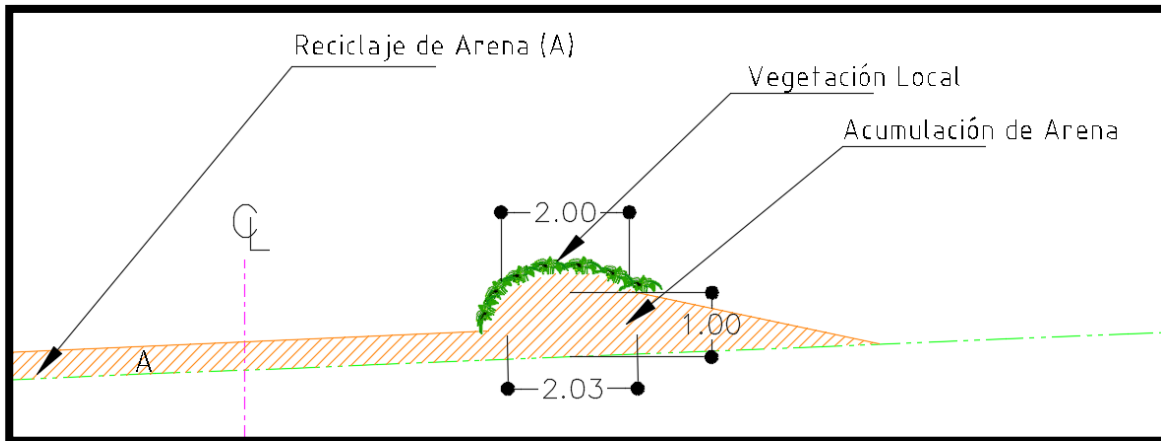
- d. **Tapado de tarquinas:** Ya que se terminen todas las obras que involucran el llenado de los tubos de geotextil (N2, N3, D1, D2 y D3), se procederá a tapar las tarquinas con el material que se haya removido de ellas (Figura 2.54).

**Figura 2.54.** Sección Tipo de Duna y Relleno de Arena.



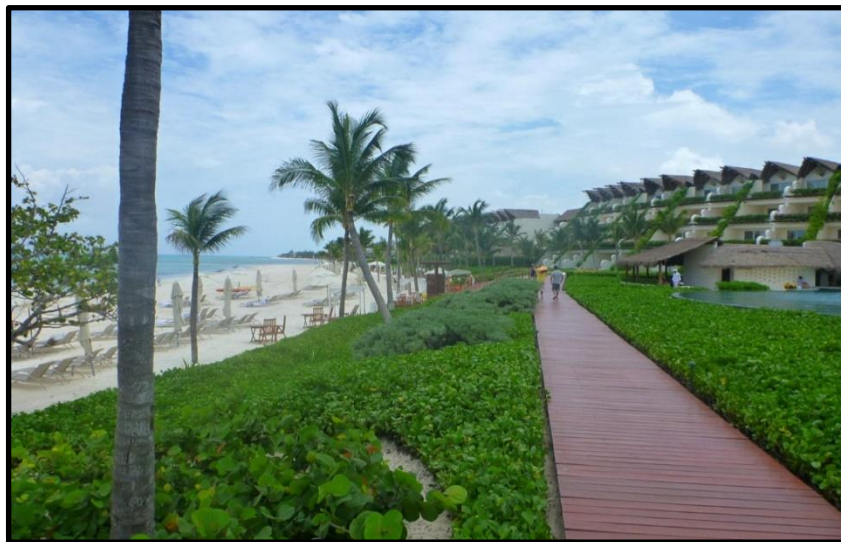
- e. **Limpeza general.** Se retirará la tubería usada para el transporte de arena, se retirarán las bombas sumergibles, las cortinas antidispersión y toda la maquinaria, equipo, materiales y herramienta usados en la obra y se limpiará la playa. Se tendrá extremo cuidado de no tirar líquidos contaminantes o dejar objetos que no pertenezcan a la playa.
- f. **Forestación de la duna.** Uno de los objetivos de la forestación de la duna será que permitirá la estabilización de la arena a través del entramado de raíces de especies pioneras y arbustivas bajas, las cuales incorporarán nutrientes al suelo, mejorarán la capacidad de retención de humedad, estabilizarán la temperatura del suelo y favorecerán el establecimiento de microorganismos como hongos y bacterias (Moreno-Casasola *et al.* 2010), aumentando la biodiversidad de la zona y generando nuevos servicios ambientales y de manera especial, se disminuirá la erosión durante las temporadas de tormentas y huracanes (Figura 2.55 y Figura 2.56).

**Figura 2.55. Detalle de la duna.**



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

**Figura 2.56. Duna forestada.**



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2.

La forestación de la duna se realizará con especies provenientes de las acciones de rescate en los diferentes frentes de trabajo del proyecto u obtenidas a partir de propagación sexual o vegetativa, las cuales se encontrarán en el vivero del DTGS. En caso de que los ejemplares obtenidos por medio del rescate no sean suficientes para la forestación, serán adquiridas plantas de las especies seleccionadas, en viveros comerciales debidamente autorizados.

Las plantas se mantendrán en el vivero hasta el momento de su trasplante a la duna, en bolsas de polietileno de tamaño adecuado, rellenas con arena que se obtendrá de predio del DTGS. Las plantas deberán ubicarse en un área del vivero protegida del viento. Algunas especies deberán ubicarse en un área soleada, mientras que otras deberán colocarse bajo media sombra, para lo cual se buscará el sitio más apropiado dentro del vivero. Todas deberán regarse abundantemente con agua dulce para favorecer su desarrollo y con salobre para favorecer su adaptación a la duna. El agua de riego será suministrada por el

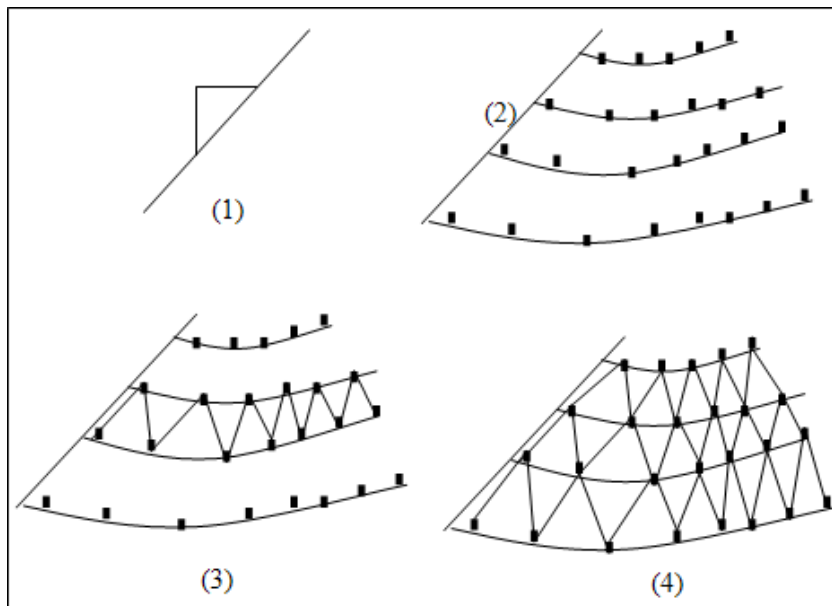
sistema del DTGS. El riego se realizará de acuerdo con la temporada, en la temporada de secas se requiere riego diario y aclimatación progresiva. En la temporada de lluvias, si estas son frecuentes, no se necesita riego.

El proceso de forestación iniciará con el trazo, delimitación y protección de las zonas a forestar; esto se realizará colocando alambre o malla de tal forma que se evite el paso de personas, animales o vehículos. Asimismo, se colocarán señalizaciones claras que prohíban el paso e informen sobre las labores que se llevan a cabo en el área, todas estas actividades deberán realizarse antes de trasplantar los ejemplares a la zona de duna.

Antes de iniciar, se retirarán del sitio los residuos como plásticos, vidrio, objetos de metal, etc. Estos desechos serán dispuestos en los contenedores asignados para ello y posteriormente enviados a sitios autorizados para su disposición final.

Una vez protegida y limpia el área, se procederá al trasplante de los ejemplares de especies rastreras en pocetas de 10 cm de profundidad, con una separación entre ellas de 1 m. Las pocetas deberán alinearse en disposición tresbolillo y las diferentes especies se colocarán en agregados de acuerdo con el diseño de jardinería que corresponda a cada fase de la duna artificial. Para aumentar el éxito de la forestación, el trasplante deberá realizarse al inicio de la temporada de lluvias (Figura 2.57).

**Figura 2.57.** Disposición tresbolillo en la que se colocarán las plantas de especies rastreras durante la forestación de la duna del proyecto. 1) Marcado de distancias entre hileras a nivel; 2) marcado de distancias entre plantas; 3) marcado de los sitios de la siguiente hilera con un cordel; 4) plantación completa en disposición tresbolillo. (Tomado de <http://www.adrural.com/PlanConservacionSuelos.html>, 13 de febrero de 2012).



A cada ejemplar se le deberá retirar cuidadosamente la bolsa de polietileno procurando que no se desmorone el sustrato que rodea a las raíces. Las raíces se colocarán en la poceta y se cubrirán con arena del sitio; los estolones y rizomas también deberán enterrarse por lo menos 3 cm bajo la arena. Inmediatamente después del trasplante, los ejemplares deberán regarse con agua dulce o salobre de forma abundante y compactar ligeramente la arena que los cubre.

Una vez terminadas las labores de trasplante, la arena entre los ejemplares deberá cubrirse con una capa de sargazo, restos de pastos marinos o “acolchado”, de 1 cm de grosor, tomada de la misma zona del Proyecto, cuidando que no cubra las partes verdes de los ejemplares. Esta capa evitará la erosión de la arena y la pérdida de humedad del sustrato. Los ejemplares deberán regarse cada dos días durante el mes y medio siguiente. Las bolsas para vivero sobrantes serán dispuestas de la misma forma que el resto de los desechos inorgánicos generados durante el desarrollo del proyecto.

Durante los primeros tres meses se deberán realizar revisiones constantes del estado de las plantas y en caso necesario reponer los ejemplares muertos o muy dañados con otros de la misma especie.

Una vez terminadas las obras y actividades anteriores, se realizará el enriquecimiento y consolidación de la funcionalidad de la duna, de manera que se fortalezca la estabilidad de la geoforma. Esta actividad comenzará preferentemente 3 meses después de la forestación de la duna previamente descrita.

Es importante destacar que los métodos de reforestación propuestos pueden cambiar si se determina en el futuro algún otro método que resulte del interés de la empresa promovente o que se requiera por necesidades detectadas durante el trabajo en campo y siempre y cuando el nuevo método mantenga o mejore las características funcionales de la reforestación propuesta.

Las especies que se usarán para la forestación de la duna son *Ambrosia hipsida*, *Batis marítima*, *Ipomoea pes-caprae*. Las especies seleccionadas se encuentran en el área en donde se pretende implementar el Proyecto, las cuales se obtendrán a partir de la propagación asexual o vegetativa de manera previa al inicio de obras. Si se considera una densidad de 2 ind/m<sup>2</sup> para la reforestación con plantas rastreras, se estima que se requieran aproximadamente 1,100 individuos. Este número podría incrementarse, será hasta que se cuente con el área definitiva a ser reforestada que se determinará el número real de ejemplares a utilizarse. Estas especies podrán ser sustituidas por otras en la reforestación, siempre y cuando sean especies nativas que cubran las necesidades funcionales de la reforestación propuesta.

Si el trasplante se realiza en época de lluvias no será necesario regar hasta que haya pasado un mes sin que haya llovido. Si, por el contrario, el trasplante se realiza durante la época de secas se deberá regar abundantemente de forma inmediata y diaria al menos las primeras dos semanas para evitar la muerte por desecación; posteriormente pueden regarse en días alternos durante el mes siguiente e irse espaciando el riego progresivamente para favorecer la adaptación de la planta. Se recomienda el riego con agua dulce para aprovechar al máximo la capacidad de absorción del hidrogel y para favorecer el desarrollo de la planta, hacia la temporada final de riego cuando inicien las primeras lluvias, el riego puede hacerse con agua salobre. En caso de regar con agua salobre durante todo el proceso el riego deberá ser constante hasta que llegue el periodo de lluvias continuas.

Se realizarán podas periódicamente durante los primeros 6 meses en toda el área reforestada para evitar plagas y detectar individuos enfermos. Posteriormente, esta labor solo se realizará en las zonas que lo requieran, ya sea por estética o seguridad, como son las áreas que bordean caminos o los asoleaderos.



Para proteger la duna se colocarán letreros que indiquen las áreas de paso y descanso y se restrinja el paso sobre la duna.

g. Limpieza general.

2.8.2.1.4. *Relleno de playa: A2 y A3*

- a. Preparación del equipo. Se transportará una bomba de al menos 60 hp para la extracción de arena, para llevar a cabo esto, se colocan flotadores a la bomba y se jalará con una embarcación menor hasta el banco de arena, ahí se desciende hasta el fondo y se acuesta sobre la arena. A continuación, se extiende el cable de alimentación de energía eléctrica y la manguera de transporte de arena. Como ya se mencionó antes, estas bombas son sumergibles, selladas y libres de mantenimiento, por lo que son totalmente inofensivas al medio ambiente (Figura 2.58). Los detalles técnicos de la bomba se pueden consultar en el Anexo 2.2.

**Figura 2.58.** Bomba sumergible Toyo para bombear agua y arena.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- b. Colocación de cortinas antidispersión. Se extienden las cortinas en un semicírculo pequeño alrededor del área de trabajo, este semicírculo se moverá hacia donde se tenga la pichancho absorbiendo arena.
- c. Bombeo de arena hacia la playa. Una vez que todo esté en orden se iniciará el bombeo, el procedimiento consiste en tener cuatro personas a cargo de la operación, uno en una embarcación de apoyo, dos buzos en el fondo y uno más en la playa a cargo de encender el interruptor de la bomba y colocar la salida de la manguera en diferentes sitios para acumular arena.
- d. Vertido de arena en playa: Una vez terminadas las estructuras de protección y los tres segmentos de la duna costera se iniciará el relleno de las playas A2 y A3 con arena proveniente del de los bancos SIR-1 y SIR-2. Se colocará la manguera conectada a las bombas de extracción en diferentes sitios para acumularla arena, posteriormente, se esparcirá sobre la duna y a lo largo de las playas hasta ensancharla entre 5 y 7 m con un talud de 10 a 1, para lo cual se emplearán 5,996.80 m<sup>3</sup> de arena.
- e. Remoción de Cortinas antidispersión. Una vez que se haya extraído la arena del banco se retiraran las cortinas.

- f. Retiro de la bomba. La bomba sumergible será retirada una vez extraída la arena del banco marino autorizado.
- g. Acabado final: Mediante el empleo de un rastrillo el personal de la obra dará el acomodo final de la arena de las playas y realizará la limpieza general del área de trabajo.

Para mayores detalles de las maniobras y procesos necesarios para la extracción arena de bancos marinos lejanos, se puede consultar el apartado 10 del Anexo 2.2.

#### 2.8.2.2. Zona Centro

Mientras en la Zona Norte se llevan a cabo las obras para la construcción de las estructuras de protección, en la Zona Centro se dará inicio a la demolición de la roca y excavación de la caleta artificial **CA1**. Una vez concluida la conformación del área inundable de la caleta, se ejecutarán las acciones para la construcción de la estructura C1, y posteriormente se realizará el relleno de la caleta y de la playa A4 con arena proveniente de los bancos marinos SIR. Finalizadas las obras y actividades de la Zona Norte y Zona Centro se procederá con la apertura de las bocas de la CA1 y la correspondiente limpieza del sitio. La descripción a detalle de la construcción de las obras de la Zona Centro se indica a continuación.

##### 2.8.2.2.1. Estructura de protección: **C1**

- a. Preparación del equipo de mortero: Para llenar el bolsacreto con mortero se extenderá una manguera de hule desde la playa hasta el inicio del eje de la estructura de protección. La parte de la manguera que se encuentre en la playa estará conectada a una bomba de mortero en una zona de trabajo designada previamente de 20 m por 20 m, la cual estará preparada para recibir ollas de mortero que lleguen de fuera y se conecten a la bomba. La manguera permanecerá hundida y sujeta al fondo marino. La salida de esta manguera permanecerá sellada hasta que se conecte a la boca de entrada del bolsacreto. La ubicación del área de bombeo 2 se presenta en la Figura 2.59.

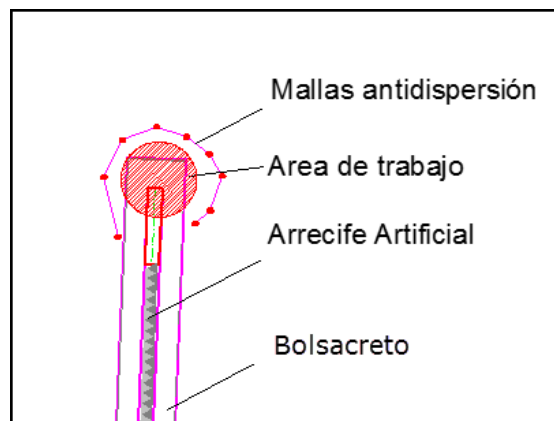
**Figura 2.59.** Área de bombeo de mortero para la construcción de la estructura C1, así como ubicación de la cortina antidispersión en el área de trabajo.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- b. Trazo del eje de la estructura de protección C1. Con ayuda de un GPS de alta precisión, boyas, cabos y lastre, se indica la posición del eje, para poder extender las bolsas sobre este.
- c. Colocación de cortinas antidispersión: Del mismo modo que para las obras de la Zona Norte, se colocará una cortina antidispersión alrededor del área de trabajo que evitará que los sólidos en suspensión viajen por el efecto de las corrientes a otras áreas del SAR (Figura 2.60). Los datos con respecto a las corrientes obtenidas y a un estudio de laboratorio acerca de la velocidad de sedimentación se pueden consultar en el Anexo 2.2 apartado 10.

**Figura 2.60.** Diagrama que ilustra la forma de colocar las cortinas antidispersión en las áreas de trabajo durante la construcción de la estructura de protección C1.

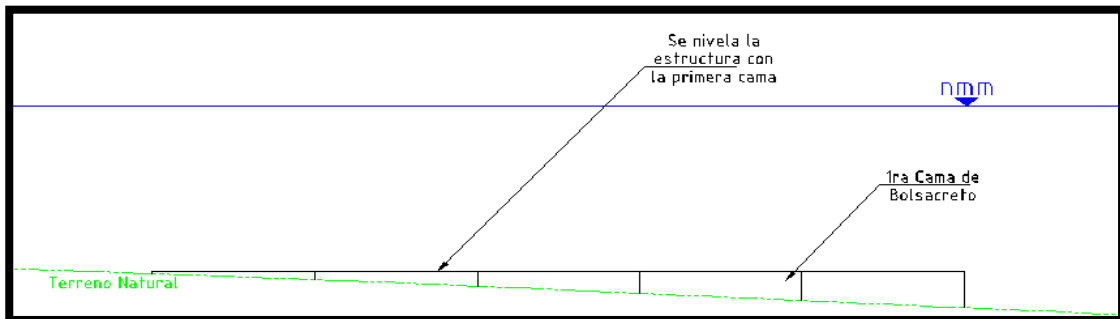


Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- d. Llenado con mortero de las camas de bolsacreto: Una vez extendida la primera cama de bolsacreto sobre su tapete anti socavación se procederá a conectar la manguera de llenado a la boca de alimentación de la primera bolsa y a sellarla. Después se pedirá al personal de tierra que encienda la bomba de mortero y se procederá a llenar el bolsacreto. La bolsa es totalmente impermeable de manera que el mortero permanecerá adentro. Cuando la bolsa esté completamente llena se detendrá el bombeo, se sacará la manguera del bolsacreto y se sellará amarrándola con un cabo. Después se extenderá la siguiente bolsa sobre su respectivo tapete antisocavación y se sujetará al fondo, se conectará la manguera a la boca de llenado, se sellará y se iniciará el bombeo hasta completarse el llenado para detener el bombeo. Este proceso continuará hasta terminar con la primera cama de bolsas de bolsacreto requeridas para cubrir la base de la estructura de protección piramidal (Figura 2.61).

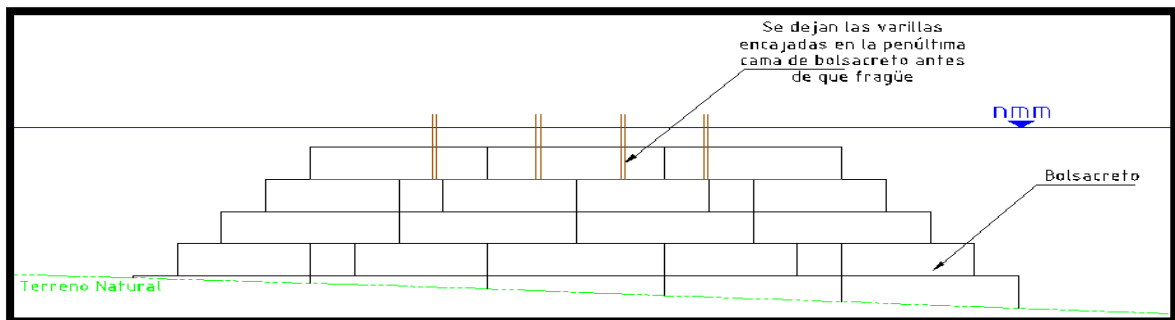
El bolsacreto se dejará fraguar por un día y después se extenderán sobre él la siguiente cama de bolsas de bolsacreto, para llenarse con mortero de la misma manera descrita anteriormente, las camas subsecuentes se deberán acomodar de manera que se forme una estructura piramidal. Una cama antes de llegar a la corona y previo al fraguado del mortero, se colocarán varillas de cortante de hasta 40 cm, una vez fraguada la penúltima cama, se deberá proseguir con la inserción de la última cama de bolsacreto a través de la varilla de cortante y se rellenará con mortero, de este modo se evitarán deslizamientos laterales de los dos últimos niveles de bolsacreto (Figura 2.62). Una vez alcanzada la altura adecuada del bolsacreto (+0.15 m) se detendrá el bombeo y se dejará fraguar (Figura 2.63 y Figura 2.64).

**Figura 2.61.** Colocación de la primera cama de bolsacreto de la estructura de protección C1.



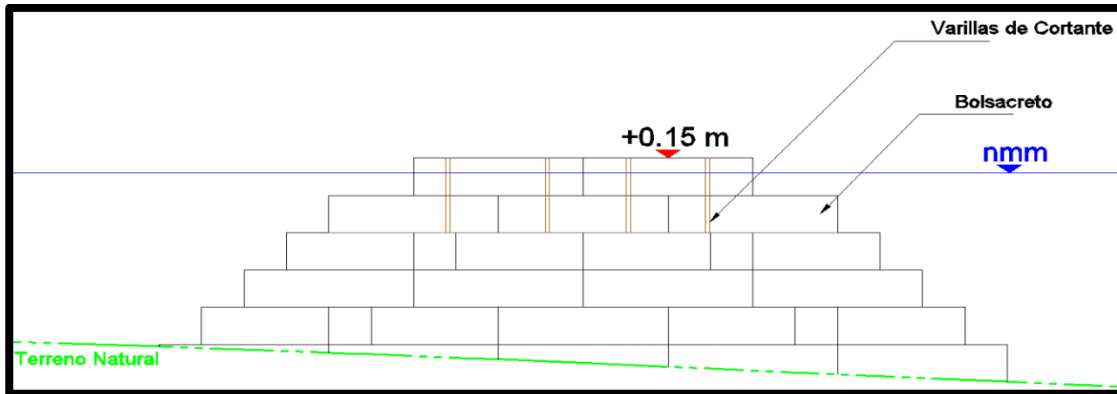
Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

**Figura 2.62.** Colocación de varillas en la penúltima cama previo al fraguado del mortero.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

**Figura 2.63.** Corte de la estructura de protección piramidal C1 con talud 1:1.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.64.** Apariencia final de una estructura de protección construida con bolsacreto.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

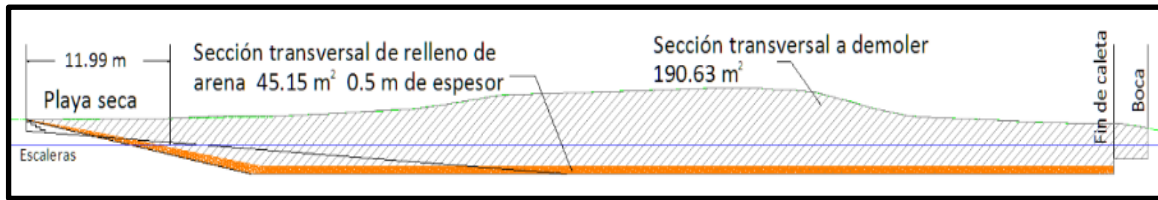
#### 2.8.2.2.2. Proceso Constructivo de la Caleta artificial: CA1

- a. Demolición de roca y excavación de caleta: Mediante el uso de retroexcavadoras con martillo hidráulico tipo Caterpillar serie 325B o mayor, se demolerá la roca del área previamente delimitada y se retirará con una cuchara, este proceso seguirá hasta alcanzar la cota de los -2.00 m (Figura 2.65). El volumen de excavación será de 56,520 m<sup>3</sup>, este material se acopiará en un área de aprovechamiento temporal, hasta determinar su uso final por la empresa promotora o su disposición final en los términos establecidos por la Autoridad; una parte de la roca será utilizada para la construcción de las estructuras N2 y N3.

Las bocas de la caleta se mantendrán cerradas hasta el final, para evitar el contacto con el mar y la dispersión de sedimentos (Figura 2.66).



**Figura 2.65.** Sección transversal de CA1 en la estación 0+120.00.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.66.** Uso de maquinaria para la demolición y excavación de las caletas.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- b. Relleno de arena: Una vez retirado el material de excavación, se llenará la caleta con arena proveniente de los bancos SR la cual será transportada vía acuática, desde el banco hasta el área de la caleta. Una vez que la arena se encuentre dentro de la caleta, se esparcirá mediante el uso de una bomba sumergible pequeña con potencia de 20 hp a todo lo largo y ancho de las caletas de manera uniforme, hasta alcanzar un grosor de la capa de arena de 50 cm.
- c. Colocación de cortinas antidispersión: Se colocarán cortinas antidispersión a la salida de cada boca de la caleta que evitará que los sólidos en suspensión viajen por el efecto de las corrientes del interior de la caleta a otras áreas del SAR.
- d. Corte de bocas: Ya que se hayan colocado las cortinas antidispersión y verificando que la arena se haya depositado de manera uniforme en el fondo de la caleta, se procederá a la apertura de las bocas mediante el empleo de un martillo neumático manual, hasta lograr una profundidad de los canales de 1.0 m. En la Figura 2.67 se muestra un ejemplo de la boca de una caleta ya terminada.

**Figura 2.67.** Boca terminada de una caleta.



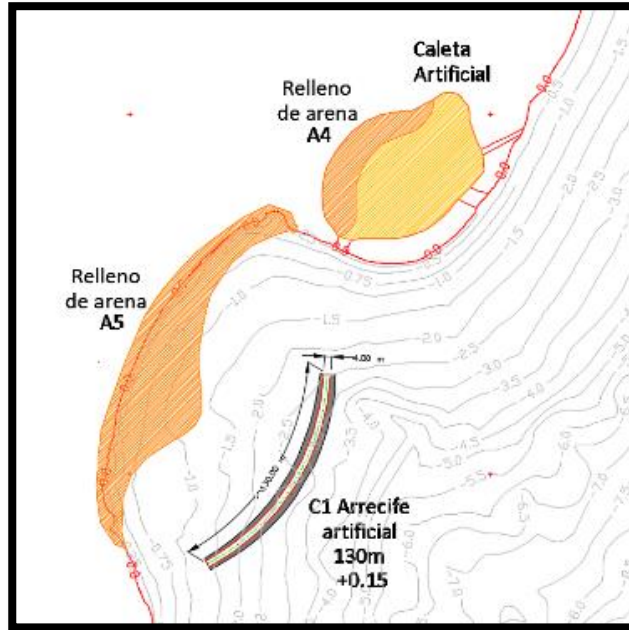
Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- e. Retiro de cortinas antidispersión: Una vez abiertas las bocas, se procederá a retirar de manera manual los sedimentos excedentes que se generen en el espacio existente entre la boca y las cortinas antidispersión, posteriormente, se esperará a que se estabilicen las condiciones al interior y al exterior de la caleta, verificando que la claridad del agua sea la misma en ambos sitios, y se procederá a retirar las cortinas antidispersión. De este modo se garantizará que la dispersión de sedimentos producida por la conformación de la caleta sea mínima y no se afecte de forma significativa a los ecosistemas presentes en el SAR marino.
- f. Limpieza del sitio y retiro del equipo.

#### 2.8.2.2.3. Relleno de playa: **A4**

- a. De manera general se seguirá el mismo proceso constructivo que para la conformación de las playas A1 y A2. En primer lugar, se colocarán las cortinas antidispersión, para evitar que los sedimentos sean esparcidos a lo largo del SAR por las corrientes, posteriormente se realizará el vertido de arena en la playa proveniente del banco SIR, la cual será transportada desde la Zona Centro del Proyecto mediante camiones de volteo. Con maquinaria pesada, se esparcirá esta arena a lo largo de la playa para darle la forma conforme al diseño establecido y a lo largo de las playas hasta alcanzar el ancho establecido en cada sección, para lo cual se emplearán 8,744 m<sup>3</sup> de arena (Figura 2.68).

**Figura 2.68.** Diseño de las estructuras de protección en la Zona Centro.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

- b. Acabado final: Concluido el relleno se procederá con el retiro de las cortinas antidispersión, y mediante el empleo de un rastrillo, el personal de la obra, dará el acomodo final de la arena de la playa y realizará la limpieza general del área de trabajo.
- c. Limpieza del sitio y retiro de equipo.

### 2.8.2.3. Zona de Bancos

El proceso que se llevará a cabo para la extracción de los 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena proveniente de los 2 bancos marinos (SIR-1 y SIR-2).

El dragado se realizará en dos fases: en la etapa de construcción se requerirá el dragado de 24,234.72 m<sup>3</sup> de arena, los cuales se utilizarán para la conformación de todos los elementos del relleno de playa y la conformación de la duna artificial. Para esta etapa se utilizarán 12,818.0 m<sup>3</sup> del banco SIR-1 y 18,841.62 m<sup>3</sup> del banco SIR-2.

La fase de operación y mantenimiento del proyecto requerirá los 15,499.88 m<sup>3</sup> de arena excedente. Esta se realizará el dragado de la arena, posteriormente a la fase de construcción y se utilizará para las actividades de mantenimiento y para restituir la arena perdida en caso de presentarse fenómenos meteorológicos extremos. Para esta etapa se obtendrán 7,424.9 m<sup>3</sup> de arena del banco SIR-1 y 8,074.98 m<sup>3</sup> del banco SIR-2.

La arena será utilizada para en las Zonas Norte y Centro del Proyecto de la siguiente manera:

Como se presentó anteriormente, los bancos SIR-1 y SIR-2, están ubicados a aproximadamente 33 Km al norte del predio y frente a las costas de la ciudad de Playa del Carmen; se extraería de los bancos una cantidad de 39,734.6 m<sup>3</sup> (24,234.72 m<sup>3</sup> en la etapa de construcción y 15,499.88

m<sup>3</sup> en la etapa de mantenimiento). Debido a que el área de depósito de la arena se encuentra alrededor de 9.5 km del banco donde será extraída, se requiere de una draga con tolva, ya que este tipo de draga extrae un volumen importante de arena y la almacena en su tolva o depósito, para después auto propulsarse y navegar hacia el predio a un punto más cercano al área de depósito final donde por medio de una bomba, arroja la arena almacenada. Para el proceso de extracción de arena se revisaron varias alternativas de dragas, se eligió el modelo Shore Way ([http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U\\_DGMM/TRANSPARENCIA/fichastec/TSHDShorewayEspa%C3%B1olBoskalis.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U_DGMM/TRANSPARENCIA/fichastec/TSHDShorewayEspa%C3%B1olBoskalis.pdf)). A continuación, se menciona de manera general el proceso de extracción y operación, los detalles se pueden consultar en el anexo 2.2.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

**Primero. Draga “Shore Way”** de la empresa Boskalis Dredging & Marine Experts, ya que este tipo de draga extrae un volumen importante de arena y la almacena en su tolva o depósito y después es capaz de autopropulsarse para navegar hacia un punto más cercano al área de depósito final donde por medio de una bomba, arroja la arena almacenada hacia la costa directamente o si esta se encuentra a una distancia considerable. Las características se describen en la Tabla 2.17, Figura 2.69.

**Tabla 2.17.** Características de la draga “Shore way”.

Capacidad de la tolva	5,600 m <sup>3</sup>
Longitud total	97.50 m
Manga	21.60 m
Calado (Draga cargada)	7.60 m
Máxima profundidad de dragado	33 m
Diámetro del tubo de succión	1,000 mm
Potencia de la bomba de succión	4000 KW
Potencia de propulsión	6,700 kW
Bowthruster	450 KW
Velocidad	13 Kn (24.0 km/hr)

**Figura 2.69.** Imagen de draga “Shore Way” con tolva.



Fuente: Tecnoocéano. Anexo 2.2



Esta draga puede maniobrar en el área perfectamente ya que su calado cargada por completo es de 7.60 m y su máxima profundidad de dragado es 33 m, ya que los bancos de arena se encuentran entre 9 m y 21 m, la draga trabajará de manera segura sin riesgo de tocar el fondo.

La tolva puede albergar 5,600 m<sup>3</sup> en cada viaje, el volumen a extraer alrededor de 24,234.72 m<sup>3</sup> de manera que se necesitan al menos 4.8 ciclos redondeados a 5 ciclos (viajes redondos al banco). Se estiman 5 horas para cada ciclo (Tabla 2.18).

**Tabla 2.18.** Tiempos estimados para el dragado.

Ciclos	Tiempo por ciclo (hr)	Ciclos por día	Días para el dragado completo
5	5	4.8	1.5

**Segundo. Arribo y manejo de la draga.** La draga llegará a la zona de trabajo navegando por si misma ya que es una draga autopropulsada, se tiene previsto que cargue diésel y reciba cualquier clase de servicio necesario en el puerto de Puerto Morelos o Calica, éste último puerto citado es en el que se puede albergar una draga de estas dimensiones.

La tubería que se usará para hacer llegar la arena desde la draga a la playa durante la operación de bombeo, se llevará hasta la costa por medio de vehículos pesados tipo tráiler con cama baja o plataforma, los cuales pueden circular por carretera, en la playa se armará la tubería uniendo los segmentos de tubo con la ayuda de maquinaria pesada. Los segmentos unidos serán introducidos al agua para ser remolcados por las embarcaciones de apoyo. Se tendrán al menos 2 embarcaciones que ayudarán en todas las operaciones relacionadas con la tubería como colocarle flotadores, sujetarla al fondo con anclas, moverla de sitio según sea necesario, colocar mallas antidispersión donde se requiera según la operación que se vaya a realizar, etc.

La tubería utilizada tendrá las siguientes características:

- Tubería de acero al alto carbón, o polipropileno de alta densidad.
- Diámetro de 1.0 m.
- Bridas de conexión en extremos o preparaciones para soldadura.
- Conexión de bridas con tornillería de acero inoxidable (en caso de optar por tubería bridada).
- Tramos de 6 y 12 m
- Longitud máxima: 600 m

Las embarcaciones de apoyo también estarán preparadas para que en caso de que se presente un derrame de hidrocarburos, coloquen en poco tiempo equipo anti- derrames que ayudarán a contener y recuperar los hidrocarburos.

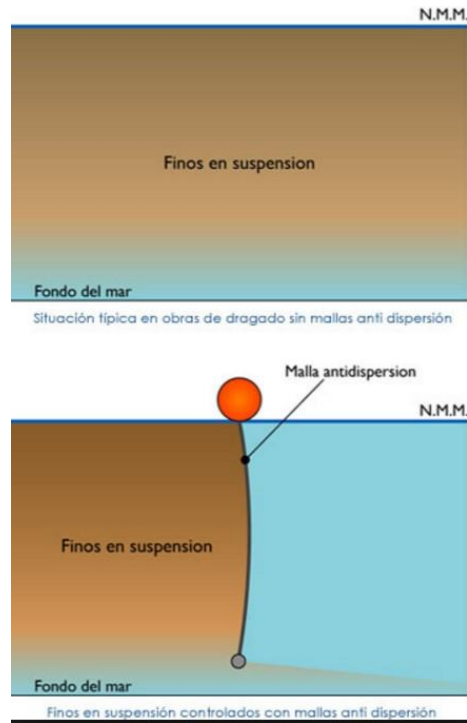
Las embarcaciones de apoyo serán propulsadas con motores a gasolina o diésel, de tamaños chicos y medianos, estas embarcaciones tendrán entre 10 y 15 metros de eslora; las cargas de combustible y servicios mecánicos necesarios de dichas embarcaciones se harán fuera del área de trabajo en una marina o Puerto de resguardo.

**Tercero. Colocación de cortinas antidispersión.** Se deben colocar las cortinas antidispersión, tanto en la orilla de la playa, que es donde se va a depositar el sedimento, así como alrededor del



punto de bombeo de la draga. La intención es evitar que la pluma de dispersión con sedimentos finos pueda causar afectación tanto a los predios aledaños, como a arrecifes cercanos, esta se debe fijar en forma de media luna dirigida contra la corriente para contener los sedimentos en suspensión (Figura 2.70 y Figura 2.71).

**Figura 2.70.** Cortina antidispersión con lastre y flotador.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.71.** Cortinas antidispersión.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

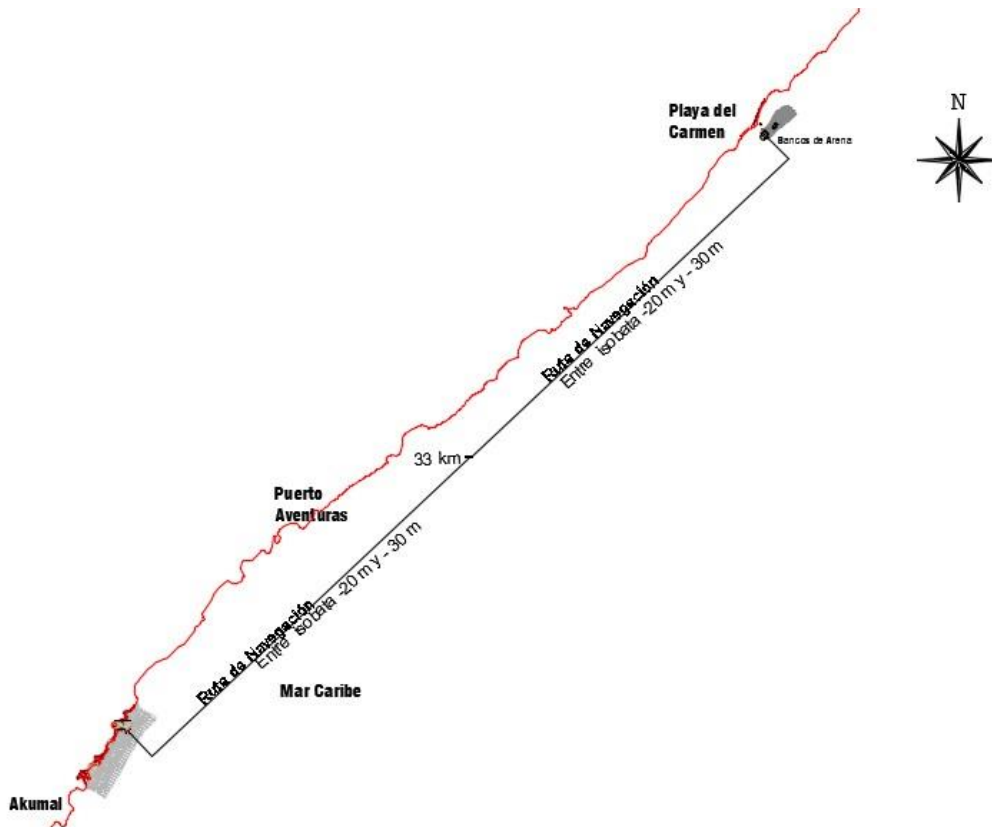
**Cuarto. Extracción de arena.** La draga se posicionará sobre el banco de arena, se despliega el tubo de succión sobre el fondo y se enciende la bomba de succión para iniciar la extracción. La draga continúa navegando sobre el banco lentamente mientras draga el material en una mezcla con agua a una razón aproximada de 15% de arena por 85% de agua, esta operación tomará aproximadamente 45 minutos o hasta llenar la tolva de material. Durante esta maniobra de dragado, se generará turbidez en el agua debido a la presencia de sedimentos en suspensión los cuales al moverse con la corriente serán detenidos por la malla geotextil que se ha colocado previamente.

La mezcla de agua y arena entra en la tolva, donde será contenida hasta su posterior rebombeo en la zona de vertimiento. Durante la maniobra de dragado son bajas las probabilidades de que ocurra un derrame de arena ya que el tubo de succión es rígido y no existe ninguna tubería flexible o vulnerable, sin embargo, también se debe utilizar una cortina antidispersión en la zona de extracción.

**Quinto. Llenado de la tolva y repliegue.** Una vez que se ha llenado la tolva se apaga la bomba de succión y se repliega el tubo de succión.

**Sexto. Transporte.** La draga inicia los movimientos para navegar hacia el Sur sobre la ruta de navegación previamente indicada. Las maniobras de navegación deben tomar alrededor de 166 min, teniendo en cuenta que la distancia es de 33 km. (Figura 2.72).

**Figura 2.72.** Se muestra la localización del banco de arena y la ruta de navegación hacia el frente de playa.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Séptimo. Acople y vertimiento de arena.** Al llegar al área de maniobras, la draga se fondeará para afirmarse al fondo marino y se realizarán maniobras de acople que consisten en unir la salida del tubo de bombeo de la draga con la tubería flotante. Una vez conectados los tubos, se succionará la mezcla de arena y agua que se encuentra en la tolva para ser enviada por tubería de descarga de material en hasta la costa.

La conexión se hace por la Proa de la embarcación de dragado por donde se sujeta el conector de la tubería flotante. Una vez sujetado se jala hacia arriba hasta acoplar con el tubo de expulsión, se asegura la conexión y se aprietan las bridas, entonces se puede iniciar el bombeo para el vertimiento de arena.

Una vez asegurada la conexión se hace contacto con el personal de tierra para asegurarse que las conexiones están seguras y la salida de la tubería está lista y libre para arrojar la mezcla de agua y arena. Una vez asegurada la tubería, se enciende el motor de la bomba y se inicia el vertimiento de la arena a la playa, en esta etapa el área de acoplamiento y bombeo no generará turbidez ni derrame de sedimentos exceptuando por pequeñas cantidades cuyo cálculo es despreciable, ya que se trata solo de pequeñas cantidades de arena pegadas a la tubería de salida que caerán al agua al conectarse con la tubería de transporte (Figura 2.73).

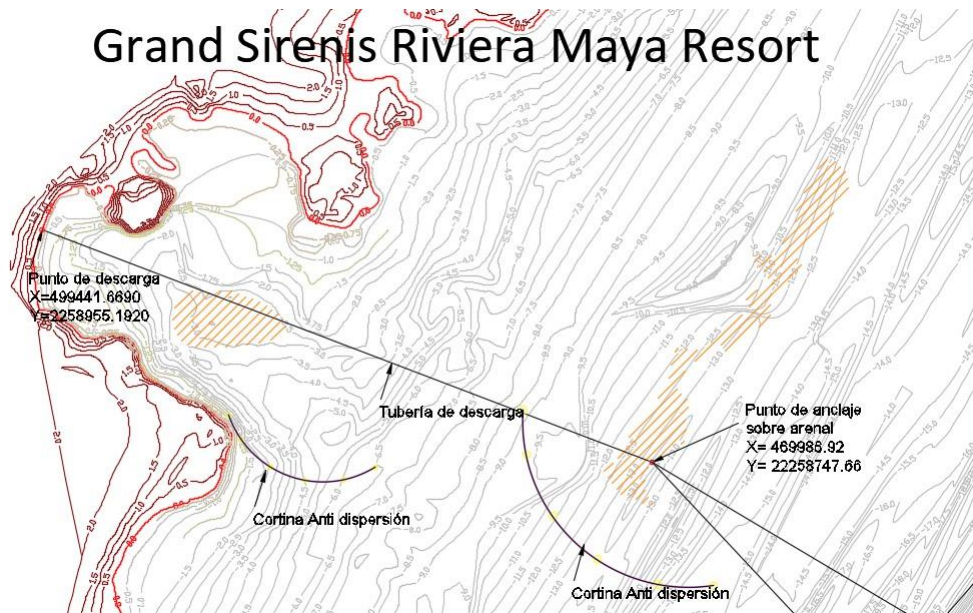
76

En esta operación se colocará malla geotextil alrededor del área de acople y maniobras básicamente entre la draga y la dirección de la corriente, para evitar que en caso de existir una fuga de sedimentos importante por ruptura de una manguera o falla de un acoplamiento estos no viajen hacia ningún lado, simplemente sean contenidos y caigan al fondo marino. En la playa por otra parte, la mezcla saldrá con mucha velocidad y generará turbulencia y turbidez, la descarga durará aproximadamente 45 minutos, en donde el agua regresará al mar dejando a su paso sedimentos que se acumularán poco a poco para ir formando montículos de dimensiones considerables de arena. También se colocará malla geotextil cerca de la costa formando una media luna para contener los sedimentos y evitar que se desplacen hacia afuera, dichas mallas tendrán una dimensión de 20 m de largo cada una y se extenderán hacia el fondo de acuerdo a la profundidad presente en cada punto.

Si por alguna causa, una tubería o conexión fallara y hubiera un derrame de arena, la acción a tomar es detener la bomba inmediatamente, retirar la pieza que presentó la falla si es posible en el sitio, reconectar la nueva parte y reiniciar el bombeo, ya que se tienen mallas geotextiles alrededor de la draga y cerca de la costa, un derrame momentáneo no es considerado un problema mayor. La tubería de polipropileno por la que viajará la mezcla agua-arena hasta la playa es rígida después del punto de conexión y no tiene puntos débiles susceptibles a ruptura por lo que no se colocará malla geotextil alrededor de esta.

La arena vertida en la playa se dirigirá a la parte media del desarrollo, la tubería se colocará de forma paralela a la línea de costa apuntando hacia el Noroeste de manera que al verter la arena ésta se acumulará sobre la playa actual y hacia el mar, esto ensanchará la playa aproximadamente 15 m y dará espacio para mover la maquinaria y desplazar la arena hacia el Suroeste y hacia el Noreste sin mover la tubería.

Figura 2.73. Punto de anclaje de la draga.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

Se tendrá precaución para no verter demasiada arena en un solo punto sin antes extenderla con maquinaria pesada o distribuirla con tubería de “acople rápido”. Se deberá evitar la sobre acumulación, mediante el acomodo con tractores, dado que el bombeo de la arena no puede ser detenida fácilmente, ya que, si se hace, se provocaría un tapón en la tubería (Figura 2.74 y Figura 2.75).

Figura 2.74. Vertimiento y acomodo de arena con maquinaria pesada.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2



**Figura 2.75.** Descarga de mezcla agua-arena en la playa con tubería rígida y maquinaria de apoyo para acomodar la arena vertida.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

Una vez iniciado el bombeo desde la draga, este se detiene hasta que se descarga la tolva

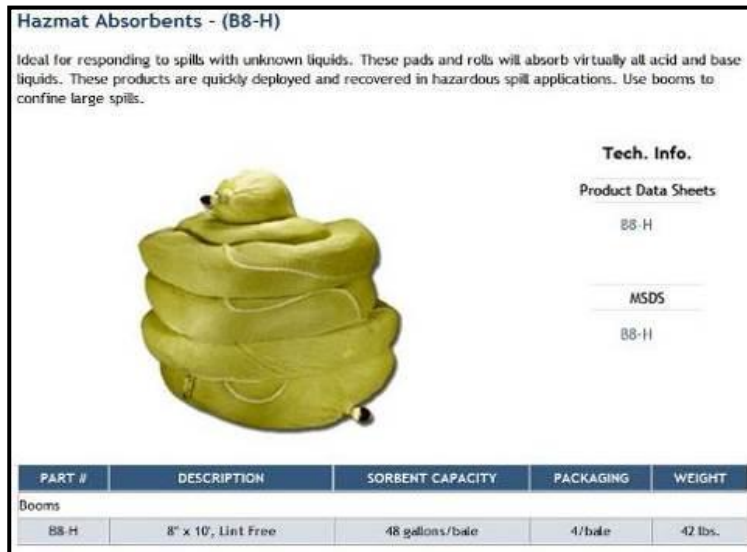
**Procedimientos de seguridad.** Para llevar a cabo los trabajos descritos anteriormente se deberán observar las siguientes prácticas:

1. Los trabajos de extracción, transporte y relleno de arena solo se deberán realizar entre los meses de marzo y julio para evitar oleaje y viento del norte por presencia de “Frentes Fríos”, oleaje y viento fuerte del sureste por la presencia de suradas, además en esta época del año no hay formación de huracanes, los cuales son una amenaza para la embarcación y para los trabajos de extracción y relleno de arena.
2. En caso de presentarse oleaje fuerte del sureste, cerrarse el puerto o de la amenaza de una tormenta extraordinaria, las embarcaciones serán llevadas a Puerto Aventuras o al puerto de Calica, para su resguardo donde permanecerán hasta que las condiciones mejoren.
3. Cualquier servicio o reparación de la maquinaria se realizará en Puerto Aventuras o en el puerto de Calica, fuera del área de extracción de arena, de navegación o de anclaje y maniobras para evitar el riesgo de derrame de hidrocarburos.
4. En el caso hipotético de un derrame ligero de hidrocarburos se interrumpirán las operaciones de extracción, transporte o vertido de arena, en la zona afectada se colocarán flotadores absorbentes que se tendrán a bordo de las embarcaciones y en la costa listos para ser usados y, de ser posible, la embarcación afectada navegará de manera inmediata



hacia Puerto Aventuras o al puerto de Calica para revisión y reparación de la fuga. Dentro del puerto se colocarán mallas contenedoras de hidrocarburos para evitar su dispersión. Los flotadores absorbentes de hidrocarburos son cordones de 20cm de diámetro x 3.0m de largo que pueden ser unidos con una conexión de acero inoxidable para hacerlos tan largos como sea necesario, se empacan 4 cordones por bolsa y cada cordón tiene una capacidad de absorción de 48 galones, son distribuidos por CHEMPTEX. El peso por bolsa es de 18.9kg y pueden usarse para responder a derrames de prácticamente cualquier líquido sea ácido o básico, ya que se pueden desplegar y recuperar rápidamente. Estos flotadores absorbentes permanecen en la superficie formando un cerco alrededor de la zona de derrame para evitar que la mancha crezca, una vez que la fuente de la fuga ha cesado y que el cordón se ha cerrado, este se puede empezar a acotar para disminuir su área, provocando que el flotador absorba el hidrocarburo, cuando se satura el flotador, se reemplaza por uno nuevo hasta que todo el material quede en los flotadores y la superficie del agua este limpia. Los flotadores contaminados se mantendrán a bordo de la embarcación para ser dispuestos en un sitio autorizado (ref. <http://www.chemtexinc.com/hazmat-pads-rolls/hazmat-absorbents-b8-h.html>) (Figura 2.76).

**Figura 2.76.** Modelo de flotador absorbente que se usará para el Proyecto.



Fuente: Tecnoceano. Anexo 2.2

5. Las tuberías flexibles de polipropileno, las mangueras, uniones y conexiones usadas durante la extracción y bombeo hacia la costa de la arena, son de uso rudo y fueron diseñadas para el manejo de este tipo de mezclas abrasivas de agua y arena a presión, también su diseño robusto es adecuado para absorber la fuerza dinámica de los movimientos debidos al oleaje, sin embargo, si llegara a aparecer una grieta en alguna manguera o tubo por el exceso de presión en el interior, el derrame que se genere se visualizará de inmediato y se procederá a detener la bomba, cambiar la manguera o tubo en el sitio y reanudar el bombeo.
6. Ya que se tienen las cortinas antidispersión armadas y en su lugar para evitar que los sedimentos viajen descontrolados, no será necesaria ninguna otra acción, los sedimentos serán contenidos y caerán al fondo por gravedad, la arena en sí no es ningún elemento exótico ni representa un riesgo para el ecosistema.

7. Las mallas geotextiles deberán estar completas y en buenas condiciones, con lastres a cada 20 m para mantenerlas extendidas desde la superficie hasta el fondo. Deben tener boyas flotantes en la superficie amarradas a la malla geotextil a cada 20 m coincidiendo con los lastres para que se tensen adecuadamente. Se unirán varias mallas suturando una con otra dependiendo de las medidas que se consigan en el mercado para obtener una malla de las dimensiones requeridas.

### 2.8.3. Etapa de operación y mantenimiento

Por la ubicación del proyecto y las características de las obras, es probable que tras el paso de tormentas fuertes la arena de las playas, caletas artificiales y terrazas, se disperse a los alrededores del predio, por lo que será necesario realizar un relleno de mantenimiento a estas obras. En esta etapa se realizará el dragado de las 15,499.88 m<sup>3</sup> de arena, utilizando el mismo método contemplado en la colocación de arena en la playa.

Se deberá identificar los sitios hacia donde se dispersaron los sedimentos. Se realizará nuevamente la extracción de arena, siguiendo los procesos constructivos descritos anteriormente según sea el caso, por medio de bombas sumergibles para después trasladarla a la playa por medio de una tubería flexible extendida a lo largo del fondo marino y se descargará en el punto más adecuado de acuerdo al patrón de erosión que se presente.

Asimismo, durante la operación del Proyecto se deberán llevar a cabo acciones de monitoreo de las obras que permitan determinar cuándo se requiere rellenar con más arena, así como del comportamiento del oleaje y las corrientes de modo que se pueda asegurar que las protecciones marinas están funcionando adecuadamente. Dicho monitoreo deberá incluir como mínimo la medición de los siguientes parámetros:

1. Levantamientos topo-batimétricos anuales o después de periodos de oleaje extraordinario, para comprobar que los rellenos de playa, terrazas y duna artificial mantenga los volúmenes y pendientes de diseño. Esto permitirá identificar los movimientos que la arena pueda presentar, sirviendo de base para predicciones futuras.
2. Levantamientos topo-batimétricos anuales o después de periodos de oleaje extraordinario, que permitan comprobar que las caletas mantengan los volúmenes de arena y se pueda identificar los movimientos que la arena pueda presentar, sirviendo de base para predicciones futuras.
3. Inspecciones visuales periódicas de las estructuras de protección después de periodos de oleaje extraordinario y de forma anual, esta inspección deberá de ser documentada con fotos tomadas desde puntos fijos para poder hacer comparaciones y cálculos de retroceso, erosión y acreción. Se recomienda que se realicen tanto fuera como dentro del agua en periodos de marea baja.
4. Inspección visual de las señalizaciones preventivas y restrictivas colocadas en el área terrestre y señalización por medio de boyas de las estructuras marinas.
5. Debido a que en condiciones de tormenta fuerte las “salientes” de arena pueden crecer hacia el mar hasta el punto de formar un tómbolo un período de tiempo breve, estos eventos deberán ser monitoreados detalladamente para conocer mejor el movimiento de

la arena en estos casos y estudiar la posibilidad de modificar parcialmente el proyecto o bombear arena periódicamente como medida de mantenimiento.

## 2.8.4. Insumos requeridos

### 2.8.4.1. Personal de trabajo

Para la ejecución de las obras y actividades requeridas para el desarrollo del proyecto se necesitará un total de **54 personas** (Tabla 2.19).

**Tabla 2.19.** Personal requerido para la ejecución del Proyecto.

Personal	Actividad	Comentarios
Tripulación embarcaciones de apoyo	18	3 por cada embarcación
Operadores de maquinaria pesada	10	2 por cada maquina
Técnicos especializados en colocación y llenado de bolsacreto y de cilindros de geotextil	18	3 equipos de 6
Supervisor de obra	3	
Choferes	5	
<b>Total</b>	<b>54</b>	

En tanto que, el equipo necesario para llevar a cabo el proyecto se muestra en la Tabla 2.20.

**Tabla 2.20.** Equipo necesario para la ejecución del Proyecto.

Equipo	Cantidad
Tractores D5 o D7	2
Compactadora de suelo CS-4	1
Retroexcavadora Mixta (Retro con cargador frontal)	1
Excavadoras serie 3	4
Embarcaciones entre 30 y 50ft de eslora para apoyo	6
Camiones de carga	5
Bombas tragasólidos, con mangueras y accesorios	10
Cargador telehandler de brazo	1
Chalanes de 12 m de eslora	2
Bombas de mortero	3

- Los tubos de geotextil para las estructuras **N1**, **N2** y **N3**, así como los tapetes de **N2** y **N3**, serán tipo Mirafi GT500.
- El geotextil que se usará entre los tubos y las rocas deberá ser del tipo pavitex no tejido Mirafi IR26.

Para la conformación de la mayoría de las obras del Proyecto: Relleno de playa (**A1**, **A2**, **A3**, **A4** y **A5**) Estructuras de protección (**N1**, **N2**, **N3** y **C1**), Duna Artificial (**D1**, **D2** y **D3**) y Caleta Artificial (**CA1**); se requerirá de **24,234.86 m<sup>3</sup>** de arena. En la Tabla 2.21 se muestran los volúmenes de arena requeridos para las obras del Proyecto.

**Tabla 2.21.** Volumen de arena requerido para las obras del Proyecto.

TOTALES			
Elemento	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ZONA
RELLENO PLAYA A1	863.46	10,139.86	Norte
RELLENO PLAYA A2 Y A3	8,749.00		
DIQUE SUMERGIDO (N1)	449.28		
PROTECCIÓN COSTERA N2	59.8		
PROTECCIÓN COSTERA N3	18.32		
RELLENO DE CALETA ARTIFICIAL (PLAYA A4)	2,318.68	14,094.86	Central
RELLENO DE PLAYA A5	11,776.18		
<b>TOTAL DE ARENA PARA TODA LA OBRA (M<sup>3</sup>)</b>	<b>24,234.72</b>		

Parte de la arena requerida para las obras se obtendrán de los bancos SIR-1 y SIR-2 y que por sus características son factibles de ser aprovechados. La ubicación y descripción de estos bancos se menciona en el Apartado 2.5.6. de la presente. El volumen de arena que se podrá extraer de estos bancos se muestra en la Tabla 2.22.

**Tabla 2.22.** Volumen de arena existente en los bancos marinos localizados cerca del predio del Proyecto.

Bancos marinos	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Volumen etapa de operación (m <sup>3</sup> )	Volumen etapa de mantenimiento (m <sup>3</sup> )
SIR 1 y SIR 2	39,734.6	24,234.72	15,499.88

La arena excedente se conservará en los bancos como reserva para mantenimiento de las estructuras de protección en caso de pérdida por causa de efectos meteorológicos extremos.

#### 2.8.4.2. Combustible

Para la preparación del sitio y construcción del Proyecto se requerirá de Diesel y gasolina para el funcionamiento de la maquinaria, equipo, y plantas de luz que se utilicen durante estas etapas. Los combustibles se adquirirán en alguna de las gasolineras ubicadas en la carretera Cancún-Tulum (Tabla 2.23).

Para las obras y actividades en la zona marina, las cuales corresponden al dragado en los bancos de arena y el traslado de la arena se requiere el uso de una draga. Se utilizará diésel marítimo especializado para el movimiento de la draga.

**Tabla 2.23.** Combustible requerido durante la etapa de construcción y mantenimiento.

Uso	Tipo	Consumo	Cantidad	Fuente de Abastecimiento
Maquinaria terrestre	Gasolina	22,000	L/mes	Proveedor autorizado
	Diesel	44,000	L/mes	
Draga zona marítima	Diesel marítimo	80,000	L/2 días	

### 2.8.5. Generación y manejo de residuos

A continuación, se presentan los residuos que se prevé sean generados por la ejecución del Proyecto en sus diferentes etapas, así como el manejo que se le dará a cada uno de ellos.

#### 2.8.5.1.1. Manejo y disposición final

Las emisiones de los vehículos automotores y maquinaria serán emitidas directamente a la atmósfera, por lo que éstos deberán de contar con sistema de escape y silenciadores en buenas condiciones de operación, así como, adecuada afinación de los motores de combustión interna. Los gases resultantes serán dispersados en la atmósfera por la acción de los vientos dominantes provenientes del mar. Las actividades estarán supervisadas por un equipo técnico que verificará que los equipos operen correctamente, para evitar el goteo de aceite o grasa en la arena o agua durante las actividades. En caso de que se identifique alguna falla, la maquinaria saldrá de operación hasta que sea reparada, en caso de que se generen residuos peligrosos como sólidos impregnados estos serán almacenados de manera temporal en el almacén de residuos peligrosos del complejo hotelero.

Todas las emisiones estarán debajo de los niveles máximos permisibles establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas siguientes: NOM-041-SEMARNAT-2015 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible; NOM-045-SEMARNAT-1996 que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible; NOM-080-SEMARNAT-1994 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores. De igual manera, si durante las actividades se identifica alguna maquinaria que no cumpla lo establecido, el equipo de supervisión solicitará la salida de la maquinaria y su reparación antes de continuar operando.

#### 2.8.5.2. Residuos Líquidos

##### 2.8.5.2.1. Generación

Durante la ejecución del Proyecto se generarán aguas residuales producto de los sanitarios portátiles que estarán a disposición del personal de la construcción, cuya producción será variable y directamente relacionada con el número de trabajadores presentes en el sitio del Proyecto. Se estima que, tomando en cuenta que se contará con 54 trabajadores y que requerirán entre 4 y 5 sanitarios portátiles con capacidad de 10 litros cada una y que el servicio de limpieza será diario, se generen aproximadamente 50 L diarios de residuos líquidos domésticos.

##### 2.8.5.2.2. Manejo y disposición final

Con la finalidad de evitar la defecación al aire libre, se considera el uso de sanitarios portátiles proporcionadas por empresa autorizada (una por cada 15 personas), la limpieza y mantenimiento de los sanitarios se llevará a cabo por una empresa acreditada que se contratará para tal fin, quien



se encargará de la adecuada disposición de los residuos domésticos a la planta de tratamiento de aguas negras más cercana.

### 2.8.5.3. *Residuos peligrosos*

#### 2.8.5.3.1. *Generación*

Debido al uso de maquinaria pesada, y vehículos y lanchas automotores, se requerirá del empleo de combustibles para su funcionamiento, sin embargo, con la finalidad de disminuir riesgos y por la cercanía de las fuentes de suministros, no se estima necesario el almacenamiento de grandes volúmenes de combustible, sino sólo los necesarios para la operación diaria, los cuales serán trasladados desde las estaciones de servicio más cercanas (Puerto Aventuras o Puerto Calica) al predio en tambos debidamente cerrados y pipas dispensadoras de combustible.

Asimismo, para el mantenimiento de dicha maquinaria y vehículos se generarán aceites, grasas y estopas.

#### 2.8.5.3.2. *Manejo y disposición final*

Los aceites, grasas y estopas una vez utilizados, serán depositados en recipientes especiales para ser entregados a empresas autorizadas para su reciclamiento o disposición final. De ser necesario, el almacenamiento de combustibles y/o residuos peligrosos, éstos se ubicarán en área designada para tal actividad en las instalaciones del DTGS.

Para el mantenimiento de las plantas que se emplearan para la forestación de la duna, no se emplearán insecticidas ni fertilizantes químicos que no sean autorizados por la CICOPLAFEST, tal y como se menciona en el Capítulo 6 de la presente.

### 2.8.5.4. *Residuos sólidos*

#### 2.8.5.4.1. *Generación*

Durante la preparación del sitio se generará materia vegetal (ej. arbustos, troncos, hojas, raíces, basura proveniente del mar etc.) producto del desmonte y la limpieza de la superficie en donde se conformará la Caleta Artificial, así como del área en donde se desplantará la Duna Artificial.

Si bien la alimentación de los trabajadores se realizará en el comedor del DTGS, se prevé la generación de residuos sólidos urbanos, conformados principalmente por botellas de plástico tipo PET 1 y 2, vidrio, cartón, bolsas de polietileno y latas, otras envolturas de alimentos.

Como parte de la preparación, en la zona terrestre donde se colocarán las estructuras de protección se realizarán actividades de limpieza para retirar los residuos sólidos que son arrastrados por la marea.

Los sedimentos que se generen con el bombeo de la arena se controlarán utilizando cortinas antidispersión que tendrán flotadores en la superficie y lastre en la parte inferior para extenderlas y retener los sedimentos en la zona. Es importante notar que las cortinas en los sitios de descarga

son una medida preventiva solo para evitar que estos se dispersen de manera descontrolada, ya que esto no son elementos exóticos o que contengan contaminantes.

En el proceso de inyección de arena también se usarán barreras de malla únicamente para evitar que los sedimentos se alejen del sitio, sin embargo, no se generarán residuos extraños o tóxicos.

Para la construcción de las caletas artificiales se requerirá de la demolición y excavación de roca en la Zona Centro del Proyecto, en un volumen aproximado de 56,520 m<sup>3</sup>. Asimismo, cuando se realicen las obras para la apertura de las bocas de las caletas artificiales se colocarán cortinas antidispersión para evitar que los sedimentos, así como fragmentos de roca se dispersen hacia los ecosistemas cercanos.

Durante el proceso de llenado de los tubos de geotextil para las estructuras de protección se usarán varillas y martillos para sostener los geotextiles y boyas para marcar el eje de desplante.

Durante el trazado, desplante y llenado de los tubos de geotextil, para la conformación de la duna, se usará un tapete antisocavación en la base que se quedará en sitio debajo de los geotubos, se usarán también varillas y martillos que serán retirados después.

#### 2.8.5.4.2. Manejo y disposición

La materia vegetal originada de la limpieza del terreno, será triturada y utilizada en las actividades del vivero del DTGS.

Para recolectar los residuos sólidos se colocarán varios contenedores de basura distribuidos estratégicamente, de manera que abarquen la totalidad del área del Proyecto en zona terrestre. Para su acopio temporal se utilizará la infraestructura instalada del DTGS y se entregarán posteriormente al servicio de colecta municipal.

Con relación a los materiales de desecho provenientes del mar se trasladarán al área de almacenamiento temporal de residuos del DTGS y posteriormente trasladados al basurero municipal o al lugar que disponga la autoridad para su disposición final.

Toda la tubería colocada, muertos, boyas y cabos para el bombeo y rebombeo de la arena utilizada para las obras se retirarán por completo y dependiendo de su estado se determinará su disposición final.

Las varillas y boyas que se usarán para marcar el eje de desplante de las protecciones marinas serán retiradas del sitio. Las varillas usadas en el trazado y colocación de la duna serán retiradas por completo de la playa.

Como se mencionó anteriormente, la roca extraída de la conformación de la caleta artificial CA1, será trasladada a un área desprovista de vegetación (Zona de tiro), señalada en la Figura 2.40, tiene una superficie aproximada de 4390 m<sup>2</sup>, fuera de este sitio puede ser trasladada a donde la autoridad señale (Tabla 2.24).

Para el traslado de materiales producto de la excavación, se usarán las vialidades al interior del predio, las cuales cuentan con previa autorización en materia de impacto ambiental. El traslado se realizará a través de camiones de volteo, desde C1 hasta la zona de tiro. La ruta por la que será trasladado el material tiene una longitud de 520 m.

Parte de la roca producto de la excavación de C1, será empleada para la conformación de las estructuras de protección N2 y N3. El resto del material se almacenará temporalmente en la zona de tiro. El material que no se ocupe será triturado y utilizado para mantenimiento o se dispondrá como residuo de manejo especial a través del programa de manejo integral de residuos del SMGA, el cual, si es necesario, se ajustará de acuerdo con el volumen correspondiente.

Como ya se mencionó, la zona de tiro, es un área rocosa del mismo tipo que se excavará en C1, además cuenta con autorización previa para la colocación de Sargazo a través del oficio 04/SGA/1082/19 (Anexo 2.3). El uso de esta área será de manera temporal.

**Tabla 2.24.** Superficie aproximada ocupada por las áreas propuestas para el acopio temporal de la roca caliza producto de la excavación para la construcción de las caletas artificiales dentro de terrenos propiedad del promovente.

Zona de acopio	Ubicación	Superficie aproximada (m <sup>2</sup> )
Zona 1	Predio costero DTGS	4390

## 2.9. Dinámica litoral esperada

Inicialmente la arena se verterá y repartirá para ensanchar entre 7 y 10 m el área de la playa. Con el paso del tiempo se espera que la playa adopte una nueva forma como se indican en los planos, una saliente tras las estructuras de protección (EP).

Dentro de la caleta, el ajuste será controlado por la bifurcación que suceda en las bocas encargadas de la comunicación. Por lo que respecta a la corriente no habrá cambios significativos ya que las bocas de las caletas están alineadas con el flujo de la corriente, y no se utilizaron estructuras para el relleno de arena que modifiquen el comportamiento actual de la corriente.

La expectativa es positiva, se proyectan playas arenosas amplias donde los huéspedes del desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya puedan descansar, asolearse y tener actividades recreativas.

Se espera que las playas sean estables en condiciones de oleaje normal y de tormenta estacional tales como Surestes y Nortes.

Después del paso de una tormenta se espera que haya acomodo diferente en la playa dependiendo de donde fue el oleaje incidente.

Por lo que respecta a la caleta artificial, se espera contar con áreas muy tranquilas con corrientes entre ligeras y medianas. En condiciones de tormentas fuertes el personal de seguridad, según lo disponga la Capitanía de Puerto, evaluarán si se puede permitir el uso de la caleta artificial de acuerdo con las condiciones que se tengan dentro de la misma y colocar la bandera de advertencia correspondiente.

En caso de un huracán se espera que haya fuertes pérdidas de arena en las zonas que fueron rellenadas con arena de los bancos marinos, también puede haber ciertos deslizamientos de piezas de bolsacreto muy localizados, ante estas situaciones, se realizará un monitoreo y se procederá a planear las actividades para la recuperación y rebombeo de arena desde el sitio en donde se haya desplazado la misma.

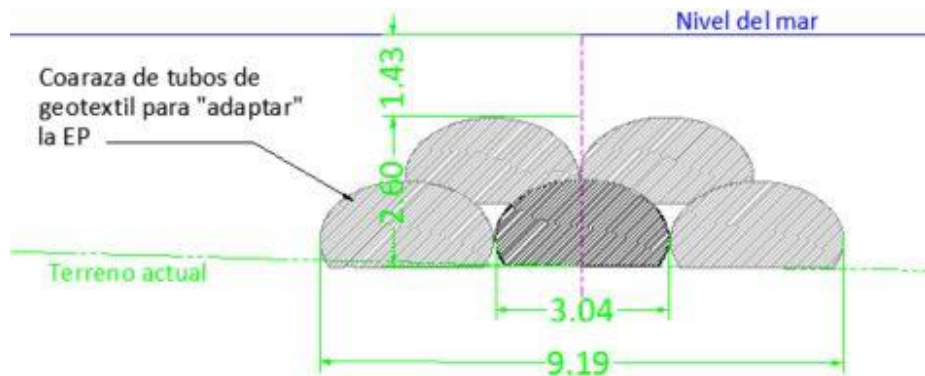
En la Tabla 2.25 se describen los posibles efectos que se pueden presentar en cada una de las estructuras de protección en caso de presentarse fenómenos meteorológicos intensos.

**Tabla 2.25.** Afectaciones posibles en las estructuras de protección en caso de que la región sea impactada por algún huracán.

Estructura de Protección	Posible falla durante un huracán	Acción a tomar para corregir la falla
N1	Puede haber ligeros desplazamientos o se pueden llegar a romper las tapas de las bocas de llenado, lo que ocasionará que se desamarren las bocas y se salga la arena paulatinamente.	Localizar donde se acumuló la arena perdida para rebombear de vuelta al interior del tubo geotextil y cerrar las bocas de llenado.
N2 y N3	Puede haber ligeros desplazamientos o se pueden llegar a romper las tapas de las bocas de llenado, lo que ocasionará que se desamarren las bocas y se salga la arena paulatinamente.	Localizar donde se acumuló la arena perdida para rebombear de vuelta al interior del tubo geotextil y cerrar las bocas de llenado.
D1, D2, D3	Perdidas fuertes de la arena que conforma la duna, pérdida de la vegetación rastrera de duna.	Ubicar adonde se acumuló la arena para intentar rebombearla a la duna
C1	Puede presentarse rompimiento o deslizamiento de alguna pieza de bolsacreto, pero es poco probable.	Retirar la pieza rota y colocar una nueva.
Playa	Se espera una perdida fuerte de arena	Se localiza a donde se acumuló la arena en el mar para rebombearla de regreso a la playa.
Caleta Artificial Centro	Puede esperarse que la arena de la parte seca baje y se distribuya dentro del agua, se espera que parte de la arena se salga por las bocas hacia el mar, la cantidad dependerá de la elevación de la marea de tormenta, la altura de ola y la duración del huracán.	Se localiza a donde se acumuló la arena en el mar para rebombearla de regreso a la caleta artificial.

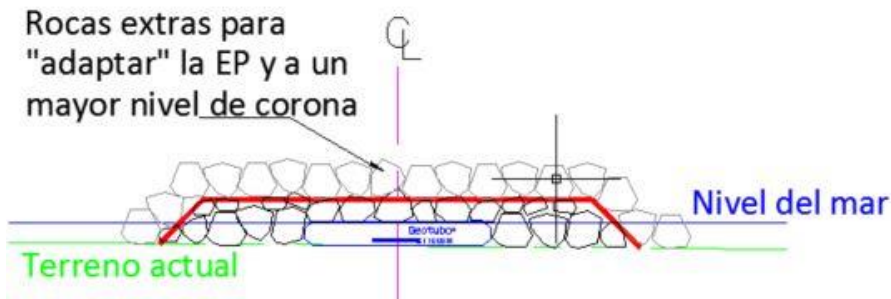
Como parte de las medidas de adaptación ante el cambio climático, para el caso de este proyecto en particular las EP pueden ser modificadas para ser adaptadas de forma relativamente fácil si en algunos años, se decide que la protección que ofrecen ya no es suficiente, esto se puede hacer agregando una coraza de bolsacreto o roca o cilindros de geotextil (en el caso de N1), a continuación, se muestra como quedarían las secciones transversales de algunas de las EP (Figura 2.77 a Figura 2.80).

**Figura 2.77.** Sección transversal de N1 con coraza de tubos de geotextil para elevar la corona.



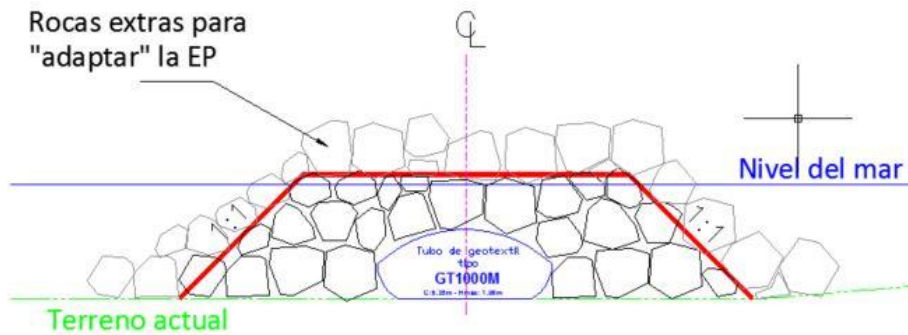
Fuente: Tecnoocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.78.** Sección transversal de N2 con coraza para elevar el nivel de corona.



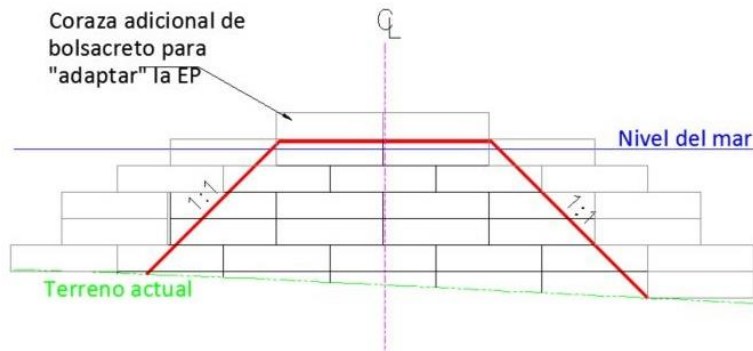
Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.79.** Sección transversal de N3 con coraza hecha con rocas extras para adaptarla a condiciones de mayor oleaje o nivel de mar.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2

**Figura 2.80.** Sección transversal de C1 con coraza de bolsacretos extras para elevar el nivel de corona y robustez de la estructura.



Fuente: Tecnocéano. Anexo 2.2



## 2.10. Emisiones Atmosféricas

### 2.10.1. Generación

Las actividades para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto requieren la operación de maquinaria pesada y equipo de construcción (tractores, excavadoras, trascabo) que consumen gasolina o diésel para su funcionamiento, la cual generará emisiones a la atmósfera como gases de combustión (ej. bióxido de carbono). Asimismo, por la operación de dicha maquinaria y tránsito vehicular se generará ruido.

Por la naturaleza propia del Proyecto se espera la Generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que, de acuerdo con su alcance, la fuente de generación podrá ser Directa e Indirecta. En la Tabla 2.26, se presentan los procesos en los cuales se espera la generación de GEI según la etapa de implementación, así como el tipo de gases que se podrían generar.

**Tabla 2.26.** Generación de GEI por el Proyecto.

Alcance	Preparación	Construcción	Operación
<b>Directo</b>	Se deberán a la combustión de los combustibles (Diesel) requeridos para la operación de la maquinaria y equipo que se usarán para el acondicionamiento del terreno.	Combustión del combustible (Diesel) requerido para la operación de la maquinaria y equipo usado para la construcción del Proyecto.	Combustión del Gas LP utilizado para las cocinas y baños de las Amenidades y Club de Playa.
<b>GEI-D</b>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
<b>Indirecto</b>	Generados por el consumo de energía eléctrica que se utilizará para abastecer de energía las instalaciones provisionales, tales como oficinas, comedor, bodegas y demás. Así como la iluminación del predio.	Consumo de energía eléctrica utilizada para abastecer las instalaciones provisionales del Proyecto y la iluminación provisional, así como para la alimentación de la bomba para la extracción de agua del pozo 2.	Consumo de energía eléctrica para la operación del Proyecto. La cual será suministrada por la red de energía eléctrica diseñada y construida de manera específica del Proyecto.
<b>GEI-I</b>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O

Para realizar la estimación de la emisión directa de CO<sub>2</sub> equivalente de las obras y actividades del Proyecto durante la etapa de preparación, se aplicará la siguiente metodología de cálculo por factores de emisión de acuerdo con lo establecido en el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* publicado en el Diario Oficial de la Federación el 03 de septiembre de 2015. Se calculará la cantidad que se genera de cada GEI mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$E_{CO_2} = VC \times PC \times FE_{CO_2}$$

$$E_{CH_4} = VC \times PC \times FE_{CH_4}$$

$$E_{N_2O} = VC \times PC \times FE_{N_2O}$$

Dónde:

$E_{CO_2}$  Emisiones de dióxido de carbono en toneladas [t]

$E_{CH_4}$  Emisiones de metano en kilogramos [kg]

$E_{N_2O}$	Emisiones de óxido nitroso en kilogramos [kg]
VC	Consumo de combustible al año en litros [L] o metros cúbicos [m <sup>3</sup> ]
PC	Poder calorífico de cada combustible [MJ/L o MJ/m <sup>3</sup> ]
FE	Factor de emisión de cada gas [t/MJ o Kg/MJ]

El factor de emisión de cada gas se tomó de los valores establecidos en el Art. Sexto fracción 2, del Acuerdo (DOF,2015), sus valores se enlistan en la Tabla 2.27. Dicho Acuerdo también señala que para la estimación de la emisión indirecta por consumo de electricidad se aplicará la siguiente fórmula:

$$E_{CO_2e} = W_{Elect} \times FE_{Elect}$$

Dónde:

$E_{CO_2e}$	Emisiones de dióxido de carbono equivalente proveniente del consumo de energía eléctrica [t CO <sub>2</sub> e]
$W_{Elect}$	Consumo de energía eléctrica [MWh]
$FE_{Elect}$	Factor de emisión por consumo de energía eléctrica [t CO <sub>2</sub> /MWh]

El  $FE_{Elect}$  que se deberá usar es el que publique año con año la SEMARNAT, que de acuerdo con su último reporte emitido el 01 de junio de 2017, se podrá usar el factor de emisión eléctrico reportado al 2015 y que corresponde a **0.458 toneladas de CO<sub>2</sub> / MWh**.

**Tabla 2.27.** Factores para el cálculo de emisiones directas e indirectas de GEI.

Combustible	CO <sub>2</sub> (t/MJ)	CH <sub>4</sub> (t/MJ)	N <sub>2</sub> O (t/MJ)
Diesel	7.41 E-05	3.00 E-06	6.00 E-07
Gasolina y naftas	6.93 E-05	3.00 E-06	6.00 E-7
Diesel marítimo	0.000074100	NA	NA

A partir de la aplicación de las fórmulas y factores anteriores, en la se presentan las estimaciones de la cantidad de emisiones de GEI que se generarán durante las diferentes etapas de implementación del Proyecto (Tabla 2.28).

**Tabla 2.28.** Estimación de la generación de Gases de Efecto Invernadero por etapa del Proyecto.

Etapa de Preparación y Construcción					
Combustible	Consumo (L/año)	CO <sub>2</sub> (t/MJ)	CH <sub>4</sub> (t/MJ)	N <sub>2</sub> O (t/MJ)	Emisiones anuales GEI (tCO <sub>2</sub> e/año)
Diesel	264,000	617.37	0.22	0.07	642.49
Gasolina	528,000	1,485.63	0.08	0.08	1,508.54
Diesel marítimo	80,000	225.10			225.10
Etapa de Operación					
Combustible	Consumo (m <sup>3</sup> /año)	CO <sub>2</sub> (t/MJ)	CH <sub>4</sub> (t/MJ)	N <sub>2</sub> O (t/MJ)	Emisiones anuales GEI (tCO <sub>2</sub> e/año)
Diesel marítimo	80,000	225.10			225.10

### **2.11. Supervisión de las actividades durante las diferentes etapas del Proyecto**

El proyecto se desarrollará al interior del predio del Desarrollo turístico Grand Sirenis (DTGS) el cual cuenta con su propia autorización en materia de impacto ambiental a través de los oficios D.O.O.DGOEIA.-06413, S.G.P.A./DGIRA/DG/0226.05, 04/SGA/2802/19 y su última modificación SGPA/DGIRA/DG/04017. Como parte de la autorización del proyecto se contempla un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental, a través del cual se llevará a cabo el monitoreo de las estructuras para verificar su condición (Capítulo 6), este, se incorporará al SMGA ya existente para el DTGS autorizado y suma los componentes necesarios para el seguimiento de este proyecto según compete a cada uno de los programas. En caso de que sea necesario, se llevarán a cabo acciones para la recuperación de la arena posterior a la acción de marejadas de tormenta, nortes o huracanes que provoquen una pérdida considerable de arena, se pondrá en marcha un programa de recuperación a partir de las mismas acciones descritas como parte del proceso constructivo para su reacomodo al interior de las estructuras de protección.



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:**  
**DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 3**

---

## CAPÍTULO 3. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

---

### 3.1. Introducción

La *Manifestación de Impacto Ambiental* es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo; conforme a su definición plasmada en el artículo 3 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. De esta forma, en cumplimiento con las disposiciones de los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), así como el Artículo 13 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA), en este capítulo se presenta la vinculación del Proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos en materia ambiental que le son aplicables.

En este apartado se demuestra de manera puntual que el proyecto es viable en cuanto a las disposiciones jurídicas ambientales que le son atribuibles, evidenciando mediante un análisis estricto el cumplimiento con las regulaciones y obligaciones respectivas. Con el fin de facilitar la consulta de la información vertida, se incluyen planos de ubicación espacial del área de estudio respecto a los diferentes instrumentos jurídicos, así como datos de referencia.

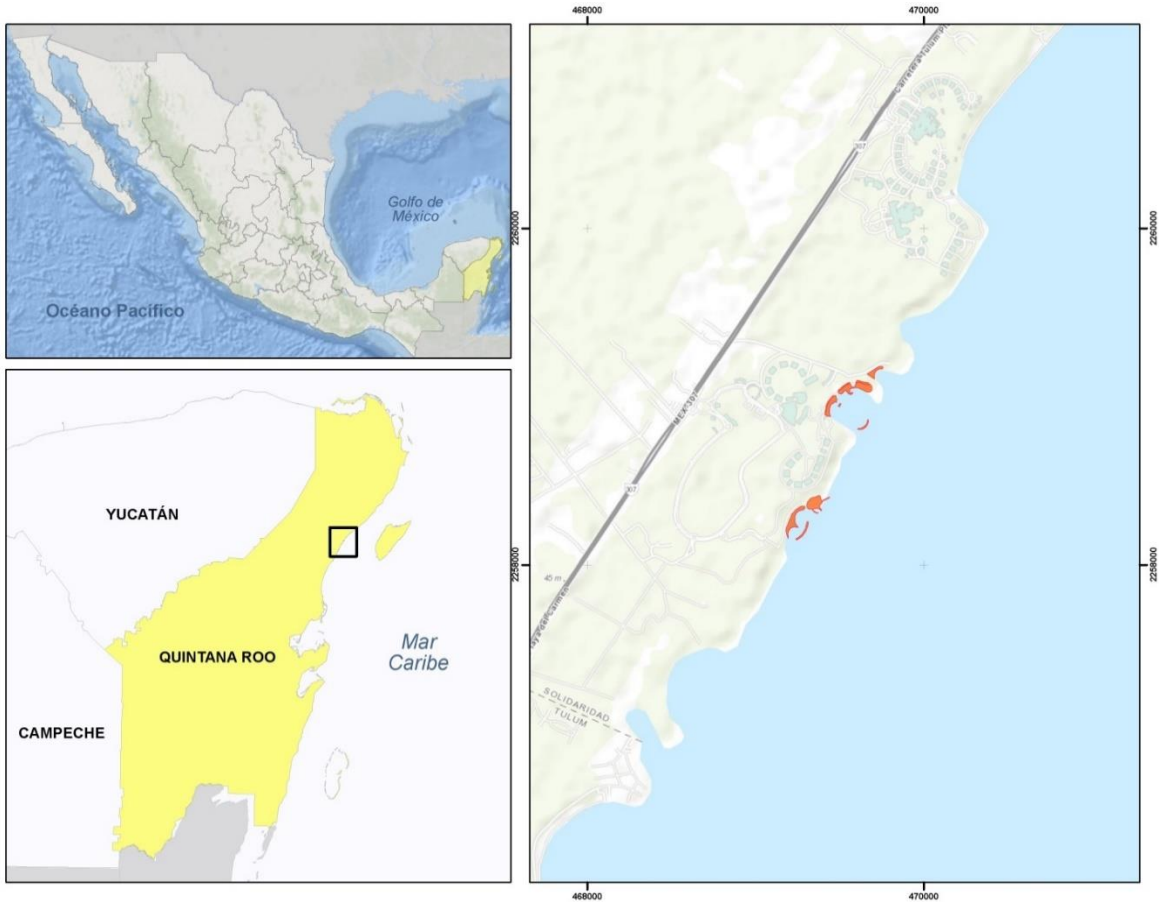
### 3.2. Información general del proyecto

El proyecto “**Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis**”, tiene como objetivo principal mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir su uso seguro y cómodo por parte de los visitantes.

Las obras y actividades del Proyecto se ubicarán en la franja marino costera al frente del DTGS, localizado entre los Km 256+100 y 260+750 de la carretera federal 307 Chetumal-Puerto Juárez en los municipios de Solidaridad y Tulum, en Quintana Roo.



**Figura 3. 1.** Localización general del Proyecto.



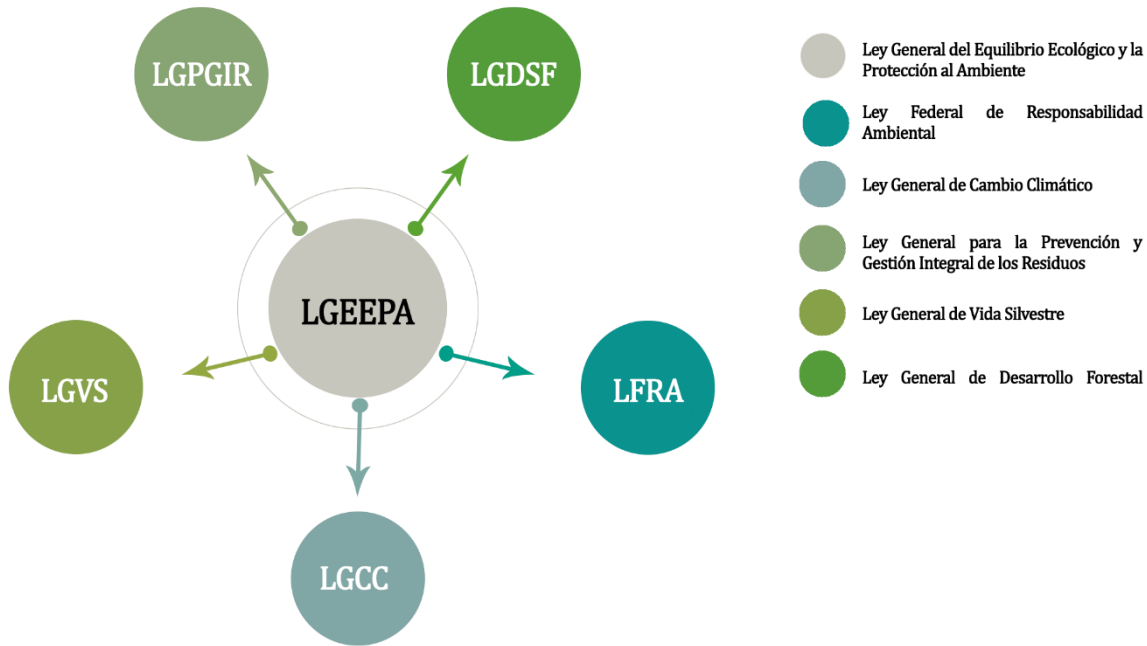
Las obras y actividades que engloban el proyecto están contenidas en los conceptos que a continuación se enlistan:

1. Estructuras de protección
2. Duna artificial
3. Caleta artificial
4. Rellenos de playa
5. Bancos de arena

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

Conforme a lo establecido en la LGEEPA y su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, el objetivo de este capítulo es analizar la vinculación y congruencia del proyecto propuesto con los diferentes instrumentos de planeación y política ambiental de carácter Estatal, Federal y Municipal, que resultan aplicables al predio de acuerdo a su ubicación geográfica. Entre los instrumentos analizados se encuentran los siguientes:

Figura 3. 2. Esquema general de las Leyes ambientales vinculadas



- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Tratados Internacionales.
  - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
  - Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Leyes Generales y Federales, así como sus respectivos Reglamentos.
  - Ley General del Equilibrio Ecológico y al Protección al Ambiente y reglamentos aplicables.
  - Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
  - Ley General de Vida Silvestre y reglamentos aplicables.
  - Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y reglamentos aplicables.
  - Ley General de Cambio Climático.
  - Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
- Leyes y Reglamentos Estatales.
  - Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo y sus reglamentos aplicables.
  - Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.
- Instrumentos de Ordenamiento Ecológico.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC)
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor Turístico Cancún- Tulum.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Solidaridad.
- Planes y Programas de Desarrollo Urbano.
  - Programa de Desarrollo Urbano del Municipio Solidaridad. Solidaridad, Quintana Roo.

- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Akumal, Municipio Solidaridad, Quintana Roo.
- Áreas Naturales Protegidas.
- Normas Oficiales Mexicanas.
  - NOM-022-SEMARNAT-2003.
  - NOM-059-SEMARNAT-2010.
  - NOM-162-SEMARNAT-2012.

### 3.3. Vinculación del proyecto con los ordenamientos jurídicos aplicables

#### 3.3.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

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



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

Esta Constitución Federal señala en su artículo 133 lo siguiente:

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

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

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

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

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

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

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

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

*Artículo 4o.*

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

5

Este artículo, así como demás referentes a Derechos Fundamentales, presenta una obligación correlativa de su respeto que no sólo se dirige a las autoridades, sino también a los gobernados. De esta forma, y de acuerdo con este numeral, toda persona deberá gozar el derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, desarrollándose en dos aspectos<sup>1</sup>:

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

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

Asimismo, y conforme a lo establecido en el párrafo primero del Artículo 27, el promovente mediante la presentación de la presente MIA-R como legítimo propietario del predio del proyecto, se ha comprometido a cumplir con las modalidades que dicta el interés público a la propiedad privada.

Con lo anterior en consideración, se da cumplimiento a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos a través del estricto cumplimiento de los criterios de regulación ecológica y urbanísticos, subordinando el ejercicio del derecho de propiedad a la aplicación de la legislación ambiental vigente y sometiendo el proceso de planificación del proyecto a los más

<sup>1</sup> Jurisprudencia I.4o.A. J/2 (10a.), sostenida por el Cuarto Tribunal Colegiado en materia Administrativa del Primer Circuito, visible en la página 1627 del Libro XXV, Tomo 3 del mes de octubre de 2013; publicado en el Semanario Judicial de la Federación, Décima Época, cuyo rubro es “**Derecho a un medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar. Aspectos en que se desarrolla**”.

estrictos parámetros ambientales, con el fin de garantizar la conservación y continuidad de los ecosistemas presentes en el predio.

### 3.3.2. Tratados Internacionales

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

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

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

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

A continuación, se presenta una vinculación con los Tratados Internacionales firmados por

#### 3.3.2.1. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*

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

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

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



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

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

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

Asimismo, los artículos 3° y 4° de este Decreto, señalan principios y compromisos para prevenir, mitigar o reducir las causas del cambio climático, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible para las generaciones futuras; los cuales se considerarán en el diseño y operación del Proyecto. De este modo, por medio de los instrumentos jurídicos que guían el desarrollo ambiental de nuestro país, se verifica que el proyecto dé cumplimiento a lo establecido en ellos.

### **3.3.2.2. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo**

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

**Tabla 3. 1. Vinculación del Proyecto con la Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo**

<b>Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo</b>	
<b>Principio 1</b>	Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
La promovente se compromete a realizar un Proyecto que se enfocará en el desarrollo sostenible de la zona, propiciando el turismo sustentable en la región sureste de México. El Proyecto realizó una caracterización ambiental previo al diseño del mismo, con el fin de esbozar la infraestructura de una forma armónica que se integre con el ecosistema presente en el Sistema Ambiental Regional.	
<b>Principio 3</b>	El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
El Promovente reconoce y adoptará las medidas que aseguren un aprovechamiento que atienda las condiciones presentes sin comprometer las necesidades y el desarrollo de las futuras generaciones, conforme a lo descrito en esta MIA-R.	
<b>Principio 4</b>	A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma

	aislada.
	Se cumple este principio mediante el establecimiento de áreas específicas del Proyecto como zonas de conservación, no afectando la integridad de los ecosistemas presentes dentro del predio y el Sistema Ambiental Regional descrito en el Capítulo 4; logrando un equilibrio mediante estrictas medidas de compensación y mitigación que se establecen en el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible incluido en el Capítulo 6, tomando como base fundamentos técnicos y científicos, así como la experiencia dentro del sector.
<b>Principio 15</b>	Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de preocupación conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
	Esta es una obligación dirigida a las autoridades, sin embargo, al respetar y acatar las obligaciones incluidas en los ordenamientos jurídicos aplicables de índole ambiental, así como diseñando y aplicado las medidas de mitigación y compensación necesarias, se cumple con lo establecido en este Tratado.

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

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

***“Artículo 2. Obligación de adoptar disposiciones de derecho interno.***

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

(...)

***Artículo 11. Derecho a un medio ambiente sano***

*1. Toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con servicios públicos básicos.*

*2. Los Estados Partes promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente.”*

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

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

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

#### 3.3.2.4. *Agenda para el Desarrollo Sostenible*

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

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

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

*11. Reafirmamos los resultados de todas las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas, que han establecido una base sólida para el desarrollo sostenible y han ayudado a conformar la nueva Agenda, en particular la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Social, el Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo, la Plataforma de Acción de Beijing y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Reafirmamos también las actividades de seguimiento de esas conferencias, incluidos los resultados de la Cuarta Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países Menos Adelantados, la Tercera Conferencia Internacional sobre los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Países en Desarrollo Sin Litoral y la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres.*

*12. Reafirmamos todos los principios de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, incluido, entre otros, el de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, que se enuncia en el principio 7 de esa Declaración.”*

De esta forma, el presente Proyecto se compromete a incorporar sus operaciones dentro de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, diseñando e implementando diversas medidas alineadas a este Acuerdo, medidas que son descritas a detalle en el Capítulo 6 de esta MIA.

De igual forma, dando cumplimiento a lo establecido en los Tratados Internacionales vinculados previamente, se verifica la observancia y el compromiso de la empresa promotora con estos ODS.

#### 3.3.3. **Leyes Generales y Federales**

Nuevamente refiriendo al artículo 133 de la Constitución Federal, se señala que la misma, en conjunto con las Leyes que emanen del Congreso de la y los Tratados Internacionales en los que México forma parte; serán la Ley Suprema del Estado. Aunado a lo anterior, la Tesis P.

VIII/2007 emitida por el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, visible en la página 6 del Tomo XXV del mes de abril de 2007; señala que el artículo constitucional previamente citados se refiere, no a las *Leyes Federales*, sino a aquellas que inciden en todos los órdenes jurídicos parciales que integran al Estado Mexicano, es decir, las *Leyes Generales*.

En ese sentido, las Leyes Generales son normas jurídicas aplicables en todo el territorio nacional cuya formulación compete a la Federación en cumplimiento de sus atribuciones, y que surgen para normar determinado campo específico. A continuación, se presenta la vinculación tanto de las Leyes Generales como las Leyes Federales en la materia con el presente Proyecto.

**3.3.3.1. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1998, teniendo por objeto reglamentar las disposiciones constitucionales que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en el territorio nacional; así como de las zonas donde la nación ejerce su soberanía nacional.

Esta Ley se puede considerar como el eje rector del sistema jurídico ambiental de México, por lo que es importante atender las disposiciones establecidas en la misma, así como sus reglamentos y demás normas derivadas.

El proyecto se vincula con la presente ley al requerir éste de la Autorización de Impacto Ambiental en su modalidad Regional que debe de emitir la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. La vinculación con esta norma se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3. 2.** Vinculación del Proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 15. Para la formulación...</p> <p>Fracción IV. - Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;</p>	<p>El Proyecto da cumplimiento a esta disposición por medio de la implementación de diversas acciones y medidas encausadas a prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos negativos que se pudieran ocasionar durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, las cuales se pueden consultar en el Capítulo 6 de esta Manifestación de Impacto Ambiental.</p>
<p>ARTÍCULO 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes</p>	<p>Con la presentación de este documento se verifica el requisito establecido en los numerales I, VII, IX, y X, presentando la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente.</p>

<p>pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</p> <p>...</p> <p>I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;</p> <p>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</p> <p>IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;</p> <p>X.- Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo</p>	
<p>ARTÍCULO 29. Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.</p>	<p>El Capítulo 3 sujeto a revisión de la Autoridad, contiene la vinculación con los ordenamientos jurídicos en materia ambiental y demás disposiciones estatales y locales aplicables.</p>
<p>ARTÍCULO 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>	<p>Con la presentación de esta MIA, se describe el proyecto, los impactos ambientales a generarse y las medidas de mitigación y compensación a adoptar. Lo anterior se describe a detalle en los Capítulos 5 y 6 del presente documento de evaluación de impacto ambiental.</p>
<p>ARTÍCULO 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.</p>	<p>La promovente manifiesta que el proyecto no contempla la descarga o infiltraciones de aguas residuales a cuerpos de agua.</p> <p>Las aguas residuales que se generen durante el desarrollo de las obras por el uso de baños portátiles su disposición se realizará mediante una empresa debidamente autorizada para dar el servicio y que emita los certificados</p>



	<p>correspondientes de cumplimientos.</p> <p>Las aguas residuales que se generen serán descargadas a utilizadas para actividades como el riego de las áreas verdes, cumpliendo con la calidad de agua a que se hace referencia en la vinculación a la Ley de Aguas Nacionales, su reglamento y la normatividad de la materia.</p>
<p>ARTÍCULO 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.</p>	<p>La promovente tiene en consideración que en las etapas de operación y mantenimiento se prevé la generación controlada de residuos líquidos peligrosos como: thinner, restos de pintura aceitosa, brochas, plásticos, esmaltes, estopas impregnadas de residuos y aceite industrial.</p> <p>Para el manejo correcto de estos residuos peligrosos se aplicarán las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos que forma parte del Sistema de Manejo y Gestión Sostenible (SMGS) del Proyecto. Este Programa contempla el almacenaje temporal y confinamiento de este tipo de residuos, mismos que serán colocados en un área que se habilitará como almacén temporal de residuos peligrosos para su posterior entrega a empresa autorizada por SEMARNAT para la colección, transporte, tratamiento y disposición final dentro de un Plan Integral de Residuos Peligrosos, apegándose dichas acciones a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.</p>

**3.3.3.2. Ley General de Vida Silvestre**

La presente Ley General de Vida Silvestre fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 3 de julio del año 2000 y su objetivo es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, 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 en el territorio de la República Mexicana y de las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción.

**Tabla 3. 3.** Vinculación del Proyecto con la Ley General de Vida Silvestre

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.</p>	<p>El predio del proyecto se ubica en una zona en donde se encuentran diferentes especies de vida silvestre, por lo que se seguirán todas las especificaciones establecidas en los ordenamientos jurídicos aplicables. Asimismo, se manifiesta que el Proyecto no contempla ningún tipo de aprovechamiento extractivo de la vida silvestre.</p> <p>Aunado a lo anterior, previo a las actividades de</p>

<p>Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.</p>	<p>preparación del sitio, un especialista realizará recorridos en las áreas de trabajo para realizar las acciones que mejor correspondan con el fin de rescatar a los ejemplares de flora y fauna que lo requieran y trasladarlos a las áreas de conservación del proyecto, siguiendo lo establecido en el Programa de Biodiversidad del proyecto.</p>
<p>ARTÍCULO 59. Los ejemplares confinados de las especies probablemente extintas en el medio silvestre serán destinados exclusivamente al desarrollo de proyectos de conservación, restauración, actividades de repoblación y reintroducción, así como de investigación y educación ambiental autorizados por la Secretaría.</p>	<p>El proyecto no contempla el confinamiento de ninguna especie, salvo durante el periodo de recuperación de individuos rescatados y solo en caso necesario. Asimismo, el proyecto no incluye el manejo de especies probablemente extintas en el medio silvestre</p>

**Artículo 60 TER:** *Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.*

*Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.*

De esta manera, la LGVS exceptúa la prohibición y permite la autorización de obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar, así como aquellas que no afecten la integralidad de:

- a) el flujo hidrológico del manglar;
- b) el ecosistema y su zona de influencia;
- c) su productividad natural;
- d) la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos;
- e) las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;
- f) las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, y que
- g) no provoquen cambios en las características y servicios ecológicos.

**Vinculación:**

Como se indica en el Capítulo 4 de esta MIA-R, el diseño del proyecto cuenta con la delimitación de un Sistema Ambiental Regional, el cual tiene la función de identificar los componentes ecológicos presentes en el predio con fundamento en bases científicas y técnicas.

El Proyecto consiste en la modificación y mejora de la playa rocosa y playa arenosa a través de la construcción de estructuras de protección, dunas artificiales y la construcción de una caleta artificial. Para ello se requerirá de la extracción de arena de bancos marinos cercanos al área del proyecto, mismos que forman parte de las actividades propuestas a través de la presente MIA-R.

- a) Integridad del flujo hidrológico: La construcción de las obras propuestas por el proyecto no afectarán los flujos hidrológicos superficiales ni los escurrimientos pluviales naturales

que llegan a la cuenca donde se desarrolla el manglar. Ya que ninguna de las obras o actividades del proyecto se desarrollan sobre este tipo de ecosistema y además ninguna requerirá de la extracción de agua del manto freático ni de inyección de agua al mismo, no se verá afectada la hidrología superficial ni la subterránea. En cuanto a la caleta artificial, se realizó un estudio geohidrológico particular para esa zona de manera que se verificó que el diseño de las mismas tal y como se presenta en esta MIA-R no causará alteraciones a la hidrología subterránea. En caso contrario, se modificará el proyecto para garantizar lo anterior y se someterá dicha modificación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que corresponda.

- b) Integridad del ecosistema y su zona de influencia: El proyecto no considera el aprovechamiento de vegetación de manglar durante ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que se conserva el 100% de su superficie y se mantienen sus condiciones naturales en cuanto a su topografía, edafología y vegetación originales, por lo que es posible sostener que se garantiza la integridad del ecosistema y su zona de influencia.
- c) Productividad natural: Debido a que el proyecto conserva el 100% de la vegetación de manglar y ya que no altera la hidrología en el SAR, se mantendrán los ciclos de energía y nutrientes en el ecosistema que son indispensables para garantizar el desarrollo y mantenimiento de la vegetación en buen estado, por lo que su productividad natural no se verá afectada.
- d) Capacidad de carga natural del ecosistema para turistas: El proyecto conserva el 100% de la vegetación de manglar en el SAR y ya que no incluye ningún tipo de actividad turística, mantendrá la capacidad de carga natural del ecosistema para este tipo de uso.
- e) Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje: Ya que el proyecto no contempla aprovechamiento alguno de superficie de manglar ni afectará su topografía ni edafología, se puede asegurar que se mantendrán las características del ecosistema que permiten la anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de la fauna nativa.
- f) La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales: Ya que el proyecto conservará el 100% de la vegetación del manglar y no afectará su topografía ni su edafología, así como tampoco afectará a ecosistemas aledaños. Por lo tanto, no se afectará la relación entre el humedal costero y la zona marina adyacente ni entre ésta y los arrecifes coralinos.
- g) Cambio de las características ecológicas: El proyecto no generará cambios en las características ecológicas del humedal ya que no modificará su topografía ni edafología, conservará el 100% de la vegetación de manglar.
- h) Servicios ecológicos y ecofisiológicos: El proyecto no afectará los servicios ecológicos ni ecofisiológicos del humedal costero ya que no modificará su topografía ni edafología, conservará el 100% de la vegetación de manglar.

De esta forma, se da cumplimiento y es congruente con todos los supuestos establecidos en este artículo, y por consecuencia, en la Ley General de Vida Silvestre, por lo que es sujeto de aprobación por parte de la autoridad ya que:

1. Constituye un Proyecto que busca la sostenibilidad, incluyendo los ecosistemas costeros.
2. No afecta la integralidad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y su zona de influencia, de su productividad natural, de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos, de la zona de anidación, reproducción, refugio y alevinaje.
3. No afecta la integralidad de las interacciones entre el manglar, no existen ríos, se respeta la vegetación costera y la conformación de la duna, además de la zona marina adyacente.
4. No provoca cambios negativos en las características y servicios ecológicos del humedal, por el contrario, promueve acciones de mejoramiento y rehabilitación, con la finalidad de aumentar los bienes y servicios ambientales del ecosistema, conforme se establece en el Programa de Conservación de Hábitat y el Programa de Monitoreo de Manglar y Dunas.
5. Los efectos secundarios de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales favorecerán la evolución del ecosistema.

**3.3.3.3. Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas**

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de enero del 2014 la cual es de competencia federal y la interpretación de sus disposiciones corresponde a las autoridades federales. La presente ley tiene por objeto el control y la prevención de la contaminación o alteraciones al mar por vertimientos en las zonas marinas mexicanas.

**Tabla 3. 4.** Señala los artículos vinculantes con la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Disposición Legal Aplicable	Vinculación Legal
<p>Artículo 3.- Es vertimiento en las zonas marinas mexicanas, cualquiera de los supuestos siguientes:                      Toda evacuación, eliminación o liberación en las zonas marinas mexicanas, deliberada o accidental, de desechos u otras materias incluyendo aguas de lastre alóctonas provenientes de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones.                      La colocación de materiales u objetos de cualquier naturaleza, con el objeto de crear arrecifes artificiales, muelles, espigones, escolleras, o cualquier otra estructura.                      La resuspensión de sedimento, consistente en el regreso del sedimento depositado a un estado de suspensión en el cuerpo de agua, por cualquier método o procedimiento, que traiga como consecuencia su sedimentación.</p>	<p>De acuerdo con el presente artículo el proyecto realizará vertimientos a la zona marina mexicana del tipo que se describen en los apartados VI y VII, los cuales se realizarán en pleno cumplimiento a los términos y condiciones que se señalan en el artículo 4, de la presente ley.</p>
<p>Artículo 4.- Todo vertimiento se realizará en los términos y condiciones que señala la presente Ley. Está prohibida la incineración de desechos u otras materias, en las zonas marinas mexicanas, asimismo, está prohibida la importación y exportación de desechos u otras materias para su</p>	<p>Como se puede apreciar en el capítulo II de la presente MIA-R, las acciones a realizarse en la zona marina no se efectuará en ninguna etapa del proyecto la incineración de desechos u otras materias, ni la importación y exportación de desechos u otras materias para su vertimiento o</p>

<p>vertimiento o incineración, por lo que toda contravención será sancionada en términos de la presente Ley.</p>	<p>incineración dentro de la zona marina mexicana, ni en ninguna otra zona, ya que parte del proyecto es colocar estructuras de protección, conformación para formar duna artificial y relleno de una zona con arena, con el fin de mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, Apoyándose con estructuras de protección que, se realizaran en sitios estratégicos (previamente analizados) con el fin de ayudar a la contención de los sedimentos y evitaran la erosión de las playas por efectos del oleaje, las mareas, viento, huracanes.</p>
<p>Artículo 18.- La Secretaría otorgará permiso para vertimiento a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana o extranjeras, previo el cumplimiento de los requisitos que se establecen en la presente Ley, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas, o en su caso, en función de la evaluación de los resultados de los estudios técnicos e información científica aplicable en la materia, que deberá presentar el interesado.</p>	<p>Obtenida la autorización ambiental del proyecto que deberá ser emitida por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, se solicitará ante la Secretaria de Marina el permiso correspondiente para realizar los trabajos en la zona marina que forman parte del presente proyecto.</p>

**3.3.3.4. Ley General de Bienes Nacionales**

La Ley General de Bienes Nacionales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 20 de mayo del año 2004. Tiene por objeto establecer: los bienes que constituyen la Nación, así como la competencia entre las dependencias administradoras de inmuebles.

**Tabla 3. 5.** Señala los artículos vinculantes de la Ley General de Bienes Nacionales con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Disposición Legal Aplicable	Vinculación Legal
<p><b>ARTÍCULO 4.-</b> Los bienes nacionales estarán sujetos al régimen de dominio público o a la regulación específica que señalen las leyes respectivas. Esta Ley se aplicará a todos los bienes nacionales, excepto a los bienes regulados por leyes específicas. Respecto a estos últimos, se aplicará la presente Ley en lo no previsto por dichos ordenamientos y sólo en aquello que no se oponga a éstos.</p>	<p>Toda vez que las actividades más importantes del Proyecto se llevarán a cabo en bienes nacionales, se señala que el mismo dará estricto cumplimiento a todas las disposiciones legales que le resulten aplicables en la materia, particularmente en los trámites de obtención de permisos, autorizaciones y concesiones para realizar actividades en dichos bienes.</p>
<p><b>ARTÍCULO 7.-</b> Son bienes de uso común:</p> <p><b>I.-</b> El espacio aéreo situado sobre el territorio nacional, con la extensión y modalidades que establezca el derecho internacional;</p> <p><b>II.-</b> Las aguas marinas interiores, conforme a la Ley Federal del Mar;</p> <p><b>III.-</b> El mar territorial en la anchura que fije la Ley</p>	<p>La autoridad al momento de emitir la resolución correspondiente, deberá de estar en el entendido que el conjunto de obras y actividades que integran el proyecto para la restauración de playas y ambientes costeros frente al complejo turístico Sirenis, no se contraponen con lo establecido en el presente artículo, al estar en el entendido de que las zonas donde se realizará el proyecto son de uso común, consideradas en términos del artículo 27 constitucional propiedad de la nación. Obtenida la autorización apegándose a los términos y</p>



<p>Federal del Mar;</p> <p><b>IV.-</b> Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujo hasta los límites de mayor flujo anuales;</p> <p><b>V.-</b> La zona federal marítimo terrestre;</p>	<p>condicionantes de la misma la beneficiada emitirá las notificaciones correspondientes ante las autoridades competentes.</p>
<p>ARTÍCULO 119.- Tanto en el macizo continental como en las islas que integran el territorio nacional, la zona federal marítimo terrestre se determinará:</p> <p>I.- Cuando la costa presente playas, la zona federal marítimo terrestre estará constituida por la faja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o, en su caso, a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta cien metros río arriba; [...]</p>	<p>El Proyecto da cumplimiento a este precepto toda vez que uno de los objetivos propios del Proyecto es recuperar la ZOFEMAT a que se refiere este precepto, respecto de la ZOFEMAT ubicada frente al PROYECTO y que se ha ido perdiendo por los fenómenos erosivos y meteorológicos que han afectado la región. Para llevar a cabo las Obras y actividades planteadas por el Proyecto, el promovente previa obtención de la AIA del Proyecto por parte de esa DGIRA, solicitará los permisos de obras correspondientes ante la DGZFMTAC de la SEMARNAT para la realización de las obras en zona federal que plantea el Proyecto, particularmente por lo que se refiere al relleno de la playa situada frente al Hotel.</p>
<p>ARTÍCULO 124.- Sólo podrán realizarse obras para ganar artificialmente terrenos al mar, con la previa autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y con la intervención de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, las cuales determinarán la forma y términos para ejecutar dichas obras (...)</p> <p>En las autorizaciones que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales otorgue a particulares para realizar obras tendientes a ganar terrenos al mar se establecerán los requisitos, condiciones técnicas y plazo para su realización, el monto de la inversión que se efectuará, el uso o aprovechamiento que se les dará, así como las condiciones de venta de la superficie total o parcial susceptible de enajenarse, en las que se considerarán, en su caso, las inversiones realizadas por el particular en las obras.</p>	<p>A través del presente documentos, se solicita la autorización a la SEMARNAT para recuperar el espacio de playa en la Zona Costera del municipio de Solidaridad, por lo que se da cumplimiento a lo establecido en este artículo.</p>

**3.3.3.5. Ley de Aguas Nacionales**

La presente ley fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el día 01 de diciembre de 1992 en la cual se establece la reglamentación del artículo 27 constitucional en materia de agua nacionales, de observancia general en todo el territorio nacional.

**Tabla 3. 6.** Que señala los artículos vinculantes de la Ley de Aguas Nacionales con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Disposición Legal Aplicable	Vinculación Legal
<p>ARTÍCULO 17. Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para uso doméstico conforme a la fracción LVI del Artículo 3 de esta Ley, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos de la reglamentación aplicable.</p> <p>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</p>	<p>El Proyecto cumple con esta disposición al no requerir de concesión alguna para el uso de aguas marinas pertenecientes al mar territorial esto debido a que el proyecto es mejorar las playas que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis y no está relacionada con la desalinización del agua de mar</p> <p>Así mismo el Programa de Manejo Ambiental diseñado para el proyecto tiene contemplado un Subprograma de Monitoreo de la Calidad del Agua. El cual contempla la evaluación del agua en la zona marina adyacente, así como de las caletas de agua salada que se realicen, el monitoreo será realizado por una empresa autorizada ante la Entidad Mexicana de Acreditación.</p> <p>El agua localizada en la zona del mar territorial será empleada para preparar la mezcla de arena y agua de mar con la cual serán rellenados los geotubos que reconformarán la duna costera y su sistema de protección, así como otros elementos constructivos de las Obras de protección consideradas por el Proyecto.</p>

**3.3.3.6.** *Ley de Puertos*

**Tabla 3. 7.** Que señala los artículos vinculantes de la Ley de Puertos.

Disposición Legal Aplicable	Vinculación Legal
<p>ARTÍCULO 16.- La autoridad en materia de puertos radica en el Ejecutivo Federal, quien la ejercerá por conducto de la Secretaría, a la que, sin perjuicio de las atribuciones de otras dependencias de la Administración Pública Federal, corresponderá: [...]</p> <p>VII. Autorizar las obras marítimas y el dragado con observancia de las normas aplicables en materia ecológica; [...]</p>	<p>El Proyecto dará cumplimiento a la LP una vez que obtenga la autorización de impacto ambiental de esa DGIRA de la SEMARNAT, toda vez que ésta es requisito indispensable para la obtención de la autorización de obras marítimas y extracción de arena que será ocupada para la rehabilitación y recuperación de la línea de costa y la playa planteadas por el Proyecto.</p>

**3.3.3.7.** *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).*

Esta Ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

**Tabla 3. 8.** Vinculación con la LGPGIR

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 5. Para los efectos de esta Ley se entiende por (...)</p> <p>X. Gestión Integral de Residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región;</p> <p>XVII. Manejo Integral: Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social;</p> <p>(...)</p> <p>XXX. Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;</p> <p>(...)</p> <p>XXXII. Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley;</p> <p>XXXIII. Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares</p>	<p>Se atenderán las clasificaciones establecidas en este artículo para el manejo integral de los residuos.</p>

<p>públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole...</p>	
<p>ARTÍCULO 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.</p>	<p>El proyecto da cumplimiento a lo señalado, ya que realiza el manejo y disposición final de los residuos peligrosos conforme a lo indicado en este artículo y las normas oficiales mexicanas.</p> <p>Al respecto, se considera la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos y sus Subprogramas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos.</li> <li>• Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos y Sanitarios.</li> <li>• Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos.</li> </ul> <p>En el <b>Capítulo 6</b> de esta MIA se establecen las medidas y lineamientos que el Proyecto realizará para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial, conforme a lo indicado en este dispositivo y las Normas Oficiales Mexicanas. Cada tipo de residuo tendrá su manejo y disposición final específico.</p>
<p>ARTÍCULO 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.</p>	<p>El proyecto considera que los residuos sólidos generados durante la operación del proyecto, serán separados en residuos orgánicos e inorgánicos, éstos últimos a su vez se clasificarán en reciclables y no reciclables. Seguidamente serán colocados en contenedores especiales ubicados estratégicamente cerca de las fuentes de generación y respetando esta clasificación. Esta actividad será vigilada a través del Programa de Manejo Integral de Residuos y sus Subprogramas.</p>
<p>ARTÍCULO 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación: [...] VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.</p>	<p>Los residuos de manejo especial que se generen con motivo del desarrollo del proyecto, como lo son los escombros y demás residuos de construcción, serán manejados conforme a la normatividad y dispuestos a través de prestadores de servicio que cuenten con las autorizaciones locales.</p> <p>Para el caso específico, se atenderá a lo establecido en la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, con una observancia estricta de las clasificaciones y subclasificaciones que ahí se indiquen.</p> <p>El escombro generado se acopiará en un área designada para ello dentro de la zona industrial en donde será recolectado para su disposición final por una empresa debidamente acreditada, como se menciona en el párrafo anterior.</p> <p>Estas actividades serán supervisadas a través del Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos contemplado para el proyecto, dando así cumplimiento con lo indicado en este artículo.</p>

<p>ARTÍCULO 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.</p>	<p>El Proyecto se apegará a las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos que forma parte del SMGS.</p> <p>Asimismo, la empresa promovente tomará las medidas adicionales pertinentes para asegurar que el Proyecto cumpla con todas las disposiciones establecidas en las NOM's de la materia, llevando un manejo integral de los residuos peligrosos. Los programas de manejo de residuos se describen de manera detallada en el Capítulo 6 de esta MIA-R.</p>
<p>ARTÍCULO 31. Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:</p> <p>I. Aceites lubricantes usados;</p> <p>II. Disolventes orgánicos usados;</p> <p>IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;</p> <p>XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol, y</p> <p>XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.</p>	<p>El promovente dará cumplimiento a este precepto implementando las medidas establecidas en el Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos incluido en el Programa de Manejo Integral de Residuos del SMGS del Proyecto, las cuales pueden revisarse con detalle en el Capítulo 6 de esta MIA.</p>
<p>Artículo 40.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven...</p>	<p>Todos y cualquier residuo peligroso que llegue a generarse durante el proyecto, será manejado conforme a la LGPGIR, las medidas de prevención y control establecidas en el Capítulo 6 de esta MIA, y el SMGA de la Promovente, al que se adherirá el Proyecto.</p>
<p>ARTÍCULO 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.</p>	<p>El manejo de los residuos peligrosos que se generen se hará con el máximo cuidado y se entregarán a un proveedor autorizado por la Secretaría para su disposición final, como lo indica el Capítulo 6 de esta MIA.</p>
<p>ARTÍCULO 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.</p> <p>La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a</p>	<p>La sociedad promovente del proyecto, se cerciorará que las empresas que subcontrate para el manejo y disposición final de los residuos cuenten con las autorizaciones de esta Secretaría y está consciente de su responsabilidad en el proceso.</p> <p>Asimismo, antes de ser entregados a la empresa responsable de su disposición final, se realizará su adecuado manejo de acuerdo a lo establecido en el Programa de Manejo integral de residuos y un Subprograma de Manejo de residuos peligrosos que se detalla en el <b>Capítulo 6</b> de la presente MIA.</p>



<p>quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.</p> <p>Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.</p>	
<p>ARTÍCULO 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.</p>	<p>La sociedad promovente, se asegurará que no se mezclen los residuos peligrosos con otros, aplicando los criterios establecidos en la NOM-054-SEMARNAT-1993.</p> <p>Lo anterior a través de un manejo adecuado según lo establecido en el Programa de Manejo integral de residuos y un Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos.</p> <p>De igual forma, se atenderá lo establecido en el Capítulo 6, con especial atención en evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones.</p>
<p>ARTÍCULO 95. La regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.</p>	<p>La empresa promovente atenderá lo establecido en la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.</p>

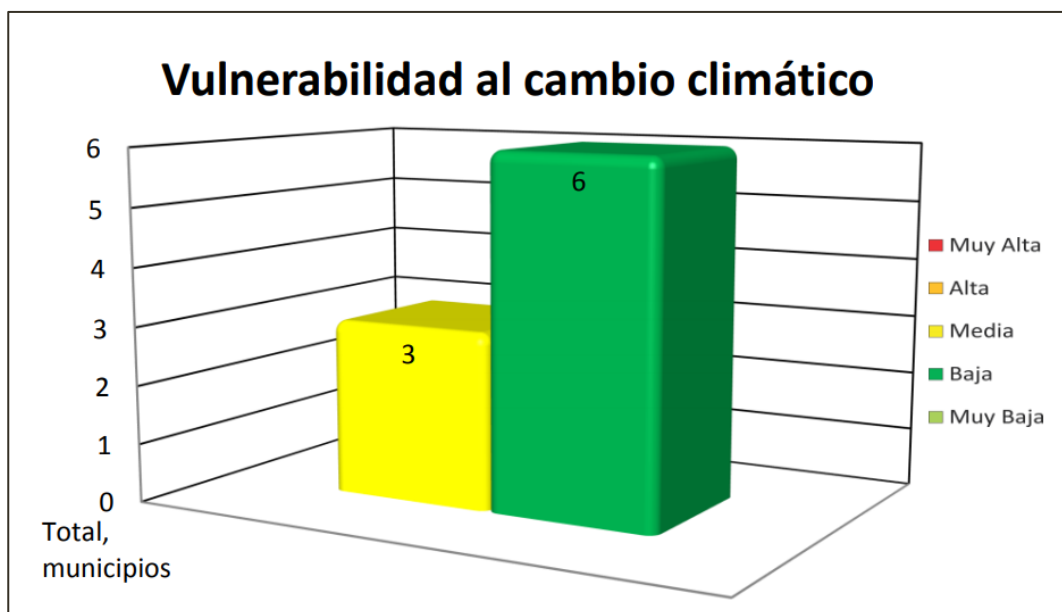
**3.3.3.8. Ley General de Cambio Climático**

La Ley General de Cambio Climático fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de junio del año 2012, misma que es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Esta Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera.

El Cambio Climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables

Por su parte, el *Atlas Climático*<sup>2</sup> de la Universidad Nacional Autónoma de México indica que en Quintana Roo no existen valores extremos de vulnerabilidad al cambio climático, sin embargo, es susceptible a la afectación de fenómenos naturales extremos. Asimismo, este documento identifica que la vulnerabilidad al cambio climático en los municipios del Estado de Quintana Roo es en su mayoría baja, conforme a lo establecido en la siguiente figura recuperada del sitio <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/PDFs/QuintanaRoo.pdf>:

**Figura 3. 3.** Vulnerabilidad al Cambio Climático. Atlas Climático UNAM.



De esta forma, en 2013 se publicó el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Quintana Roo (PEACCQROO), el cual establece medidas de adaptación al cambio climático que serán vinculadas en su apartado respectivo.

**Tabla 3. 9.** Vinculación del Proyecto con los artículos aplicables de la LGCC

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
ARTÍCULO 2.- Esta ley tiene por objeto:  [...]  IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;	La empresa promovente presta especial atención en ser un Proyecto sustentable y ambientalmente viable. Es así, que el Proyecto contará con tecnología y equipos ahorradores que no contribuyan de manera negativa al cambio climático. Asimismo, contará con distintas acciones encaminadas a la protección de los recursos naturales, descritas en el Capítulo 6 de la presente MIA.
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de:	El Presente proyecto está planteado para sustentable, pensado en mitigar algunos de los efectos del cambio climático a presentarse en la línea de costa adyacente al proyecto y a su vez

<sup>2</sup> Fernandez-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno 2018. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>

<p>I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;</p> <p>II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;</p> <p>IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;</p> <p>VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;</p> <p>Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad, (...)</p>	<p>éste contribuirá a mejorar las condiciones actuales de los ecosistemas marinos y terrestres así como su biodiversidad, ya que se evaluaron diferentes tipos de opciones posibles para mejorar las playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, mismas que se han visto afectadas perdido vegetación terrestre y parte del área de anidación de las tortugas marinas que cada año arriban a esta zona para depositar sus huevos. Con la implementación del presente proyecto, se busca mejorar las condiciones de las playas que se caracterizan por ser principalmente de suelo rocoso con zonas de difícil acceso que resultan no aptas para el desarrollo de actividades de recreación. Para lo cual se pretenden realizar un conjunto de acciones, entre las cuales se encuentran la colocación de estructuras de protección en la zona marina para minimizar los efectos del oleaje, dunas artificiales reforestadas con vegetación nativa para evitarla la afectación de la vegetación por el arrastre de la arena y rellenado de playa, para extender la superficie de la playa arenosa.</p> <p>En relación a la responsabilidad ambiental señalada en los capítulos II y VI de la MIA-R, se presentan una serie de medidas para prevenir, mitigar o en su caso compensar algún daño ocasionado al medio ambiente tanto marino como terrestre, que puede darse por la construcción del proyecto, entre las cuales destacan el uso de cortinas anti dispersión, la reubicación de organismos localizados en el área de afectación del proyecto, así como la implementación del programa para el rescate de la vegetación. En el capítulo 6 se describe a detalle el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible desarrollado para el proyecto.</p>
<p>ARTÍCULO 27.- La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos:</p> <p>I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático;</p> <p>II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos;</p> <p>III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático;</p>	<p>Este proyecto se somete a la Evaluación de Impacto Ambiental, misma que deriva de la política ambiental nacional, dirigida a minimizar y mitigar la posible afectación al ambiente por parte de las personas físicas y morales.</p>
<p>ARTÍCULO 29.- Se considerarán acciones de adaptación:</p> <p>[...]</p> <p>IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación.</p>	<p>El Proyecto tendrá zonas específicas de conservación, donde el ecosistema se dejará intacto, como se demuestra en el Capítulo 2 de esta MIA-R. Asimismo, el Capítulo 6 describe las medidas de mitigación y compensación que el Proyecto estrictamente aplicará, contemplando acciones para mitigar el Cambio Climático.</p>

**3.3.3.9. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.**

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Esta norma señala que no se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría. Esto se cumple por medio de la presentación de esta MIA, además de no rebasar los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.

Finalmente, en atención a la fracción III del Artículo 20 de esta Ley, la Supervisión Ambiental formará parte de un **Órgano de Control Interno** dedicado a la verificación del cumplimiento de las obligaciones derivadas de las diversas leyes, licencias, autorizaciones, permisos o concesiones ambientales, así como un sistema interno de gestión y capacitación ambiental en funcionamiento permanente.

**3.3.4. Reglamentos de Leyes**

Debido a que los reglamentos contienen las disposiciones jurídicas de carácter general y con valor subordinado a la Ley de la que emanan, a continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los artículos aplicables de estos instrumentos.

**3.3.4.1. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental**

**Tabla 3. 10.** Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental

Artículo Aplicable	Vinculación Jurídica
Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS: Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros (...) R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES,	La presentación de este documento representa el compromiso del proyecto y su promovente para cumplir con lo dispuesto en esta norma jurídica.  Cabe aclarar que en el Capítulo correspondiente se hará un análisis de los impactos ambientales y se establecerán las actividades pertinentes para su mitigación y compensación.

<p>MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES (...)</p>	
<p>ARTÍCULO 10. Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades: I. Regional, o  II. Particular.</p>	<p>Por medio de la presentación de este documento, se cumplen los requisitos establecidos en el presente artículo.</p>
<p>Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: (...) III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada; (...)</p>	<p>El Proyecto cumple con esta disposición legal, al someter el trámite de Autorización de Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional sin actividad altamente riesgosa, el cual se encuentra dentro del Registro Federal de Trámites y Servicios identificado con la homoclave SEMARNAT-04-003. No se omite manifestar que la integración de la MIA-R contará con todos los requisitos establecidos en el artículo 13 del presente reglamento.</p>
<p>ARTÍCULO 13. La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad Regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción 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 y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.</p>	<p>El presente documento cumple con todos los puntos establecidos en el artículo 13, aquí vinculado.</p>

**3.3.4.2.** *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*

El presente Reglamento fue publicado por el Diario Oficial de la Federación el día 30 de noviembre del 2006, teniendo como finalidad reglamentar la Ley en la materia, la cual rige en



todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su Jurisdicción. Su aplicación se realizará por medio de la secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Tabla 3. 11.** Vinculación del Proyecto con el Reglamento de la LGPGIR

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 35. Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente:</p> <p>I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;</p> <p>II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante: [...]</p> <p>III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.</p>	<p><b>SE CUMPLE</b></p> <p>El proyecto realizará la identificación y separación de los residuos conforme a este artículo.</p> <p>Para tal efecto se cumplirá con el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible del Proyecto, el cual contempla un Programa de Manejo Integral de Residuos y un Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos.</p>
<p>ARTÍCULO 42. Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son:</p> <p>I. Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;</p> <p>II. Pequeño generador: el que realice una actividad que genere una cantidad mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida, y</p> <p>III. Microgenerador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.</p> <p>Los generadores que cuenten con plantas, instalaciones, establecimientos o filiales dentro del territorio nacional y en las que se realice la actividad generadora de residuos peligrosos, podrán considerar los residuos peligrosos que generen todas ellas para determinar la categoría de generación.</p>	<p>De acuerdo a las características del proyecto, se determina que no generará más de cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año, por lo que no se encuentra en ninguna categoría.</p>
<p>ARTÍCULO 82. Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular:</p> <p>I. Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento:</p>	<p><b>SE CUMPLE</b></p> <p>El proyecto contempla el cumplimiento de las indicaciones señaladas en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, como lo establecen los artículos 14 al 17 aplicables a los almacenamientos de este tipo de residuos, por lo que considera que el</p>

<p>a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados; (...) II. Condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas. III. Condiciones para el almacenamiento en áreas abiertas.</p>	<p>almacén de residuos peligrosos tenga las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estará separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;</li> <li>• Se ubicará en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;</li> <li>• Contará con muros, piso firme de concreto y canaletas para contención de derrames;</li> <li>• Se encontrará debidamente señalado con letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos que contenga en lugares y formas visibles.</li> </ul> <p>La vigilancia de estas actividades se realizará a través del Programa de Manejo Integral de Residuos y su Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos, dando cumplimiento a lo establecido en este artículo.</p>
<p>ARTÍCULO 91. La disposición final de residuos peligrosos puede realizarse en:  Confinamiento controlado y confinamiento en formaciones geológicamente estables.</p>	<p>La disposición final de residuos peligrosos generados, se realizará a través de una empresa subcontratada especializada y autorizada por la SEMARNAT para el manejo y confinamiento de residuos peligrosos en un sitio autorizado por la autoridad ambiental federal, a la cual se le solicitará comprobante de su autorización previa contratación de servicios</p>

**3.3.4.3. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS)**

**Tabla 3. 12.** Vinculación del Proyecto con los artículos aplicables del Reglamento de la LGVS.

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 12. Las personas que pretendan realizar cualquier actividad relacionada con hábitat, especies, partes o derivados de vida silvestre y que conforme a la Ley requieran licencia, permiso o autorización de la Secretaría, presentarán la solicitud correspondiente en los formatos que para tal efecto establezca la Secretaría [...]</p>	<p><b>SE CUMPLE</b> El proyecto no contempla un aprovechamiento extractivo de la vida silvestre; sin embargo, reducirá en lo posible el impacto que pudiese generar a la flora y la fauna en el área, aun y cuando ésta se encuentra previamente contemplado en el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible del Proyecto, mismo que cuenta con un Programa de Manejo de Vegetación y de Fauna.</p>

**3.3.4.4.** *Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.*

El presente Reglamento de la Ley en la materia fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de agosto de 1991, y establece la responsabilidad de la Federación del mantenimiento, conservación y protección de las playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

**Tabla 3. 13.** Que señala los artículos del Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial (...) vinculantes con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Disposición Legal Aplicable	Vinculación Legal
<p>ARTÍCULO 7o.- Las playas y la zona federal marítimo terrestre podrán disfrutarse y gozarse por toda persona sin más limitaciones y restricciones que las siguientes:</p> <p>I. La Secretaría dispondrá las áreas, horarios y condiciones en que no podrán utilizarse vehículos y demás actividades que pongan en peligro la integridad física de los usuarios de las playas, de conformidad con los programas maestros de control;</p> <p>II. Se prohíbe la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito por dichos bienes, con excepción de aquéllas que apruebe la Secretaría atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y</p> <p>III. Se prohíbe la realización de actos o hechos que contaminen las áreas públicas de que trata el presente capítulo.</p>	<p>El desarrollo del proyecto a largo plazo generará un bien común para los pobladores de la zona y de los turistas nacionales y extranjeros que hagan uso de las playas que sean mejoradas como se ha manifestado en la vinculación del artículo 4 de la carta magna, entendiéndose que las acciones enfocadas para mejorar las playas localizadas frente al desarrollo Sirenis permitirá un uso seguro y cómodo para los visitantes</p> <p>El proyecto no tiene visualizado la afectación de libre tránsito por la zona donde se desarrollarán las obras.</p> <p>El proyecto tiene contemplado la implementación de un plan de manejo para disponer de los residuos que sean generados y evitar contaminación de las áreas públicas.</p>
<p>ARTÍCULO 26.- Toda solicitud de concesión en los términos de la Ley y del presente Capítulo, deberá hacerse por escrito ante la Secretaría, en original y dos copias proporcionando los datos y elementos siguientes...</p>	<p>El Proyecto cuenta con la concesión correspondiente, como se señala a lo largo de esta MIA-R.</p>
<p>ARTÍCULO 31.- (...)</p> <p>Cuando se pretendan realizar obras en la zona federal marítimo terrestre, en los terrenos ganados al mar o en el predio colindante con dichos bienes ya sea directamente o a través de filiales o empresas del mismo grupo y alcancen una inversión de cuando menos doscientas mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, la Secretaría podrá otorgar un permiso hasta por dos años para la realización de las mismas en la parte de terrenos de su competencia; dicho término podrá prorrogarse por un término igual al establecido.</p> <p>Para los efectos del presente artículo y con el fin de estar en posibilidad de otorgar la concesión respectiva, el permisionario deberá dar aviso a la Secretaría de la conclusión de obras permitidas en</p>	<p>Como se sabe el presente proyecto contempla la realización de obras dentro de la zona Marina y la ZOFEMAT, una vez obtenida la autorización en materia de impacto ambiental, la promotora solicitará sus permisos ante la Secretaría, en lo que respecta al tiempo de ejecución, contemplándose que la etapa de construcción del proyecto se prevé con una duración de 2 años.</p> <p>Asimismo, la empresa promotora se compromete a notificar a la Secretaría de la conclusión de obras permitidas en un plazo no mayor de treinta días hábiles contados a partir de la fecha de la misma conclusión.</p> <p>Cuando la empresa promotora haya cumplido con los requisitos señalados en el presente</p>

<p>un plazo no mayor de treinta días hábiles contados a partir de la fecha de la misma conclusión.                  Cuando se hayan reunido los requisitos señalados en los dos párrafos anteriores, la Secretaría otorgará la concesión respectiva sin mayores requisitos.</p>	<p>artículo, se solicitará a la Secretaría que otorgue la concesión respectiva.</p>
<p>ARTÍCULO 34.- Los concesionarios o permisionarios podrán solicitar por escrito a la Secretaría, las modificaciones de las bases y condiciones conforme a las cuales se otorgó la concesión o permiso.                  En los casos procedentes, la Secretaría aprobará la modificación solicitada aplicando en lo conducente, las disposiciones contenidas en este Reglamento [...]</p>	<p>Una vez que se concluya el Proyecto, se llevarán a cabo los trámites y gestiones necesarios para la modificación de las bases de los títulos de concesión de ZOFEMAT correspondientes.</p>
<p>ARTÍCULO 55.- De conformidad con lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 5o. de este Reglamento, compete a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, otorgar concesiones, permisos y autorizaciones para el uso, aprovechamiento, ocupación y construcción de obras en el mar territorial, en las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, a cualquier depósito que se forme con aguas marítimas, lacustres o fluviales cuando formen parte de los recintos portuarios o se utilicen como astilleros, varaderos, diques para talleres de reparación naval, muelles y demás instalaciones a las que se refiere la Ley de Navegación y Comercio Marítimos. (...)</p>	<p>Una vez autorizado el Proyecto en materia de impacto ambiental, la Promovente gestionará y obtendrá los permisos necesarios ante la SCT para llevar a cabo las obras en mar territorial que prevé esta MIA-R, cumpliendo con esta disposición legal.</p> <p>No se omite manifestar que el conjunto de obras que integran el proyecto no se realizarán dentro de un recinto portuario, ni se utilizará como astillero o varadero ni ninguna otra actividad señalada en la Ley de Navegación y Comercio Marítimo. Las embarcaciones que sean contratadas para prestar sus servicios en la zona de mar para las actividades del proyecto, deberán contar con las autorizaciones que emita la Capitanía de Puerto.</p>

### 3.3.5. Leyes y Reglamentos Estatales

#### 3.3.5.1. *Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo (LEEPA QROO).*

Esta norma tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, y regular las acciones tendentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como las de protección del ambiente del Estado de Quintana Roo. Considerando la naturaleza y las características del Proyecto, es facultad de la Federación regular y autorizar las obras y actividades que conforman al presente Proyecto.

Sin perjuicio de lo anterior, se atenderán los lineamientos referentes a la prevención y control de la contaminación del agua, conforme a lo establecido en el artículo 119 de esta Ley.

**Tabla 3.12.** Señala los artículos de la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo vinculantes con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Artículo Aplicable	Vinculación Jurídica
<p>Artículo 119.- La Secretaría fomentará programas de eliminación gradual del uso de agua potable en los procesos en que se pueda utilizar aguas de reúso o tratadas.</p> <p>Para la prevención y control de la contaminación del agua, se considerarán los siguientes criterios y fundamentos:</p> <p>I.- La prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del Estado; II.- El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas; III.- Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua de jurisdicción federal, incluyendo las aguas del subsuelo; IV.- La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua; V.- Corresponde al Estado con la participación de los Municipios y la sociedad, prevenir la contaminación de aguas de jurisdicción estatal y las que tengan asignadas por la federación, así como de los recursos naturales que intervienen en su ciclo; VI.- Mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, considerando la protección de suelos y áreas boscosas así como el mantenimiento de caudales básicos y fuentes naturales de las corrientes de agua, para mantener la capacidad de recarga de los acuíferos; y VII.- El aprovechamiento del agua de lluvia constituye una alternativa para incrementar la recarga de los acuíferos así como para la utilización de ésta en actividades que no requieran de agua potable, así como también para el consumo humano, en cuyo caso, deberá dársele tratamiento de potabilización, de acuerdo con los criterios legales y técnicos correspondientes.</p>	<p>Se atenderán los criterios establecidos en este artículo con relación a la prevención y control de la contaminación del agua.</p>
<p><b>ARTICULO 154.-</b> Para el manejo de los residuos domésticos e industriales no peligrosos, se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>I.- Los residuos constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos, de ahí que sea</p>	<p>La promotora manifiesta que en las diferentes etapas del proyecto se realizará el manejo de aquellos residuos no peligrosos generados de manera cotidiana, apegándose a los planes de Manejo Integral de Residuos en los cuales se</p>



<p>ineludible su control; y                  II.- Los residuos contienen materiales reutilizables y reciclables cuya recuperación mediante técnicas y procedimientos adecuados contribuye a racionalizar la generación de tales residuos.</p>	<p>promoverá la cultura del reciclaje con la finalidad de disminuir la generación de residuos.                   Todos aquellos residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán acopiados de manera temporal hasta su entrega a los camiones recolectores del servicio de limpia municipal.                  Lo antes mencionado quedará debidamente especificado en el capítulo 6 que integra la presente MIA-R, a través del Sistema de Manejo de Gestión Ambiental, así como en los Programas de Manejo Integral de Residuos.</p>
<p><b>ARTICULO 161.-</b> Quedan prohibidas las emisiones contaminantes ocasionadas por ruido, vibraciones, energía térmica, energía lumínica, radiaciones electromagnéticas y contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos contenidos en los reglamentos y normas oficiales mexicanas.                  La Secretaría y los Municipios adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y, en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.</p>	<p>La promovente del proyecto se apegará al criterio por medio de la implementación de los programas que componen el SMGS, y que estarán basados en el cumplimiento de la legislación aplicable (Ver Capítulo 6).                  La emisión de ruido durante la demolición del extracto rocoso se apegará a lo establecido en las normas oficiales mexicanas correspondientes.</p>
<p><b>ARTICULO 164.-</b> En la construcción de obras o instalaciones que generen los contaminantes señalados en el artículo 161 de esta ley, así como en la operación o funcionamiento de las mismas, deberán llevarse a cabo las acciones preventivas y correctivas necesarias para evitar y mitigar los efectos nocivos de tales contaminantes.</p>	<p>El proyecto en sus diferentes etapas de demolición, construcción y posterior operación, contempla la implementación del SMGA, el cual contiene programas específicos para el manejo adecuado de los residuos de manejo especial como sólidos, líquidos durante todas las etapas de desarrollo del proyecto.                  De esta manera se implementarán medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales originados por la construcción del proyecto. Dándose cumplimiento a lo establecido en este artículo.</p>

**3.3.5.2.** *Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo (LPGIR QROO)*

**Tabla 3. 14.** Vinculación del Proyecto con la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 57.- Los Residuos de Manejo Especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de Residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:                  (...)                  II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos;</p>	<p>Se tendrá un sistema estricto de gestión de residuos, apegándose a lo establecido en el <b>Sistema de Manejo y Gestión Sostenible (SMGS)</b> elaborado específicamente para el Proyecto.</p>

<p>ARTÍCULO 63.- En términos de la legislación federal y de esta Ley y su Reglamento, los generadores o poseedores de Residuos de Manejo Especial están obligados a:</p> <p>I.- Inscribirse en el padrón que establezca la Secretaría, mecanismo que se realizará a través de una solicitud formal a esta dependencia estatal;</p> <p>II.- Identificar, clasificar y separar los Residuos;</p> <p>III.- Elaborar un Plan de Manejo de acuerdo a la naturaleza de los Residuos;</p> <p>IV.- Presentar el Plan de Manejo ante la Secretaría, para su revisión y en su caso aprobación;</p> <p>V.- Presentar los permisos de las autoridades locales para el desarrollo de alguna actividad ligada con el manejo de los Residuos;</p> <p>VI.- Presentar un informe anual y elaborar una bitácora que se conservará y mantendrá durante los dos años posteriores al período anual que cubren, para la disposición de las autoridades competentes, en los que se asienten los datos acerca de la generación y el manejo integral a las que sujetarán sus Residuos, esta información se presentará a través de la Cédula de Desempeño Ambiental. Esta información será necesaria para integrar el Sistema Estatal de Información sobre la prevención y la Gestión Integral de Residuos y la remediación de la contaminación de suelos;</p> <p>VII.- Previa aprobación, almacenar temporalmente los Residuos dentro de sus instalaciones, de acuerdo con las medidas de seguridad que correspondan, según sus características y los tiempos que establezcan los ordenamientos jurídicos correspondientes. En cualquier caso, deberá prevenirse la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, así como el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de tales Residuos, y disponer de los medios para contener fugas, derrames o incendios;</p> <p>VIII.- Prevenir la contaminación de suelos al cierre o suspensión de operaciones;</p> <p>IX.- Evitar la disposición final de subproductos valorizables cuando sea técnica y económicamente factible o se cuente con planes de manejo específicos para ellos;</p> <p>X.- Utilizar solamente empresas registradas o autorizadas por las autoridades competentes, según corresponda, para el Manejo Integral de sus Residuos, y</p> <p>XI.- Cualquier otra recomendación que la autoridad competente considere</p>	<p>Se cumplirán las obligaciones establecidas en este artículo, además de cerciorarse que la o las empresas encargadas de la disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial cumplan con los mismos.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**3.3.5.3. Reglamento de LEEPA del Estado de Quintana Roo en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.**

**Tabla 3. 15.** Vinculación del Proyecto con los artículos aplicables del Reglamento de la LEEPA en materia de prevención y control de la contaminación ambiental

Instrumento Normativo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 5.- En apego a las atribuciones establecidas en la Ley, corresponden al Ejecutivo del Estado, por conducto de la Secretaría, las siguientes actividades:</p> <p>5. La regulación de emisiones y transferencia de contaminantes a la atmósfera y al agua generada por Fuentes Fijas y Móviles de competencia Estatal, y la generada por establecimientos que realicen alguna de las actividades señaladas en el Listado de Actividades Riesgosas para el Estado de Quintana Roo;</p>	<p>Al respecto es importante mencionar que las características fisiográficas de la región donde se ubica el proyecto no favorecen la acumulación de gases o partículas contaminantes a la atmósfera. Sin embargo, esto no significa que las emisiones generadas en dicha región no se acumulen en otras áreas del planeta y contribuyan al desarrollo de problemas tan graves a nivel mundial como el calentamiento global.</p> <p>Por lo anterior, el proyecto, en apego a lo señalado en este artículo, contempla la implementación de un Subprograma de Conservación de Hábitat, a través del cual se perseguirán objetivos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero debida al desarrollo del proyecto.</li> <li>• Mantener los niveles de ruido generado durante las diferentes etapas del proyecto dentro de los límites establecidos en la legislación aplicable.</li> <li>• Mantener los niveles de gases y partículas contaminantes a la atmósfera generados durante las diferentes etapas del proyecto dentro de los límites establecidos en la legislación aplicable.</li> </ul> <p>Estas medidas permitirán que el proyecto contribuya en positivamente con la prevención a la contaminación en el área.</p>
<p>ARTÍCULO 11. Sin perjuicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades, las Fuentes Fijas de Competencia Estatal, requerirán la Licencia de Funcionamiento Ambiental expedida por la Secretaría.</p>	<p>El proyecto considera el cumplimiento de lo indicado en este artículo, ya que el promovente se compromete a la obtención de la licencia de funcionamiento ambiental por parte de la Secretaria de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.</p>

**3.3.5.4. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Quintana Roo**

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Quintana Roo (PEACCQR) retoma diversas acciones, estrategias y recomendaciones vertidas desde hace una más década en diferentes instrumentos para ligarlas en un Plan de acción de mediano plazo orientado de manera específica para brindar alternativas de solución a los problemas consecuencia de los efectos del cambio climático que ya hoy se presentan en el estado y al mismo tiempo sentar las bases de un manejo de los recursos en un contexto que prevea los efectos de dicho cambio climático sobre la población, las actividades económicas y los recursos naturales de Quintana Roo.

En este tenor, el PEACCQR establece Medidas de adaptación al Cambio Climático dirigidas a diversos entes gubernamentales para los diferentes sectores productivos, incluyendo, el sector turístico.

Sin perjuicio de que las medidas recién descritas consideren como responsables a las autoridades pertinentes, la empresa promovente considerará su implementación dentro del desarrollo del Proyecto, como por ejemplo las siguientes acciones:

**Tabla 3. 16.** Medidas de adaptación al Cambio Climático (Turismo)

Efecto del Cambio Climático en:	Medidas de adaptación	Vinculación con el Proyecto
Daños a Infraestructura	Promover la elaboración de normas y reglamentos específicos para estudios, proyectos, construcción e instalaciones de infraestructura adaptada a los efectos del cambio climático (aumento en la incidencia de huracanes, inundaciones, aumento de temperatura, etc.)	El Proyecto cumple con esta medida de forma indirecta, apegándose a lo establecido en la diversa normatividad dirigida a las especificaciones para la infraestructura y su adaptabilidad al Cambio Climático.
	Fomentar entre el sector turístico el uso de buenas prácticas ambientales para la planeación, diseño y construcción sustentable.	El Proyecto contempla la aplicación de buenas prácticas ambientales dentro de sus diversas etapas, así como una posible certificación ambiental durante la etapa de operación.
Degradación de Ecosistemas	Elaborar estudios para determinar la huella de carbono de los turistas	El Proyecto realizará una evaluación de los gases de efecto invernadero producidos durante la etapa de preparación del sitio y construcción, estableciendo las medidas de prevención, mitigación y compensación necesarias.

### 3.3.6. Planes y Programas Sectoriales y de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo establece las directrices que la sociedad y el gobierno tienen para avanzar y mejorar como País. Este documento traza los grandes objetivos de las políticas públicas, establece las acciones específicas para alcanzarlos y precisa indicadores que permitirán medir los avances obtenidos. De acuerdo con la Ley de Planeación, todos los Programas Sectoriales, Especiales, Institucionales y Regionales que definen las acciones del gobierno, deberán elaborarse en congruencia con el Plan.

#### 3.3.6.1. Plan Nacional de Desarrollo (PND)

El artículo 25 de la Constitución ordena al Estado mexicano velar por la estabilidad de las finanzas públicas y del sistema financiero; planificar, conducir, coordinar y orientar la economía; regular y fomentar las actividades económicas; y por su parte, el artículo 26 establece que el Estado deberá organizar un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación.

En este sentido, la Carta Magna faculta al Ejecutivo Federal para establecer los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo. Bajo tal tesitura, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) es un instrumento para enunciar los problemas nacionales y enumerar las soluciones en una proyección sexenal. El **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024** fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 12 de julio de 2019. Dicho instrumento contempla una serie de lineamientos cuyos principios rectores son los siguientes:

- Honradez y honestidad
- No al gobierno rico con pueblo pobre
- Al margen de la ley, nada; por encima de la ley, nadie
- Economía para el bienestar
- El mercado no sustituye al Estado
- Por el bien de todos, primero los pobres
- No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera
- No puede haber paz sin justicia
- El respeto al derecho ajeno es la paz
- No más migración por hambre o por violencia
- Democracia significa el poder del pueblo
- Ética, libertad, confianza

El desarrollo del Proyecto coincide con las diferentes acciones y estrategias propuestas por el poder ejecutivo federal, principalmente con los siguientes lineamientos:

- 1) **DETONAR EL CRECIMIENTO:** El desarrollo del Proyecto coincide con los criterios de mejores prácticas socioambientales y de empresa responsable, lo que se relaciona en su totalidad con este lineamiento del PND.
- 2) **IMPULSAR LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, EL MERCADO INTERNO Y EL EMPLEO:** Se vincula el Proyecto con esta línea de acción del gobierno federal y se compromete a ser generador de empleos bien remunerados y con capacitación de gran nivel.



Por otra parte, el PND señala en su apartado II. POLÍTICA SOCIAL, Desarrollo Sostenible, señala que México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible (incluyendo mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos)

De esta forma, para establecer la compatibilidad del Proyecto con el **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024** se deberá asegurar que el Proyecto sea sustentable en los ámbitos descritos en el presente párrafo.

### **3.3.6.2.** *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT) tiene como objetivo la búsqueda del bienestar de las personas, todo ello de la mano de la conservación y recuperación del equilibrio ecológico en las distintas regiones del país. El actuar del Programa se inspira y tiene como base el principio de impulso al desarrollo sostenible establecido en el PND, considerado como uno de los factores más importantes para lograr el bienestar de la población.

De esta forma, a continuación, se enlistan los cinco Objetivos prioritarios del PROMARNAT:

- 1.- Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.
- 2.- Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.
- 3.- Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.
- 4.- Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.
- 5.- Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

En tal virtud, el Proyecto deberá de acatar lo establecido principalmente en los objetivos 1, 2 y 4. Éste último, señala dentro de sus acciones que para reducir las repercusiones de la contaminación atmosférica urbana y rural sobre la salud pública, en nuestro país es preciso impulsar una mejor gestión integral del desempeño ambiental, basada en el monitoreo y evaluación con información de calidad, suficiente, constante y transparente. Asimismo, identifica la necesidad de controlar las fuentes principales de emisión, incluyendo la industria de generación de energía eléctrica. Lo anterior, en concordancia con la Agenda 2030, específicamente el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado con garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

### 3.3.7. Cumplimiento de la normatividad relativa al Ordenamiento Ecológico del Territorio

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 26 que el Estado Mexicano organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional, señalando mecanismos de participación que acumulen las demandas de la sociedad para ser incorporadas a un plan y programas de desarrollo al que se someterán los programas de la Administración Pública Federal al cual también se apegaran estados y municipios.

Asimismo, y tal como lo prevé el artículo 2º de la Ley de Planeación, el Sistema Nacional de Planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el desarrollo integral y sustentable del país, y deberá tender a la consecución de los fines y objetivos políticos, sociales, culturales y económicos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

**Figura 3. 4.** Esquema de cumplimiento de Ordenamiento Ecológico



De esta manera, encontramos que en los tres niveles de gobierno de nuestro país se han generado diversos instrumentos de planeación que tienen por objeto definir los alcances y objetivos de las políticas públicas nacionales en materia económica, ambiental, urbana, turística, entre otras; los cuales se vinculan con el Proyecto a continuación.

### 3.3.7.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

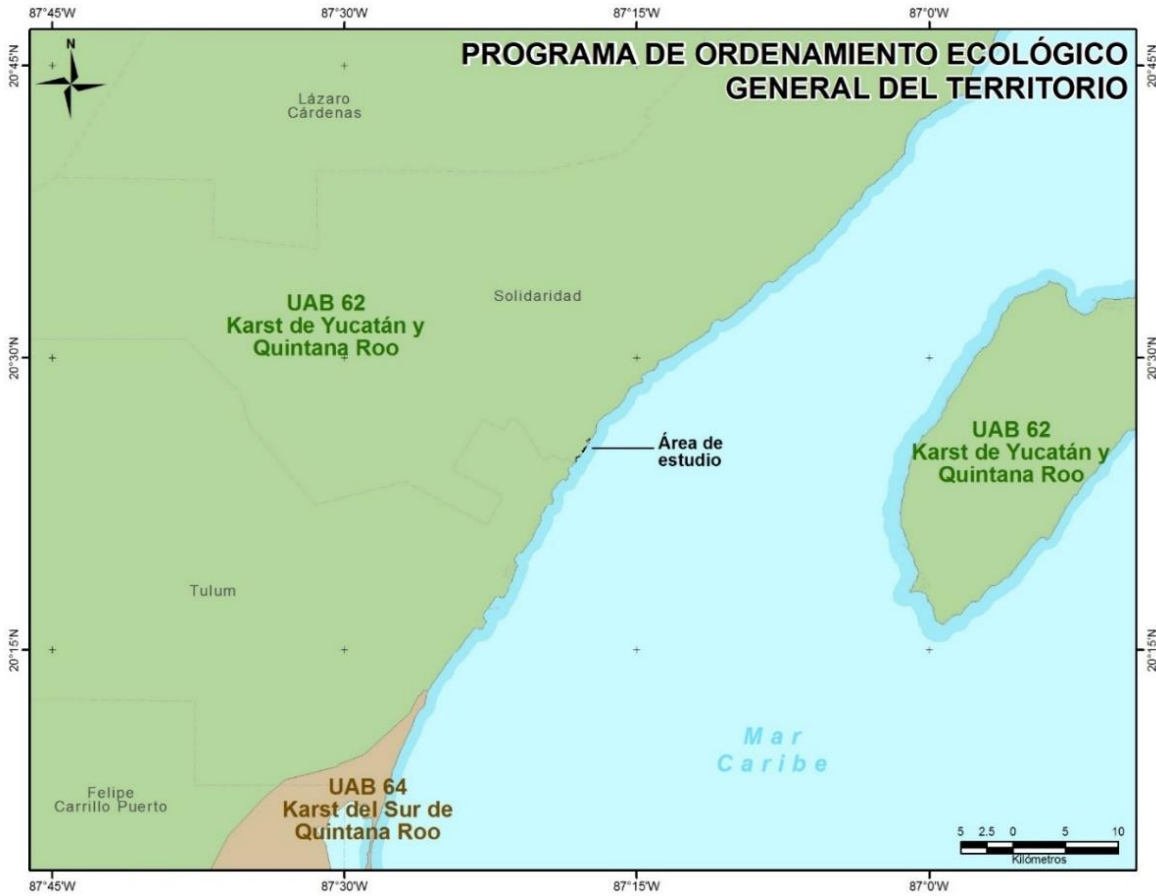
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene por objeto llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la Nación ejerce su soberanía, identificando áreas de atención prioritaria en materia ambiental, teniendo como objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para promover, la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

El POEGT clasifica al país en 80 Regiones Ecológicas y 145 Unidades Ambientales Biofísicas (“UAB”) que han sido generadas y regionalizadas conforme a cuatro criterios: (i) clima, (ii) relieve, (iii) vegetación, y (iv) suelo.

Bajo ese tenor y debido a la ubicación geográfica del Proyecto, éste se encuentra localizado dentro de la Región Ecológica número 17.33 y la UAB número 62 denominada **Karst de Yucatán y Quintana Roo**, como se puede apreciar en la Figura 3.5.

Es importante destacar que el diagnóstico del POEGT para esta UAB fue realizado en el año 2008, momento en el que se consideraba inestable y representaba un conflicto sectorial importante, proyectando un escenario ambiental para el año 2033 de inestable a crítico. Además, el POEGT señala que la política ambiental aplicable a esta región y UAB es Restauración, Protección y Aprovechamiento Sustentable y su prioridad de atención alta.

**Figura 3. 5.** Identifica la Región Ecológica 62, denominada Karst de Yucatán y Quintana Roo, perteneciente al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.



Las características de la UAB 62 se describen en la Tabla a continuación.

**Tabla 3. 17.** Señala las estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 62 (POEGT) vinculables a la viabilidad jurídica del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

UAB	Nombre de la UBA	Rectores de Desarrollo	Coadyuvantes del Desarrollo	Asociados del Desarrollo	Otros sectores de interés	Política Ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
62	Karst de Yucatán y Quintana Roo.	Preservación de Flora y Fauna	Desarrollo Social-Forestal	Agricultura -Ganadería	Pueblos Indígenas	Restauración, protección y aprovechamiento o sustentable	Alta	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 31, 32, 36, 37, 38, 39,40, 41, 42, 43, 44.

El 07 de septiembre de 2012 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el **ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**, en dicho acuerdo se indica lo siguiente:

*“De conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el ordenamiento ecológico se define como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.*

*La planeación ambiental en México, se lleva a cabo mediante diferentes instrumentos entre los que se encuentra el ordenamiento ecológico, que es considerado uno de los principales instrumentos con los que cuenta la política ambiental mexicana. Tiene sustento en la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico (ROE). Se lleva a cabo a través de programas en diferentes niveles de aplicación y con diferentes alcances, así tenemos: el General, los Marinos, los Regionales y los Locales. La formulación, aplicación y evaluación del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) y de los Marinos, es facultad de la Federación, la cual se ejerce a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, específicamente, a través de la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, en coordinación con la Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología.*

*El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF.*

*El POEGT promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la APF -a quienes está dirigido este Programa- que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las regiones ecológicas identificadas en el territorio nacional.”*

En vista de lo anterior se advierte que el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, contiene estrategias dirigidas a la Administración Pública Federal, por lo tanto,



únicamente son de observancia para efectos de este proyecto. Sin embargo, a efecto de demostrar que el proyecto da puntual cumplimiento a las estrategias planteadas por el POEGT correspondientes a la UAB 62 y aplicables al Proyecto, se ha desarrollado el siguiente análisis y ejercicio de vinculación únicamente respecto de las estrategias que resultan directamente aplicables al Proyecto. Aquellas estrategias correspondientes a la UAB 62 que no se mencionan en el cuadro siguiente no resultan aplicables al Proyecto.

**Tabla 3. 18.** Señala el cumplimiento a las estrategias de la Unidad Ambiental Biofísica 62 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio vinculables a la viabilidad jurídica del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico

Estrategias UAB 62		
GRUPO I. DIRIGIDOS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO		
A) PRESERVACION	1. Conservación <i>in situ</i> de los ecosistemas y su biodiversidad.	<b>SE CUMPLE</b> Las obras y actividades que integran el Proyecto tendrán como principal objetivo la recuperación, conservación y protección del ecosistema costero en que se encuentra inmerso el predio.
	2. Recuperación de especies en riesgo	<b>SE CUMPLE</b> El Proyecto contempla el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas, descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R; el cual incluye acciones de rescate y reubicación de biota marina.
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	<b>SE CUMPLE</b> El Proyecto contempla el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas, descrito en el Capítulo 6 de la presente MIA-R; el cual incluye acciones de rescate y reubicación de biota marina. Aunado a lo anterior, dentro del Programa de Monitoreo Ambiental y el Programa de Supervisión Ambiental, se contemplan acciones referentes al monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	<b>SE CUMPLE</b> El objetivo del proyecto es mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir su uso seguro y cómodo por parte de los visitantes. Los elementos constitutivos del ecosistema costero como la playa, la zona dunar natural y artificial a ser restaurada mantendrá, incrementará y protegerá su valor ambiental generando que esta área pueda continuar siendo receptora de biodiversidad, y disfrutada tanto por turistas como población local en el corto, mediano y largo plazo.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	<b>NO APLICA</b>
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	<b>NO APLICA</b>
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	<b>NO APLICA</b>
	8. Valoración de los servicios ambientales.	<b>SE CUMPLE</b> Como es bien sabido uno de los servicios ambientales que prestan las playas y su vegetación es que son la primera barrera física ante un evento meteorológico, sin embargo, también son las más afectadas por ellos, otro de los servicios ambientales que prestan específicamente las playas arenosas

		es el ser zonas de anidación de tortugas marinas, también son zonas de alimentación y refugio de una gran variedad de especies de aves playeras y algunos reptiles que solo habitan en las zonas de playa. Si bien el fin del proyecto es la estabilización y mejoramiento de la zona de playa para el disfrute de los huéspedes del Desarrollo Turístico Sirenis, esto repercutirá favorablemente sobre la flora y fauna que actualmente ocupan el área del proyecto, ya que se incrementará la cobertura vegetal mediante la reforestación de duna artificial y con ella las áreas de refugio y alimentación de las especies que dependen de estos ecosistemas, también se espera tener una playa arenosa más amplia y estable, con menos erosión debido a la colocación de las estructuras protectoras de playa, por lo que las condiciones para el desove de las tortugas marinas serán más seguras ya que tendrán menos exposición ante eventos meteorológicos extremos.
C) Protección de los Recursos Naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.	<b>SE CUMPLE</b> La empresa promotora da cumplimiento a esta estrategia, ya que este proyecto no representa un factor de presión a los acuíferos de la zona.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	<b>SE CUMPLE</b> La empresa promotora da cumplimiento a esta estrategia, ya que este proyecto no representa un factor de presión a los acuíferos de la zona.
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	<b>NO APLICA</b>
	12. Protección de los ecosistemas.	<b>SE CUMPLE</b> Como se mencionó en el Capítulo 2 de la presente MIA-R, el objetivo del Proyecto es, en primera instancia; mejorar y estabilizar a largo plazo las playas existentes en el predio, a partir de su ensanchamiento y con el apoyo de estructuras de protección que, colocadas en sitios estratégicos, ayudaran a la contención de los sedimentos y evitaran la erosión de las playas por efectos del oleaje, las mareas y el viento y por consiguiente se ayudará a proteger la vegetación de duna costera, principalmente las especies pioneras que son las más afectadas con la erosión de las playas.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	<b>NO APLICA</b> No se planea la utilización de agroquímicos.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	<b>NO APLICA</b>
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	<b>NO APLICA</b>
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	<b>NO APLICA</b>
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e	<b>SE CUMPLE</b> El Proyecto tiene varios efectos benéficos al medio ambiente, buscando mejorar las playas que se encuentran frente al

	internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	desarrollo Turístico Sirenis para permitir el uso seguro y cómodo de los visitantes puesto que el escenario paisajístico que disfrutará sin duda alguna generará una mejor experiencia al visitante que, implícitamente supone un mecanismo automático de promoción al destino, lo que implica además, a posteriori, más y mejores empleos para la población de la región y, por supuesto, un mayor desarrollo regional de tipo sustentable.
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Se manifiesta que el Proyecto se encuentra alineado con las políticas del POEGT aplicables.

**3.3.7.2.** *Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC)*

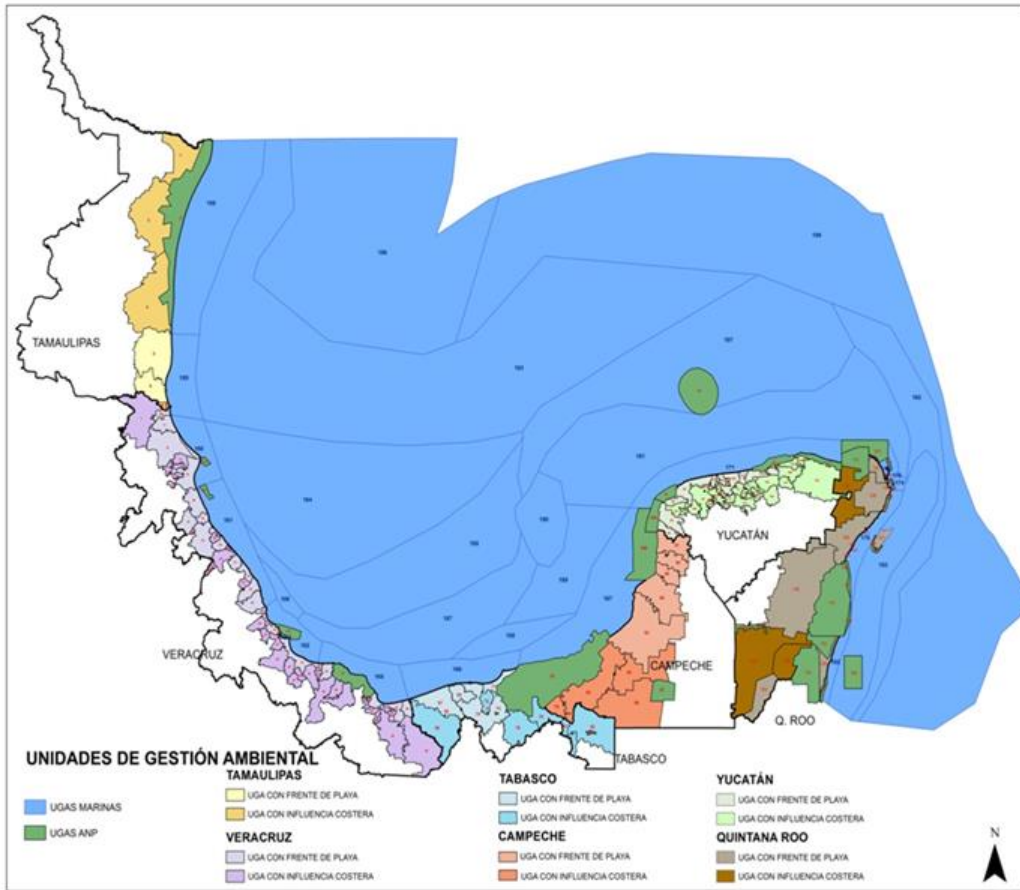
El día 24 de noviembre del año 2012, se publicó el acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en adelante “POEMyRGMMyMC” y se da a conocer la parte regional del propio Programa. Dicho Programa divide al territorio en Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus criterios aplicables.

El POEMyRGMMyMC es el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

EL POEMyRGMMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio. Se puede entender que este instrumento no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades productivas, sino orientar en sus proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región.

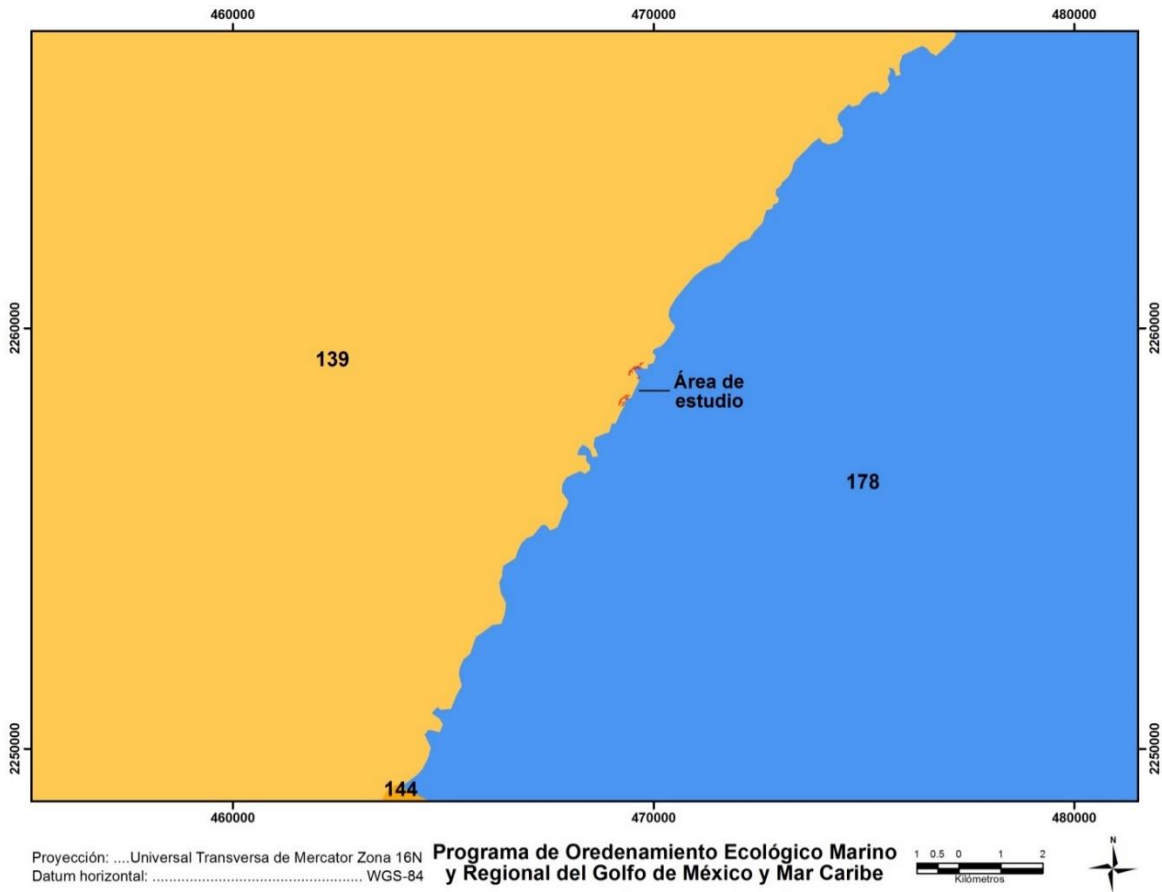
Atendiendo lo anterior la realización del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” se encuentra apegado y es congruente con las acciones y criterios del POEMyRGMMyMC, tal y como se demuestra en la figura 3.3 que a continuación se detalla.

**Figura 3. 6.** Identifica las Unidades de Gestión Ambiental pertenecientes al POEMyRGMMyMC.



Este ordenamiento establece una serie de acciones de aplicación general, así como acciones de carácter específicas las cuales se pueden observar en la Tabla 3. 21, Tabla 3. 22, Tabla 3. 23 y Tabla 3. 24.

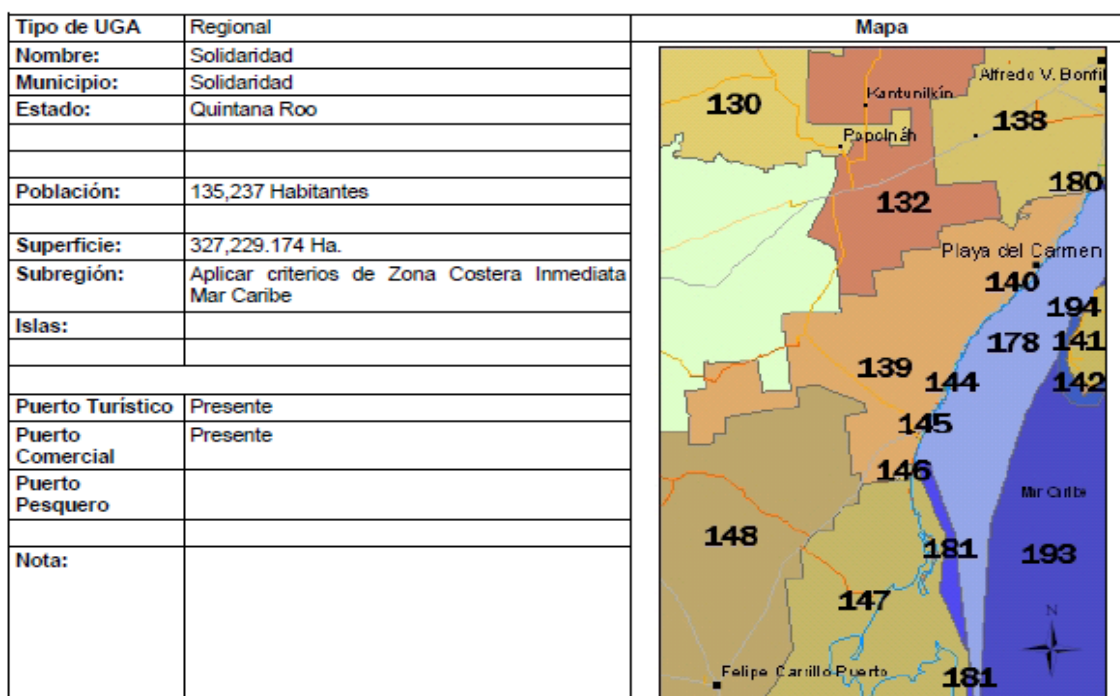
**Figura 3. 7.** Señala la Ubicación del Proyecto en relación a las UGA 139 y 178 pertenecientes al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC).



Asimismo, cada UGA presenta una serie de acciones o criterios específicos:



**Figura 3. 8.** Ubicación de la UGA 139 cuyos criterios son vinculable al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.



**Tabla 3. 19.** Acciones Específicas de la UGA 139 cuyos criterios son vinculable al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Acciones Específicas							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	APLICA	A-027	APLICA	A-053	APLICA	A-079	NA
A-002	APLICA	A-028	APLICA	A-054	APLICA	A-080	NA
A-003	APLICA	A-029	APLICA	A-055	APLICA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	APLICA	A-056	APLICA	A-082	NA
A-005	APLICA	A-031	APLICA	A-057	APLICA	A-083	NA
A-006	APLICA	A-032	APLICA	A-058	APLICA	A-084	NA
A-007	APLICA	A-033	APLICA	A-059	APLICA	A-085	NA
A-008	APLICA	A-034	NA	A-060	APLICA	A-086	NA
A-009	APLICA	A-035	NA	A-061	APLICA	A-087	NA
A-010	APLICA	A-036	NA	A-062	APLICA	A-088	NA
A-011	APLICA	A-037	APLICA	A-063	APLICA	A-089	NA
A-012	APLICA	A-038	APLICA	A-064	APLICA	A-090	NA
A-013	APLICA	A-039	APLICA	A-065	APLICA	A-091	NA
A-014	APLICA	A-040	APLICA	A-066	APLICA	A-092	NA
A-015	APLICA	A-041	NA	A-067	APLICA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	NA	A-068	APLICA	A-094	NA
A-017	APLICA	A-043	NA	A-069	APLICA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	APLICA	A-096	NA
A-019	APLICA	A-045	NA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	APLICA	A-046	APLICA	A-072	APLICA	A-098	NA

A-021	<b>APLICA</b>	A-047	NA	A-073	NA	A-099	NA
A-022	<b>APLICA</b>	A-048	NA	A-074	NA	A-100	NA
A-023	<b>APLICA</b>	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	<b>APLICA</b>	A-050	<b>APLICA</b>	A-076	NA		
A-025	<b>APLICA</b>	A-051	<b>APLICA</b>	A-077	<b>APLICA</b>		
A-026	<b>APLICA</b>	A-052	<b>APLICA</b>	A-078	NA		

**Figura 3. 9.** Ubicación de la UGA 178 cuyos criterios son vinculable al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Tipo de UGA	Marina	Mapa
<b>Nombre:</b>	Zona Marina de Competencia Federal	
<b>Municipio:</b>		
<b>Estado:</b>		
<b>Población:</b>	0 Habitantes	
<b>Superficie:</b>	311,046.005 Ha.	
<b>Subregión:</b>	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata (ZCI) Mar Caribe	
<b>Islas:</b>	Presentes: Aplicar criterios para Islas	
<b>Puerto Turístico</b>		
<b>Puerto Comercial</b>		
<b>Puerto Pesquero</b>		
<b>Nota:</b>	En la unidad existe una zonificación marina a mayor detalle entre la línea de alta marea a la isóbata de 50 m, a lo largo del litoral, desde Punta Maroma (20°45'3.42"N y 86°56'55.85"W) hasta Punta John (20°31'32.35"N y 87°10'24.45"W), donde aplican algunos criterios para la zona costera inmediata (ZCI) al municipio de Solidaridad, Quintana Roo.	

**Tabla 3. 20.** Acciones Específicas de la UGA 178 cuyos criterios son vinculable al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Acciones Específicas							
Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación	Acción	Aplicación
A-001	NA	A-027	NA	A-053	NA	A-079	NA
A-002	NA	A-028	NA	A-054	NA	A-080	NA
A-003	NA	A-029	<b>APLICA</b>	A-055	NA	A-081	NA
A-004	NA	A-030	NA	A-056	NA	A-082	NA
A-005	NA	A-031	NA	A-057	NA	A-083	NA
A-006	NA	A-032	NA	A-058	NA	A-084	NA
A-007	<b>APLICA</b>	A-033	<b>APLICA</b>	A-059	NA	A-085	NA
A-008	NA	A-034	<b>APLICA</b>	A-060	NA	A-086	NA
A-009	NA	A-035	NA	A-061	NA	A-087	NA
A-010	NA	A-036	NA	A-062	NA	A-088	NA
A-011	NA	A-037	NA	A-063	NA	A-089	NA
A-012	NA	A-038	NA	A-064	NA	A-090	NA
A-013	<b>APLICA</b>	A-039	NA	A-065	NA	A-091	NA
A-014	NA	A-040	<b>APLICA</b>	A-066	NA	A-092	NA
A-015	NA	A-041	<b>APLICA</b>	A-067	NA	A-093	NA

A-016	<b>APLICA</b>	A-042	<b>APLICA</b>	A-068	NA	A-094	NA
A-017	NA	A-043	NA	A-069	NA	A-095	NA
A-018	<b>APLICA</b>	A-044	<b>APLICA</b>	A-070	NA	A-096	NA
A-019	NA	A-045	<b>APLICA</b>	A-071	<b>APLICA</b>	A-097	NA
A-020	NA	A-046	<b>APLICA</b>	A-072	NA	A-098	NA
A-021	NA	A-047	<b>APLICA</b>	A-073	<b>APLICA</b>	A-099	NA
A-022	<b>APLICA</b>	A-048	<b>APLICA</b>	A-074	<b>APLICA</b>	A-100	NA
A-023	NA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	NA	A-050	NA	A-076	NA		
A-025	<b>APLICA</b>	A-051	NA	A-077	NA		
A-026	NA	A-052	NA	A-078	NA		

En seguida se presenta la vinculación del proyecto con los criterios aplicables para las Acciones Generales de la UGA 139 y UGA 178. La Tabla 3. 21 presenta la vinculación con los criterios generales del POEMyRGMMyMC aplicables al proyecto. La Tabla 3. 22 y Tabla 3. 23 contienen la vinculación con los criterios específicos de las UGA's antes referidas.

**Tabla 3. 21.** Criterios Generales del correspondientes al POEMyRGMMyMC vinculables al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

<b>CRITERIOS GENERALES</b>	
<b>G001</b>	<b>PROMOVER EL USO DE TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN COORDINACIÓN CON LA CONAGUA Y DEMÁS AUTORIDADES COMPETENTES.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. Las actividades que integran el proyecto no tienen relación alguna con éste criterio.
<b>G002</b>	<b>PROMOVER EL ESTABLECIMIENTO DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES HÍDRICOS EN COORDINACIÓN CON LA CONAGUA Y LAS DEMÁS AUTORIDADES COMPETENTES.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, dichos mecanismos de pago serán ser implementados por las autoridades competentes en la materia.
<b>G003</b>	<b>IMPULSAR Y APOYAR LA CREACIÓN DE UMA PARA EVITAR EL COMERCIO DE ESPECIES DE EXTRACCIÓN Y SUSTITUIRLA POR ESPECIES DE PRODUCCIÓN.</b>
	La promovente del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” no tiene considerado la creación de una UMA.
<b>G004</b>	<b>INSTRUMENTAR O EN SU CASO REFORZAR LAS CAMPAÑAS DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE, PARTICULARMENTE PARA LAS ESPECIES REGISTRADAS EN LA NORMA OFICIAL MEXICANA, PROTECCIÓN AMBIENTAL- ESPECIES NATIVAS DE MÉXICO DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE-CATEGORÍA DE RIESGO Y ESPECIFICACIONES PARA SU INCLUSIÓN, EXCLUSIÓN O CAMBIO-LISTA DE ESPECIES EN RIESGO (NOM-059-SEMARNAT-2010).</b>
	La promovente no pretende realizar actividades extractivas de flora y fauna en ninguna de las etapas del proyecto. Durante el proceso de construcción y operación del proyecto, se continuará implementando implementará el Programa de Difusión Ambiental, el cual contendrá Información y Educación Ambiental descrito en el proyecto “OPERACIÓN Y PERMANENCIA DE OBRAS EN EL COMPLEJO TURÍSTICO YALKU”, , por medio del cual se informará a clientes, empleados y proveedores de las penas en las que pueden incurrir o les pueden ser fínacadas por las autoridades competentes al realizar actividades en contra de la flora y la fauna de la región.
<b>G005</b>	<b>ESTABLECER BANCOS DE GERMOPLASMA, CONFORME A LA LEGISLACIÓN APLICABLE.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, éste no contempla el establecimiento de bancos de germoplasma.
<b>G006</b>	<b>REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.</b>

	La promovente el proyecto manifiesta que, para dar cumplimiento al criterio, La maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas que lo integran, se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
<b>G007</b>	<b>FORTALECER LOS PROGRAMAS ECONÓMICOS DE APOYO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE METAS VOLUNTARIAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y COMERCIO DE BONOS DE CARBONO.</b> La realización de estas acciones no es responsabilidad de la Promovente, por lo tanto, no es aplicable.
<b>G008</b>	<b>EL USO DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS DEBE REALIZARSE CONFORME A LA LEGISLACIÓN VIGENTE</b> La promovente del proyecto dentro de sus actividades no tiene visualizado utilizar organismos genéticamente modificados.
<b>G009</b>	<b>PLANIFICAR LAS ACCIONES DE CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA, EN PARTICULAR LA DE COMUNICACIONES TERRESTRES PARA EVITAR LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT.</b> El cumplimiento del presente criterio no es responsabilidad de la promovente del proyecto. No se omite manifestar que la realización del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” no tiene contemplado realizar ningún tipo de comunicaciones terrestres.
<b>G010</b>	<b>INSTRUMENTAR CAMPAÑAS Y MECANISMOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE ÁREAS AGROPECUARIAS PARA EVITAR SU EXPANSIÓN HACIA ÁREAS NATURALES.</b> El presente criterio es aplicable para las autoridades competentes, el proyecto no tiene contemplado reutilizar áreas agropecuarias.
<b>G011</b>	<b>INSTRUMENTAR MEDIDAS DE CONTROL PARA MINIMIZAR LAS AFECTACIONES PRODUCIDAS A LOS ECOSISTEMAS COSTEROS POR EFECTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS.</b> El proyecto propone la implementación de medidas adecuadas de mitigación y compensación de los impactos que se prevé serán generados durante la construcción de las obras que conforman el proyecto, las cuales se explican a detalle en el capítulo 6. Como ya ha sido señalado anteriormente, el Proyecto minimizará diversas afectaciones al ecosistema costero de la región derivados por huracanes, procesos erosivos y del cambio climático.
<b>G012</b>	<b>IMPULSAR LA UBICACIÓN O REUBICACIÓN DE PARQUES INDUSTRIALES EN SITIOS YA PERTURBADOS O DE ESCASO VALOR AMBIENTAL.</b> Este criterio es aplicable para la autoridad ya que deberá de implementar programas enfocados al cumplimiento del presente criterio por lo que no es aplicable a la promovente del proyecto.
<b>G013</b>	<b>EVITAR LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES POTENCIALMENTE INVASORAS EN O CERCA DE LAS COBERTURAS VEGETALES NATIVAS.</b> Para dar cumplimiento al presente criterio, la promovente no tiene visualizado en ninguna etapa del proyecto la introducción de ningún tipo especie potencialmente invasora.
<b>G014</b>	<b>PROMOVER LA REFORESTACIÓN EN LOS MÁRGENES DE LOS RÍOS.</b> Este criterio es aplicable a la autoridad y no al promovente del proyecto. Por otra parte, no existen ríos superficiales en el área de influencia del proyecto.
<b>G015</b>	<b>EVITAR EL ASENTAMIENTO DE ZONAS INDUSTRIALES O HUMANAS EN LOS MÁRGENES O ZONAS INMEDIATAS A LOS CAUCES NATURALES DE LOS RÍOS.</b> Es una obligación aplicable para la autoridad competente y no para la promovente del proyecto.
<b>G016</b>	<b>REFORESTAR LAS LADERAS DE LAS MONTAÑAS CON VEGETACIÓN NATIVA DE LA REGIÓN.</b> Este criterio no es aplicable para la promovente ya que es una obligación aplicable para la autoridad. Por otra parte, no existen montañas en el área de influencia del proyecto.
<b>G017</b>	<b>DESINCENTIVAR LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LAS ZONAS CON PENDIENTES MAYORES A 50%.</b> Este criterio es aplicable para la autoridad no para el promovente, sin embargo, no se omite manifestar que el proyecto consiste en el desarrollo de un proyecto para la estabilización de playas.
<b>G018</b>	<b>RECUPERAR LA VEGETACIÓN QUE CONSOLIDE LAS MÁRGENES DE LOS CAUCES NATURALES EN EL ASO, DE CONFORMIDAD POR LO DISPUESTO EN LA LEY DE AGUAS NACIONALES, LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE Y DEMÁS DISPOSICIONES JURÍDICAS APLICABLES.</b> Este criterio no es aplicable al promovente del proyecto.
<b>G019</b>	<b>LOS PLANES O PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO DEL ÁREA SUJETA A ORDENAMIENTO DEBERÁN TOMAR EN CUENTA EL CONTENIDO DE ESTE PROGRAMA DE ORDENAMIENTO, INCLUYENDO LAS DISPOSICIONES APLICABLES SOBRE RIESGO FRENTE A CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades, Sin omitir manifestar que el proyecto “Mejoramiento y

	Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” se realiza de manera apegada a los Programas de Desarrollo y Ordenamiento Urbano publicados por las autoridades competentes.
<b>G020</b>	<b>RECUPERAR Y MANTENER LA VEGETACIÓN NATURAL EN LAS RIBERAS DE LOS RÍOS Y ZONAS INUNDABLES ASOCIADAS A ELLOS.</b> Este criterio es responsabilidad de las autoridades competentes, éste criterio no es aplicable al proyecto ya que no existen ríos, ni zonas inundables asociadas a ellos en su área de influencia.
<b>G021</b>	<b>PROMOVER LAS TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS EN SUSTITUCIÓN DE LAS EXTRACTIVAS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente.
<b>G022</b>	<b>PROMOVER EL USO DE TECNOLOGÍAS PRODUCTIVAS INTENSIVAS EN SUSTITUCIÓN DE LAS EXTENSIVAS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente.
<b>G023</b>	<b>IMPLEMENTAR CAMPAÑAS DE CONTROL DE ESPECIES QUE PUEDAN CONVERTIRSE EN PLAGAS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes en la materia.
<b>G024</b>	<b>PROMOVER LA REALIZACIÓN DE ACCIONES DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN CON RESTAURACIÓN DE SUELOS PARA INCREMENTAR EL POTENCIAL DE SUMIDEROS FORESTALES DE CARBONO, COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE EFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes, y no para el promovente.
<b>G025</b>	<b>FOMENTAR EL USO DE ESPECIES NATIVAS QUE POSEAN UNA ALTA TOLERANCIA A PARÁMETROS AMBIENTALES CAMBIANTES PARA LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.</b> Para el cumplimiento del criterio la promovente, una vez concluidas las actividades de construcción de la duna artificial, estas serán reforestadas con vegetación nativa, conforme al SMGS descrito en el Capítulo 6.
<b>G026</b>	<b>IDENTIFICAR LAS ÁREAS IMPORTANTES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CONECTIVIDAD AMBIENTAL EN GRADIENTES ALTITUDINALES Y PROMOVER SU CONSERVACIÓN (O REHABILITACIÓN).</b> La promovente manifiesta que en el proyecto no existen gradientes altitudinales.
<b>G027</b>	<b>PROMOVER EL USO DE COMBUSTIBLES DE NO ORIGEN FÓSIL.</b> El cumplimiento del presente criterio es responsabilidad de las autoridades competentes. Sin embargo, la promovente manifiesta que, de ser posible y si las necesidades operativas del proyecto lo permiten, se instalarán equipos para el aprovechamiento de energías alternativas para cubrir parte de las necesidades del proyecto
<b>G028</b>	<b>PROMOVER EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES.</b> La promovente del proyecto manifiesta que tiene concebido como alternativa operativa, usar energías renovables en los casos que sea técnicamente y financieramente posible.
<b>G029</b>	<b>PROMOVER UN APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA.</b> El cumplimiento del presente criterio es responsabilidad de las autoridades competentes, sin embargo, la promovente del proyecto manifiesta que se apegara a todos aquellos lineamientos establecidos por las autoridades que impulsen el aprovechamiento sustentable de energías.
<b>G030</b>	<b>FOMENTAR LA PRODUCCIÓN Y USO DE EQUIPOS ENERGÉTICAMENTE MÁS EFICIENTES.</b> El cumplimiento del presente criterio es responsabilidad de las autoridades competentes, sin embargo, la promovente del proyecto manifiesta que tomara en consideración todas aquellas recomendaciones emitidas por las autoridades.
<b>G031</b>	<b>PROMOVER LA SUSTITUCIÓN A COMBUSTIBLES LIMPIOS, EN LOS CASOS EN QUE SEA POSIBLE, POR OTROS QUE EMITAN MENOS CONTAMINANTES QUE CONTRIBUYAN AL CALENTAMIENTO GLOBAL.</b> Para el cumplimiento del presente proyecto, la promovente usará maquinaria y equipo en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de contaminantes que contribuyen al calentamiento global. Si las necesidades operativas del proyecto lo permiten, la promovente optará por usar equipos que no requieran de combustibles fósiles para su funcionamiento.
<b>G032</b>	<b>PROMOVER LA GENERACIÓN Y USO DE ENERGÍA A PARTIR DE HIDRÓGENO.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes y no para la promovente del proyecto.
<b>G033</b>	<b>PROMOVER LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍAS LIMPIAS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades competentes.
<b>G034</b>	<b>IMPULSAR LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE VIVIENDAS Y EDIFICACIONES A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑOS BIOCLIMÁTICO, EL USO DE NUEVOS MATERIALES Y DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS.</b> El presente criterio no es responsabilidad de la promovente del proyecto, éste no tiene contemplado la construcción de viviendas y/o edificaciones basadas en la implementación de diseños bioclimáticos.
<b>G035</b>	<b>ESTABLECER MEDIDAS QUE INCREMENTEN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS</b>



	<b>INSTALACIONES DOMÉSTICAS EXISTENTES.</b> La promovente del proyecto manifiesta que implementará programas calendarizados para sustituir de manera continua los equipos electrónicos para su correcto funcionamiento y ahorro energético. De igual forma contará con sistemas automatizados que regularán el consumo de energía durante la operación del proyecto.
<b>G036</b>	<b>ESTABLECER MEDIDAS QUE INCREMENTEN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES EXISTENTES.</b> Las actividades descritas el presente criterio no son compatibles con el conjunto de obras del proyecto necesarias para la estabilización y recuperación de playas
<b>G037</b>	<b>ELABORAR MODELOS (SISTEMAS MUNDIALES DE ZONIFICACIÓN AGRO-ECOLÓGICA) QUE PERMITAN EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS; EN DIFERENTES CONDICIONES DEL SUELO, CLIMÁTICAS Y DEL TERRENO.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, su cumplimiento es obligación de las autoridades competentes.
<b>G038</b>	<b>EVALUAR LA POTENCIALIDAD DEL SUELO PARA LA CAPTURA DE CARBONO.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, el conjunto de obras que forman parte del proyecto se realizarán en la zona de playas ubicadas frente al complejo hotelero Sirenis.
<b>G039</b>	<b>PROMOVER Y FORTALECER LA FORMULACIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE LOS ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS LOCALES EN EL ASO.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G040</b>	<b>FOMENTAR LA PARTICIPACIÓN DE LAS INDUSTRIAS EN EL PROGRAMA NACIONAL DE AUDITORÍA AMBIENTAL.</b> En caso de que el proyecto sea autorizado, se prevé participar en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.
<b>G041</b>	<b>FOMENTAR LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO EN LOS PRINCIPALES CENTROS DE POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G042</b>	<b>FOMENTAR LA INCLUSIÓN DE LAS INDUSTRIAS DE TODO TIPO EN EL REGISTRO DE EMISIÓN Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (RETC) Y PROMOVER EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G043</b>	<b>LA SEMARNAT, CONSIDERARÁ EL CONTENIDO APLICABLE DE ESTE PROGRAMA. EN SU PARTICIPACIÓN PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARTA NACIONAL PESQUERA, ASIMISMO, LO CONSIDERARÁ EN LAS MEDIDAS TENDIENTES A LA PROTECCIÓN DE QUELONIOS, MAMÍFEROS MARINOS Y ESPECIES BAJO UN ESTADO ESPECIAL DE PROTECCIÓN, QUE DICTE DE CONFORMIDAD CON LA LEY GENERAL DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE.</b> El cumplimiento al presente criterio no es aplicable a la promovente, es obligación de las autoridades competentes, no se omite manifestar que el proyecto consiste principalmente en crear un sistema integral que ayude a generar una playa estable y una zona de recreación frente a un desarrollo turístico.
<b>G044</b>	<b>CONTRIBUIR A LA CONSTRUCCIÓN Y REFORZAMIENTO DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS Y DE COMERCIALIZACIÓN INTERNA Y EXTERNA DE LAS ESPECIES PESQUERAS.</b> El cumplimiento al presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que el proyecto consiste principalmente en crear un sistema integral que ayude a generar una playa estable y una zona de recreación frente a un desarrollo turístico.
<b>G045</b>	<b>CONSOLIDAR EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LAS LOCALIDADES NODALES.</b> Es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G046</b>	<b>FOMENTAR LA AMPLIACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS QUE LIBEREN TRÁNSITO DE PASO, CORREDORES CONGESTIONADOS Y MEJORE EL SERVICIO DE TRANSPORTE.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G047</b>	<b>IMPULSAR LA DIVERSIFICACIÓN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G048</b>	<b>INSTRUMENTAR Y APOYAR CAMPAÑAS PARA LA PREVENCIÓN ANTE LA EVENTUALIDAD DE DESASTRES NATURALES.</b> La promovente implementará un programa de Seguridad y Atención a Contingencias como parte del SMGA del proyecto (ver capítulo 6), el cual considera la instrumentación de campañas de prevención para atender desastres naturales.
<b>G049</b>	<b>FORTALECER LA CREACIÓN O CONSOLIDACIÓN DE LOS COMITÉS DE PROTECCIÓN CIVIL.</b> La promovente manifiesta en cumplimiento de este criterio a través de su Programa de Seguridad y

	Atención a Contingencias, mediante el cual reforzará la labor de los comités de protección civil al contar con un comité interno de atención a contingencias.
<b>G050</b>	<b>PROMOVER QUE LAS CONSTRUCCIONES DE LAS CASAS HABITACIÓN SEAN RESISTENTES A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que el conjunto de obras que integran el proyecto no contemplan la construcción de casas tipo habitación.
<b>G051</b>	<b>REALIZAR CAMPAÑAS DE CONCIENTIZACIÓN SOBRE EL MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.</b> Este criterio es aplicable para las autoridades y no para el promovente. Sin embargo, el proyecto implementará un programa de difusión ambiental que incluye campañas de concientización dirigidas a los trabajadores temporales, permanentes y de todas aquellas personas que se involucren de manera directa o indirecta con el proyecto para la estabilización de playas.
<b>G052</b>	<b>IMPLEMENTAR CAMPAÑAS DE LIMPIEZA, PARTICULARMENTE EN ASENTAMIENTOS SUBURBANOS Y URBANOS (DESCACHARRIZACIÓN, LIMPIEZA DE SOLARES, SEPARACIÓN DE BASURA, ETC.).</b> Este criterio es aplicable para la autoridad y no para el promovente. El proyecto durante su etapa de ejecución, implementará medidas adecuadas para el manejo de los residuos mencionados en el presente criterio.
<b>G053</b>	<b>INSTRUMENTAR PROGRAMAS Y MECANISMOS DE REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, éste no contempla programas y mecanismos para la reutilización de aguas residuales tratadas.
<b>G054</b>	<b>PROMOVER EN EL SECTOR INDUSTRIAL LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN ADECUADA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO PARA SUS DESCARGAS.</b> Esta es una obligación aplicable a la autoridad y no al promovente.
<b>G055</b>	<b>LA REMOCIÓN PARCIAL O TOTAL DE VEGETACIÓN FORESTAL PARA EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN TERRENOS FORESTALES, O PARA EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS MADERABLES EN TERRENOS FORESTALES Y PREFERENTEMENTE FORESTALES, SÓLO PODRÁ LLEVARSE A CABO DE CONFORMIDAD CON LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y DEMÁS DISPOSICIONES JURÍDICAS APLICABLES.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto. El proyecto no contempla la remoción de vegetación forestal o el cambio de uso de suelos forestal, el conjunto de obras que integran el proyecto consisten en el “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”
<b>G056</b>	<b>PROMOVER E IMPULSAR LA CONSTRUCCIÓN Y ADECUADA OPERACIÓN DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, PELIGROSOS O DE MANEJO ESPECIAL DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE.</b> Este criterio es aplicable a las autoridades competentes y no al promovente.
<b>G057</b>	<b>PROMOVER LOS ESTUDIOS SOBRE LOS PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.</b> Es una obligación aplicable a las autoridades competentes por lo que no aplica a la promovente.
<b>G058</b>	<b>LA GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS DEBERÁ REALIZARSE CONFORME A LO ESTABLECIDO POR LA LEGISLACIÓN VIGENTE Y LOS LINEAMIENTOS DE LA CICOPAFEST QUE RESULTEN APLICABLES.</b> La promovente en cumplimiento del presente criterio manifiesta que el manejo integral de los residuos del tipo peligrosos que se generen durante las etapas de construcción del proyecto se realizará de conformidad a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su respectivo reglamento, en la Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. El proyecto dentro de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos se incluyen en la presente MIA-R incluye programas para la debida la gestión y manejo de los residuos peligrosos que genere el Proyecto.
<b>G059</b>	<b>EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA DENTRO DE UN ANP, DEBERÁ SER CONSISTENTE CON LA LEGISLACIÓN APLICABLE, EL PROGRAMA DE MANEJO Y EL DECRETO DE CREACIÓN CORRESPONDIENTE.</b> Este criterio no es aplicable a la promovente en virtud de que el proyecto no se encuentra dentro de alguna poligonal que comprenda un área natural protegida.
<b>G060</b>	<b>UBICAR LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA COSTERA EN SITIOS DONDE SE MINIMICE EL IMPACTO SOBRE LA VEGETACIÓN ACUÁTICA SUMERGIDA.</b> Para dar cumplimiento al presente proyecto la promovente manifiesta que se tomarán las medidas necesarias para minimizar todo impacto sobre la vegetación acuática generado por la construcción de las Obras de protección contempladas por el Proyecto.

	El proyecto se ubica en la Segunda Etapa de la Zona Hotelera de Cancún y, como se señala en el Capítulo 2 de la presente MIA-R, las obras se desarrollarán en arenales y áreas de provistas de arrecifes de coral, atendiendo a demás todas las medidas descritas en el Capítulo 6, por lo que se da cumplimiento a este criterio.
G061	<b>LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA COSTERA SE DEBERÁ REALIZAR CON PROCESOS Y MATERIALES QUE MINIMICEN LA CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE MARINO.</b>
	Para el cumplimiento del presente criterio se debe de entender que el conjunto de obras, se realizarán conforme se explica en la presente MIA-R, los procesos constructivos, instrumentos, maquinaria y materiales que se utilizarán en el Proyecto han sido seleccionados con el objetivo de prevenir y evitar al máximo cualquier posible contaminación al medio ambiente marino. Adicionalmente el SMGA propuesto en el Capítulo 6 de esta MIA-R, se incluyen medidas y planes de acción aplicables ante el eventual y lejano escenario de contaminación marina, incluyendo la generada por hidrocarburos y fuga de sedimentos.
G062	<b>IMPLEMENTAR PROCESOS DE MEJORA DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA Y APLICAR MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO.</b>
	Este criterio no aplica para la promovente ya que las actividades a desarrollarse pertenecen al sector Turismo y no al sector agropecuario.
G063	<b>PROMOVER LA ELABORACIÓN DE ORDENAMIENTOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS A DIFERENTES ESCALAS Y SU VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS.</b>
	Este criterio es aplicable para las autoridades de los diferentes ámbitos de competencia gubernamental encargadas de desarrollar ordenamientos en materia de pesca y acuicultura y no a la promovente.
G064	<b>LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS, PUENTES O VÍAS FÉRREAS DEBERÁ EVITAR MODIFICACIONES EN EL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LOS FLUJOS SUBTERRÁNEOS O SUPERFICIALES O ATENDER DICHAS MODIFICACIONES EN CASO DE QUE SEAN INEVITABLES.</b>
	Este criterio no es aplicable a la promovente, atendiendo a que el proyecto no incluye la construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas. El proyecto se origina ante la necesidad de mejorar y estabilizar a largo plazo la playa frente al complejo turístico hotelero Sirenis.
G065	<b>LA REALIZACIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, DEBERÁ CONTAR CON LA OPINIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL ANP O EN SU CASO DE LA DIRECCIÓN REGIONAL QUE CORRESPONDA, CONFORME LO ESTABLECIDO EN EL DECRETO Y PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA RESPECTIVA.</b>
	Este criterio no es aplicable a la promovente, atendiendo que el proyecto se encuentra fuera del área poligonal que comprenda algún Área Natural Protegida.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los criterios aplicables para la UGA 139:

**Tabla 3. 22.** Criterios de Acciones Específicas de la UGA 139, correspondientes al POEMyRMAYGM vinculables al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Clave	Acciones Específicas
A001	<b>FORTALECER LOS MECANISMOS PARA EL CONTROL DE LA COMERCIALIZACIÓN Y USO DE AGROQUÍMICOS Y PESTICIDAS.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, éste no comprende la comercialización de agroquímicos y pesticidas, su cumplimiento es obligación de las autoridades competentes en la materia.
A002	<b>INSTRUMENTAR MECANISMOS DE CAPACITACIÓN PARA EL MANEJO ADECUADO DE AGROQUÍMICOS Y PESTICIDAS.</b>
	Se debe de entender que debido a la naturaleza u objeto del proyecto consiste en el mejoramiento de la playa, éste criterio no aplica a la promovente.
A003	<b>FOMENTAR EL USO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y ABONOS VERDES EN LOS PROCESOS DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO DE ACTIVIDADES AGROPECUARIAS Y FORESTALES.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, éste no tiene como objeto realiza actividades relacionadas con la fertilización del suelo para actividades agropecuarias y/o forestales.
A005	<b>FOMENTAR LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA DURANTE LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN DE LA MISMA.</b>

Clave	Acciones Específicas
	Por la naturaleza del proyecto el presente criterio no es aplicable a la promovente.
A006	<b>IMPLEMENTAR PROGRAMAS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y EL USO DE AGUAS GRISES.</b> Por la naturaleza del proyecto el presente criterio no es aplicable a la promovente. Es obligación de las autoridades cumplir con lo manifestado por el presente criterio.
A007	<b>PROMOVER LA CONSTITUCIÓN DE ÁREAS DESTINADAS VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN O ANP EN ÁREAS APTAS PARA LA CONSERVACIÓN O RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente de proyecto, se debe de estar en el entendido que el proyecto no se localiza dentro de polígono alguno que forme parte de un Área Natural Protegida.
A008	<b>EVITAR LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LAS PLAYAS DE ANIDACIÓN DE TORTUGAS MARINAS, SALVO AQUELLAS QUE ESTÉN AUTORIZADAS EN LOS PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN.</b> El proyecto para el cumplimiento del presente criterio se apegará a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado Dirección de Vida Silvestre, mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Así como las disposiciones que sean emitidas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas quien es la encargada de la administración del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas denominada Bahía de Akumal.
A009	<b>FORTALECER LA INSPECCIÓN Y VIGILANCIA EN LAS ZONAS DE ANIDACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LAS TORTUGAS MARINAS.</b> El presente criterio es obligación de las autoridades facultadas para la inspección y vigilancia de la zona donde anidan y se reproducen las tortugas. La promovente del proyecto en cumplimiento de las leyes ambientales, así como de los tratados internacionales del que forma parte el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, véase el apartado insertado en el cuerpo del presente capítulo que vincula el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” con la NOM-162-SEMARNAT-2012, la cual establece especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación”
A010	<b>FORTALECER EL APOYO ECONÓMICO DE LAS ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN DE LAS TORTUGAS MARINAS.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto, es obligación de la autoridad el cumplimiento de este criterio. La promovente no omite que implementará acciones internas encaminadas para generar apoyos económicos para fortalecer de manera conjunta con las instituciones pertinentes la conservación de las tortugas marinas, conforme a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado Dirección de Vida Silvestre, mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16.
A011	<b>ESTABLECER E IMPULSAR PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL ORIGINAL PARA REVERTIR EL AVANCE DE LA FRONTERA AGROPECUARIA.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto, es obligación de la autoridad el cumplimiento de este criterio. El proyecto no se realizará en suelos con coberturas vegetales que han sido afectadas por las actividades agropecuarias.
A012	<b>PROMOVER LA PRESERVACIÓN DE LAS DUNAS COSTERAS Y SU VEGETACIÓN NATURAL, A TRAVÉS DE LA UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DETRÁS DEL CORDÓN DE DUNAS FRONTALES.</b> Para el cumplimiento del criterio se debe de entender que se tiene proyectado la construcción de Estructuras de protección, Dunas artificiales y una Caleta artificial, promoviendo lo establecido en este Criterio.
A013	<b>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.</b> La promovente del proyecto en cumplimiento del presente criterio, manifiesta que durante

Clave	Acciones Específicas
	las etapas de ejecución y operación del proyecto no se tiene contemplado la introducción de especies invasoras.
A014	<b>INSTRUMENTAR CAMPAÑAS DE RESTAURACIÓN, REFORESTACIÓN Y RECUPERACIÓN DE MANGLARES Y OTROS HUMEDALES EN LAS ZONAS DE MAYOR VIABILIDAD ECOLÓGICA.</b> El cumplimiento del presente criterio es obligación de las autoridades darle cumplimiento, la promovente del proyecto no omite manifestar que de existir alguna de las campañas descritas en el criterio, la promovente coadyuvara con las autoridades que promuevan dichas acciones.
A015	<b>PROMOVER E IMPULSAR LA REUBICACIÓN DE INSTALACIONES QUE SE ENCUENTRAN SOBRE LAS DUNAS ARENOSAS EN LA ZONA COSTERA DEL ASO.</b> Estas acciones corresponde implementarlas a las autoridades, no se omite manifestar que la naturaleza del proyecto es la restauración del perfil costero por medio de soluciones integrales que abarcan desde el sistema marino hasta la duna.
A016	<b>ESTABLECER CORREDORES BIOLÓGICOS PARA CONECTAR LAS ANP EXISTENTES O LAS ÁREAS EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN DENTRO DEL ASO.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, ya que el conjunto de obras se encuentra fuera de algún polígono que conforme un Área Natural Protegida.
A017	<b>ESTABLECER E IMPULSAR PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN, REFORESTACIÓN Y RECUPERACIÓN DE ZONAS DEGRADADAS.</b> Para el cumplimiento del presente criterio la promovente del proyecto manifiesta; de existir algún programa impulsado por el sector privado o por las autoridades competentes enfocado a la restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas, la promovente coadyuvara con estos para lograr los objetivos establecidos en los programas de restauración.
A018	<b>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).</b> El cumplimiento del presente criterio no es responsabilidad directa de la promovente, sin embargo, en la MIA-R se puede observar que el proyecto generará efectos positivos mediante la creación de estructuras de protección y dunas artificiales reforestada con especies propias de este ambiente costero. El cuidado y mantenimiento adecuado del área reforestada de la duna artificial generará servicios y bienes ambientales de diversa índole, tales como mayor valor paisajístico, conservación del ancho de playa y creación de refugios y zonas de alimentación para diversas especies de animales. En el supuesto de existir una afectación de algún tipo de especies de riesgo señaladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, será implementado el programa de Biodiversidad el cual comprende acciones de rescate y reubicación de la biota marina y terrestre en las áreas de aprovechamiento del proyecto.
A019	<b>LOS PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN QUE SE IMPLEMENTEN, DEBERÁN SER FORMULADOS Y APROBADOS DE CONFORMIDAD CON LA LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS, Y DEMÁS NORMATIVIDAD APLICABLE.</b> El presente criterio no es aplicable al promovente del proyecto, éste consiste en un proyecto integral de protección y estabilización de playa frente al lote Grand Sirenis Riviera Maya Resort
A020	<b>PROMOVER EL USO DE TECNOLOGÍAS DE MANEJO DE LA CAÑA EN VERDE PARA EVITAR LAS EMISIONES PRODUCIDAS EN LOS PERIODOS DE ZAFRA.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto. El proyecto no incluye el manejo de tecnologías para el manejo de la caña verde.
A021	<b>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.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste tiene su origen ante la necesidad de mejorar y estabilizar a largo plazo la playa frente al desarrollo turístico Sirenis.
A022	<b>FOMENTAR PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN Y MONITOREO DE ZONAS Y AGUAS COSTERAS AFECTADAS POR LOS HIDROCARBUROS.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, se debe de entender que la zona



Clave	Acciones Específicas
	donde se realizaran las obras no se encuentra afectada por hidrocarburos o por cualquier otra actividad derivada de dicho sector.
A023	<b>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.</b> El cumplimiento de este criterio es de obligación para las autoridades competentes. Sin embargo, la promovente no omite que se establecerán las medidas de control, preventivas y de mitigación necesarias para minimizar los efectos que se pudieran ocasionar por la implementación del proyecto.
A024	<b>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.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, se debe de entender que el proyecto no está relacionado con la industria, no se omite manifestar que la promovente del proyecto dará cumplimiento al criterio, haciendo que la maquinaria y equipo de combustión interna que sean utilizados para el desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas que lo integran, se encontrará en óptimas condiciones mecánicas para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
A025	<b>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.</b> Para dar cumplimiento al presente criterio se debe de entender que por la naturaleza del proyecto no se prevé la generación de residuos peligrosos, sin embargo, en el caso de que se generaran, serán entregados para su disposición final a empresas que se encuentren autorizadas por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
A026	<b>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.</b> Por la naturaleza del proyecto, este criterio no es aplicable a la promovente, ya que el proyecto no contempla la instalación permanente de alguna industria que genere emisiones de gases de efecto invernadero.
A027	<b>MANTENER AL MÍNIMO POSIBLE LA SUPERFICIE OCUPADA POR LAS INSTALACIONES DE INFRAESTRUCTURA EN LAS PLAYAS PARA EVITAR SU PERTURBACIÓN.</b> Para dar cumplimiento al criterio se debe de entender que la finalidad del proyecto consiste en mejorar y estabilizar a largo plazo el perfil costero de la playa ubicadas frente al desarrollo turístico Grand Sirenis.
A028	<b>PROMOVER LAS MEDIDAS NECESARIAS PARA QUE LA INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE OCUPACIÓN PERMANENTE SOBRE EL PRIMERO O SEGUNDO CORDÓN DE DUNAS EVITEN GENERAR EFECTOS NEGATIVOS SOBRE SU ESTRUCTURA O FUNCIÓN ECOSISTÉMICA.</b> El presente criterio es de cumplimiento para las autoridades competentes en la materia. La promovente del proyecto se apegará a los lineamientos establecidos por las autoridades que permitan dar cumplimiento con el presente criterio, objeto del proyecto consiste en mejorar y estabilizar a largo plazo el perfil costero de la playa ubicadas frente al desarrollo turístico Grand Sirenis
A029	<b>PROMOVER LA PRESERVACIÓN DEL PERFIL DE LA COSTA Y LOS PATRONES NATURALES DE CIRCULACIÓN DE LAS CORRIENTES ALINEADAS A LA COSTA, SALVO CUANDO DICHAS MODIFICACIONES CORRESPONDAN A PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA QUE TENGAN POR OBJETO MITIGAR O REMEDIAR LOS EFECTOS CAUSADOS POR ALGUNA CONTINGENCIA METEOROLÓGICA O DESASTRE NATURAL.</b> Para dar cumplimiento al presente criterio la promovente del proyecto, manifiesta que la finalidad del proyecto es precisamente la recuperación de las condiciones originales de la playa, la construcción de una estructura de protección que continúe la línea de costa en la caleta, para proteger la costa del oleaje incidente que ayuden a mantener una playa estable. Entendiéndose que el único objeto del proyecto consiste en mitigar y remediar los efectos causados a la línea de costa por los fenómenos meteorológicos que han afectado la zona en años anteriores.
A030	<b>GENERAR O ADAPTAR TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS Y DE INGENIERÍA QUE MINIMICEN LA AFECTACIÓN AL PERFIL COSTERO Y A LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN DE AGUAS</b>

Clave	Acciones Específicas
	<p><b>COSTERAS.</b></p> <p>El Proyecto desde su generación a implantando utilizar tecnológicas enfocadas en mitigar las posibles afectaciones negativas por la presencia de estructuras para lo cual el Proyecto ha contemplado usar modelos de simulación matemáticos para evaluar y predecir lo que ocurrirá al colocar estructuras frente a la costa.</p> <p>El desarrollo de ingeniería utilizada para el relleno de arena procedente de un banco marino es utilizado es países como: Holanda, Bélgica, Estados Unidos España y Japón; este método es factible siempre y cuando se verifique la compatibilidad del material a verter y se compruebe que las características del grano son similares al de la arena del sitio.</p>
A031	<p><b>PROMOVER LA PRESERVACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NATURALES DE LAS BARRAS ARENOSAS QUE LIMITAN LOS SISTEMAS LAGUNARES COSTEROS.</b></p> <p>El proyecto cumple con el presente criterio, ya que tiene previsto la preservación de las barras arenosas como lo es mediante la creación de dunas artificiales y mejoramiento de las dunas naturales. Para lo cual se pretende explotar bancos marinos cuya la compatibilidad del grano arenoso a verter en la zona de dunas deberá ser similares al de la arena del sitio.</p>
A033	<p><b>FOMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA, EXCEPTO CUANDO SU INFRAESTRUCTURA PUEDA AFECTAR CORREDORES DE ESPECIES MIGRATORIAS.</b></p> <p>Por la naturaleza del proyecto no se tiene contemplado el aprovechamiento de la energía eólica.</p>
A037	<p><b>PROMOVER LA GENERACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR.</b></p> <p>Por la naturaleza del proyecto, no se puede cumplir con el presente criterio ya que éste se desarrollará desde el sistema marino hasta la duna y no contempla generar energía por medio de la captación de energía solar.</p>
A038	<p><b>IMPULSAR EL USO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA Y REDUCIR LOS RIESGOS DE INCENDIOS FORESTALES EN LAS REGIONES MÁS SECAS.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, ya que por su naturaleza éste no está relacionado con actividad alguna del sector primario y/o agropecuario.</p>
A039	<p><b>PROMOVER LA REDUCCIÓN DEL USO DE AGROQUÍMICOS SINTÉTICOS A FAVOR DEL USO DE MEJORADORES ORGÁNICOS.</b></p> <p>El proyecto no tiene contemplado el uso de agroquímicos, se debe de entender que el grupo de actividades que forma parte del proyecto no contempla el uso de agroquímicos.</p>
A040	<p><b>IMPULSAR LA SUSTITUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE PESCA EXTRACTIVA POR ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA CON ESPECIES NATIVAS DE LA ZONA EN LA CUAL SE APLICA EL PROGRAMA Y CON TECNOLOGÍAS QUE NO CONTAMINEN EL AMBIENTE Y CUYA INFRAESTRUCTURA NO AFECTE LOS SISTEMAS NATURALES.</b></p> <p>El cumplimiento del presente criterio no es aplicable a la promovente, las actividades a realizarse no contemplan actividades de pesca extractivas. El proyecto solo contempla actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros.</p>
A044	<p><b>DIVERSIFICAR LA BASE DE ESPECIES EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL EN LAS PESQUERÍAS.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente, el proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente a complejo hotelero Grand Sirenis.</p>
A046	<p><b>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.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable para la promovente, es obligación de las autoridades, el proyecto para el mejoramiento de ambientes costeros, no tiene por objeto verter o disponer de residuos generados en embarcaciones.</p>
A050	<p><b>PROMOVER EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO Y PROGRAMAS DE CONURBACIÓN CON EL FIN DE DOTAR DE INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS A LAS COMUNIDADES RURALES.</b></p> <p>El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.</p>
A051	<p><b>PROMOVER LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS RURALES, DE TERRACERÍA O REVESTIDOS ENTRE LAS LOCALIDADES ESTRATÉGICAS PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN.</b></p> <p>El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.</p>
A052	<p><b>PROMOVER EL USO SOSTENIBLE DE LA TIERRA/AGRICULTURA (CULTIVOS, GANADO, PASTOS Y PRADERAS, Y BOSQUES) Y PRÁCTICAS DE MANEJO Y TECNOLOGÍA QUE FAVOREZCAN LA CAPTURA DE CARBONO.</b></p> <p>El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades</p>

Clave	Acciones Específicas
	competentes en la materia.
A053	<b>DESINCENTIVAR Y EVITAR EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EXTENSIVAS.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A054	<b>PROMOVER LA SUSTITUCIÓN DE TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS POR INTENSIVAS EN LAS ACTIVIDADES ACORDES A LA APTITUD TERRITORIAL, UTILIZANDO ESQUEMAS DE MANEJO Y TECNOLOGÍA ADECUADA PARA MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A055	<b>COORDINAR LOS PROGRAMAS DE GOBIERNO QUE APOYAN A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA PARA ACTUAR SINÉRGICAMENTE SOBRE EL TERRITORIO Y LA POBLACIÓN QUE LO OCUPA.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A056	<b>IDENTIFICAR E IMPLEMENTAR AQUELLOS CULTIVOS APTOS A LAS CONDICIONES AMBIENTALES CAMBIANTES.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A057	<b>Evitar el establecimiento de zonas urbanas en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A058	<b>REALIZAR CAMPAÑAS PARA REUBICAR A PERSONAS FUERA DE LAS ZONAS DE RIESGO.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A059	<b>IDENTIFICAR, REFORZAR O DOTAR DE EQUIPAMIENTO BÁSICO A LAS LOCALIDADES ESTRATÉGICAS PARA LA CONSERVACIÓN Y/O EL DESARROLLO SUSTENTABLE.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A060	<b>ESTABLECER Y MEJORAR SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A061	<b>MEJORAR LAS CONDICIONES DE LAS VIVIENDAS Y DE INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y COMUNITARIA EN LAS LOCALIDADES DE MAYOR MARGINACIÓN.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A062	<b>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.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A063	<b>INSTALAR NUEVAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y OPTIMIZAR LAS YA EXISTENTES.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A064	<b>COMPLETAR LA CONEXIÓN DE LAS VIVIENDAS AL SISTEMA DE COLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A065	<b>INSTRUMENTAR PROGRAMAS DE RECUPERACIÓN Y MEJORAMIENTO DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE LODOS INACTIVADOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS MUNICIPALES.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A066	<b>INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE TRATAMIENTO DE LAS PLANTAS PARA DAR TRATAMIENTO TERCIARIO A LOS EFLUENTES E INYECTAR AGUAS DE MAYOR CALIDAD AL</b>

Clave	Acciones Específicas
	<b>MANTO FREÁTICO EN APOYO, EN SU CASO, A LA RESTAURACIÓN DE HUMEDALES.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A067	<b>INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN LAS ZONAS URBANAS Y TURÍSTICAS.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A068	<b>PROMOVER EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, PELIGROSOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EVITAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN EL MAR Y ZONA COSTERA.</b> La promovente del proyecto cumplirá con el criterio apeándose a lo establecido en la Ley General de los residuos del estado de Quintana Roo y su respectivo Reglamento, así como lo especificado en los planes manejo desarrollados para el proyecto los cuales son mencionados en el capítulo VI de la presente MIA-R.
A069	<b>PROMOVER EL TRATAMIENTO O DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, PELIGROSOS Y DE MANEJO ESPECIAL PARA EVITAR SU DISPOSICIÓN EN EL MAR.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A070	<b>REALIZAR CAMPAÑAS DE COLECTA Y CONCENTRACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA ZONA COSTERA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL.</b> El presente criterio es obligación de las autoridades. El proyecto en su Capítulo 6, tiene contemplado un programa para el manejo de residuos sólidos urbanos que se generen durante el proceso de construcción del mismo, de ser invitado por la autoridad a participar en campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera, la promovente participará apeándose a las disposiciones establecidas por la autoridad promovente.
A071	<b>DISEÑAR E INSTRUMENTAR ACCIONES COORDINADAS ENTRE SECTOR TURISMO Y SECTOR CONSERVACIÓN PARA REDUCIR AL MÍNIMO LA AFECTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS EN ZONAS TURÍSTICAS Y APROVECHAR AL MÁXIMO EL POTENCIAL TURÍSTICO DE LOS RECURSOS. IMPULSAR Y FORTALECER LAS REDES DE TURISMO DE LA NATURALEZA (ECOTURISMO) EN TODAS SUS MODALIDADES COMO UNA ALTERNATIVA AL DESARROLLO LOCAL RESPETANDO LOS CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD SEGÚN LA NORMA CORRESPONDIENTE.</b> El proyecto denominado “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”, tiene como objetivo principal mejorar las playas que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir un uso seguro y cómodo por parte de los visitantes. Estas acciones son realizadas mediante una fuerte inversión del sector privado, sin generar gasto o participación alguna para el gobierno. El Proyecto, mediante los diferentes estudios y análisis que integran la MIA-R, garantiza la no afectación del ecosistema. Autorizado el proyecto, éste se apeará a todos los términos y condicionantes que sean emitidos por la autoridad.
A072	<b>PROMOVER QUE LA OPERACIÓN DE DESARROLLOS TURÍSTICOS SE HAGA CON CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL, A TRAVÉS DE CERTIFICACIONES AMBIENTALES NACIONALES O INTERNACIONALES, U OTROS MECANISMOS.</b> El presente criterio es obligación de la autoridad. Se debe de tener claro, el objetivo del proyecto es mejorar las playas que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir su uso seguro y cómodo por parte de los visitantes.
A077	<b>LA CONSTRUCCIÓN, MODERNIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA DEBERÁ MINIMIZAR LA AFECTACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y SUS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES, ENTRE ÉSTOS: FLUJOS HIDROLÓGICOS, CONECTIVIDAD DE ECOSISTEMAS, ESPECIES EN RIESGO, RECARGA DE ACUÍFEROS Y HÁBITATS CRÍTICOS.</b> El presente criterio no aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.

A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los criterios aplicables para la UGA 178:

**Tabla 3. 23.** Criterios de Acciones Específicas de la UGA 178, correspondientes al POEMyRMAYGM vinculables al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Clave	Acciones Específicas
A007	<b>PROMOVER LA CONSTITUCIÓN DE ÁREAS DESTINADAS VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN O ANP EN ÁREAS APTAS PARA LA CONSERVACIÓN O RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente de proyecto, se debe de estar en el entendido que el proyecto no se localiza dentro de polígono alguno que forme parte de un Área Natural Protegida.
A013	<b>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.</b> La promovente del proyecto en cumplimiento del presente criterio, manifiesta que durante las etapas de ejecución y operación del proyecto no se tiene contemplado la introducción de especies invasoras.
A016	<b>ESTABLECER CORREDORES BIOLÓGICOS PARA CONECTAR LAS ANP EXISTENTES O LAS ÁREAS EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN DENTRO DEL ASO.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, ya que el conjunto de obras se encuentra fuera de algún polígono que conforme un Área Natural Protegida.
A018	<b>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).</b> El cumplimiento del presente criterio no es responsabilidad directa de la promovente, sin embargo, en la MIA-R se puede observar que el proyecto generará efectos positivos mediante la creación de estructuras de protección y dunas artificiales reforestada con especies propias de este ambiente costero. El cuidado y mantenimiento adecuado del área reforestada de la duna artificial generará servicios y bienes ambientales de diversa índole, tales como mayor valor paisajístico, conservación del ancho de playa y creación de refugios y zonas de alimentación para diversas especies de animales. En el supuesto de existir una afectación de algún tipo de especies de riesgo señaladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, será implementado el programa de Biodiversidad el cual comprende acciones de rescate y reubicación de la biota marina y terrestre en las áreas de aprovechamiento del proyecto.
A022	<b>FOMENTAR PROGRAMAS DE REMEDIACIÓN Y MONITOREO DE ZONAS Y AGUAS COSTERAS AFECTADAS POR LOS HIDROCARBUROS.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, se debe de entender que la zona donde se realizaran las obras no se encuentra afectada por hidrocarburos o por cualquier otra actividad derivada de dicho sector.
A025	<b>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.</b> Para dar cumplimiento al presente criterio se debe de entender que por la naturaleza del proyecto no se prevé la generación de residuos peligrosos, sin embargo, en el caso de que se generaran, serán entregados para su disposición final a empresas que se encuentren autorizadas por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
A029	<b>PROMOVER LA PRESERVACIÓN DEL PERFIL DE LA COSTA Y LOS PATRONES NATURALES DE CIRCULACIÓN DE LAS CORRIENTES ALINEADAS A LA COSTA, SALVO CUANDO DICHAS MODIFICACIONES CORRESPONDAN A PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA QUE TENGAN POR OBJETO MITIGAR O REMEDIAR LOS EFECTOS CAUSADOS POR ALGUNA CONTINGENCIA METEOROLÓGICA O DESASTRE NATURAL.</b> Para dar cumplimiento al presente criterio la promovente del proyecto, manifiesta que la finalidad del proyecto es precisamente la recuperación de las condiciones originales de la playa, la construcción de una estructura de protección que continúe la línea de costa en la caleta, para proteger la costa del oleaje incidente que ayuden a mantener una playa estable. Entendiéndose que el único objeto del proyecto consiste en mitigar y remediar los efectos causados a la línea de costa por los fenómenos meteorológicos que han afectado la zona en años anteriores.
A033	<b>FOMENTAR EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA, EXCEPTO CUANDO SU INFRAESTRUCTURA PUEDA AFECTAR CORREDORES DE ESPECIES MIGRATORIAS.</b> Por la naturaleza del proyecto consistente en la restauración de playas, no se tiene contemplado el aprovechamiento de la energía eólica.



Clave	Acciones Específicas
A034	<b>PROMOVER MECANISMOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO LA FUERZA MAREOMOTRIZ.</b> Por la naturaleza del proyecto No se tiene contemplado la implementación de actividades enfocadas para generar energía eléctrica a través de las fuerzas mareomotrices.
A040	<b>IMPULSAR LA SUSTITUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE PESCA EXTRACTIVA POR ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA CON ESPECIES NATIVAS DE LA ZONA EN LA CUAL SE APLICA EL PROGRAMA Y CON TECNOLOGÍAS QUE NO CONTAMINEN EL AMBIENTE Y CUYA INFRAESTRUCTURA NO AFECTE LOS SISTEMAS NATURALES.</b> El cumplimiento del presente criterio no es aplicable a la promovente, las actividades a realizarse no contemplan actividades de pesca extractivas. El proyecto solo contempla actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros.
A041	<b>FORTALECER LOS MECANISMOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS PESQUERÍAS COMERCIALES PARA EVITAR SU SOBREEXPLOTACIÓN.</b> El cumplimiento del presente criterio no es aplicable a la promovente, las actividades a realizarse no contemplan el control de las pesquerías comerciales. El proyecto tiene por objeto actividades enfocadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros.
A042	<b>INSTRUMENTAR O EN SU CASO REFORZAR LAS CAMPAÑAS DE VIGILANCIA DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS DE ESPECIES MARINAS DE CAPTURA COMERCIAL, ESPECIALMENTE AQUELLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS CATEGORÍAS EN DETERIORO O EN SU LÍMITE MÁXIMO DE EXPLOTACIÓN.</b> El cumplimiento del presente criterio es obligación de las autoridades competentes en materia de pesca. Este criterio no es aplicable a la promovente, se debe de estar en el entendido que las actividades a realizarse no contemplan campañas de vigilancia para evitar actividades extractivas de especies marinas. El proyecto tiene por objeto actividades enfocadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros.
A044	<b>DIVERSIFICAR LA BASE DE ESPECIES EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL EN LAS PESQUERÍAS.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, el proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente a complejo hotelero Grand Sirenis.
A045	<b>DESARROLLAR E IMPULSAR EL USO DE LA FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO, SALVO LAS ESPECIES QUE SE ENCUENTRAN EN ALGÚN RÉGIMEN DE PROTECCIÓN, PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE HARINAS Y COMPLEMENTOS NUTRICIONALES.</b> El presente criterio es obligación de las autoridades competentes, el proyecto para el mejoramiento de ambientes costeros no tiene por objeto impulsar la fauna de acompañamiento.
A046	<b>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.</b> El presente criterio no es aplicable para la promovente, es obligación de las autoridades, el proyecto para el mejoramiento de ambientes costeros, no tiene por objeto verter o disponer de residuos generados en embarcaciones.
A047	<b>MONITOREAR LAS COMUNIDADES PLANCTÓNICAS Y ÁREAS DE MAYOR PRODUCTIVIDAD MARINA PARA LIGAR LOS PROGRAMAS DE MANEJO DE PESQUERÍAS DE MANERA PREDICTIVA CON ESTOS ELEMENTOS.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto. Esta es una obligación para la autoridad y no para el promovente.
A048	<b>CONTRIBUIR A REDIMENSIONAR Y AJUSTAR LAS FLOTAS PESQUERAS Y LOS ESFUERZOS DE CAPTURA A LAS CAPACIDADES Y ESTADOS ACTUALES Y PREVISIBLES DE LAS POBLACIONES EN EXPLOTACIÓN.</b> El presente criterio no es aplicable para la promovente, el proyecto enfocado al mejoramiento de ambientes costeros, no tiene por objeto redimensionar y ajustar las flotas pesqueras.
A071	<b>DISEÑAR E INSTRUMENTAR ACCIONES COORDINADAS ENTRE SECTOR TURISMO Y SECTOR CONSERVACIÓN PARA REDUCIR AL MÍNIMO LA AFECTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS EN ZONAS TURÍSTICAS Y APROVECHAR AL MÁXIMO EL POTENCIAL TURÍSTICO DE LOS RECURSOS. IMPULSAR Y FORTALECER LAS REDES DE TURISMO DE LA NATURALEZA (ECOTURISMO) EN TODAS SUS MODALIDADES COMO UNA ALTERNATIVA AL DESARROLLO LOCAL RESPETANDO LOS CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD SEGÚN LA NORMA CORRESPONDIENTE.</b> El proyecto denominado “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”, tiene como objetivo principal mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir un uso seguro y cómodo por parte de los visitantes. Estas acciones son realizadas

Clave	Acciones Específicas
	mediante una fuerte inversión del sector privado, sin generar gasto o participación alguna para el gobierno. El Proyecto, mediante los diferentes estudios y analices que integran la MIA-R, garantiza la no afectación del ecosistema. Autorizado el proyecto, éste se apegará a todos los términos y condicionantes que sean emitidos por la autoridad.
A073	<b>CONSTRUIR, MODERNIZAR Y AMPLIAR LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA DE GRAN TAMAÑO DE APOYO AL TURISMO (EMBARCACIONES MAYORES DE 500 TRB (TONELADAS DE REGISTRO BRUTO) Y/O 49 PIES DE ESLORA), CON OBRAS SUSTENTADAS EN ESTUDIOS ESPECÍFICOS, MODELACIONES PREDICTIVAS Y PROGRAMAS DE MONITOREO, QUE GARANTICEN LA NO AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.
A074	<b>CONSTRUIR, MODERNIZAR Y AMPLIAR LA INFRAESTRUCTURA PORTUARIA DE GRAN TAMAÑO DE APOYO AL TRÁFICO COMERCIAL DE MERCANCÍAS (EMBARCACIONES MAYORES DE 500 TRB (TONELADAS DE REGISTRO BRUTO) Y/O 49 PIES DE ESLORA); CON OBRAS SUSTENTADAS EN ESTUDIOS ESPECÍFICOS, MODELACIONES PREDICTIVAS Y PROGRAMAS DE MONITOREO, QUE GARANTICEN LA NO AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, es una obligación de las autoridades competentes en la materia.

### Criterios de Zona Costera Inmediata al Mar Caribe

La Zona Costera Inmediata al Mar Caribe, Inicia en el límite internacional de México-Belice y termina en el norte sobre el extremo occidente de la Isla de Holbox.

Considerando que la franja de aguas marinas con corrientes alineadas a la costa en la zona del Mar Caribe es un espacio que presenta una intensidad de uso turístico mucho mayor que el resto de la corriente costera, se ha optado por definir para fines del presente ordenamiento un conjunto extra de criterios que, lejos de remplazar, complementan las acciones definidas por UGA en el cuerpo general de este documento.

Estos criterios responden en mucho a las características naturales de dicha franja por su riqueza en formaciones arrecifales y al intenso uso turístico de que son objeto esas aguas inmediatas a la costa, particularmente en el caso del estado de Quintana Roo.

**Tabla 3. 24.** Criterios de Regulación Ecológica de la Zona Costera Inmediata al Mar Caribe, vinculables al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Clave	Criterio de Regulación Ecológica
ZMC-01	<p><b>Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.</b></p> <p>Las zonas arrecifales adyacentes a la zona del proyecto no contemplan actividades en el interior de los mismos, ni la construcción de infraestructura dentro de la zona arrecifal.</p>
ZMC-02	<p><b>Dado que los pastos marinos representan importantes ecosistemas para la fauna marina, debe promoverse su conservación y preservación, por lo que se debe evitar su afectación y pérdida en caso de alguna actividad o proyecto. La evaluación del impacto ambiental correspondiente deberá realizarse conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como a las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio en el Capítulo 6 de la MIA-R que se refiere a la Biota Marina menciona que en la zona del mar adyacente al Grand Sirenis donde se desarrollará el proyecto existe escaso el desarrollo de pastos marinos. En este sentido, las obras del Proyecto <b>no se desplantarán</b> sobre ecosistemas de pastos marinos, ya que la huella de desplante de las obras se limita exclusivamente en zonas con especies de fauna sésil o de lenta movilidad, mismas que serán rescatadas y reubicadas.</p>
ZMC-03	<p><b>Solo se permitirá la captura de mamíferos marinos, aves y reptiles para fines de investigación, rescate y traslado con fines de conservación y preservación, conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.</b></p> <p>El proyecto no tiene contemplado ninguna de las actividades señaladas en el presente criterio. Pero de estar en el supuesto que, durante las actividades del proyecto, se identifican especies señaladas en el presente criterio, se llevara a cabo el rescate de las mismas y se incorporaran a zonas con las mismas características naturales.</p>
ZMC-04	<p><b>Con el fin de preservar zonas coralinas, principalmente las más representativas por su extensión, riqueza y especies presentes, la ubicación y construcción de posibles puntos de anclaje deberán estar sujetas a estudios específicos que la autoridad correspondiente solicite.</b></p> <p>La promovente manifiesta que no considera la construcción de puntos de anclaje en zonas coralinas.</p>
ZMC-05	<p><b>La recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales u otros ecosistemas representativos, sólo podrá llevarse a cabo bajo las disposiciones aplicables de la Ley General de Vida Silvestre y demás normatividad aplicable.</b></p> <p>Este criterio no aplica al presente Proyecto, con base en que no se contempla realizar la recolección, remoción o trasplante de organismos vivos o muertos en las zonas arrecifales. Ahora bien, en caso de que el proyecto requiera alguna de las acciones referidas de remoción y trasplante de organismos en zonas arrecifales, estas se realizaran de acuerdo a la normatividad aplicable en la materia.</p>
ZMC-06	<p><b>Las construcciones de estructuras promotoras de playas deberán estar avaladas por las autoridades competentes y contar con los estudios técnicos y específicos que la autoridad requiera para este fin.</b></p> <p>La promovente, para el cumplimiento del presente criterio, manifiesta que el proyecto será sometido a evaluación de la autoridad competente por medio de la presente MIA-R, el cual se encuentra basado en una serie de análisis y estudios que garantizan la viabilidad técnica del mismo. No se omite manifestar que el proyecto contara con todas las autorizaciones correspondientes.</p>
ZMC-07	<p><b>Como una medida preventiva para evitar contaminación marina no debe permitirse el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos de ningún tipo en los cuerpos de agua en esta zona.</b></p> <p>Como se ha venido señalando reiteradamente a lo largo de este Capítulo 3, el Proyecto considera en su Capítulo 6 dentro del SMGA planteado en el mismo, todas las medidas preventivas y de control para evitar la contaminación marina y el vertimiento de hidrocarburos que accidentalmente pudieran producirse por alguna de sus actividades u Obras.</p>
ZMC-08	<p><b>Con el objeto de coadyuvar en la preservación de las especies de tortugas que año con año arriban en esta zona costera, es recomendable que las actividades recreativas marinas eviten llevarse a cabo entre el ocaso y el amanecer, esto en la temporada de anidación, principalmente en aquellos sitios de mayor incidencia de dichas especies.</b></p>

Clave	Criterio de Regulación Ecológica
	<p>Para dar cumplimiento a éste criterio la promovente del proyecto manifiesta que no tiene contemplado realizar actividades recreativas marinas; sin embargo, las actividades del proyecto que se realicen durante la temporada de anidación de las tortugas se efectuarán de conformidad con el presente criterio. De observarse el arribo de tortugas se dará la instrucción a todos los trabajadores que notifiquen de manera inmediata al personal de supervisión ambiental; el cual se apegará a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis. Así como lo establecido en el oficio No.SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016, el cual autoriza el aprovechamiento no extractivo de Vida Silvestre en las playas denominadas Sirenis, Yalku y Nueva localizadas en la Bahía de Akumal.</p> <p>La promovente también se apegará a las disposiciones establecidas por la CONANP para la protección de las diferentes especies de tortugas, así como de las disposiciones emitidas por las autoridades competentes.</p> <p>Se manifiesta a la autoridad que al momento de analizar el presente criterio revise el cuadro 3.23 insertado en el presente capítulo que contiene la vinculación del proyecto con la Norma-162-Semarnat-2012 “Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación”.</p>
ZMC-09	<p><b>Con el objetivo de preservar las comunidades arrecifales en la zona, es importante que cualquier actividad que se lleve a cabo en ellos y su zona de influencia estén sujetas a permisos avalados que garanticen que dichas actividades no tendrán impactos adversos sobre los valores naturales o culturales de los arrecifes, con base en estudios específicos que determinen la capacidad de carga de los mismos.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio la promovente ingresará a evaluación la presente MIA-R para obtener las autorizaciones correspondientes, no omitiendo informar que el proyecto contempla la creación de estructuras de protección que se colocarán de manera paralela y/o perpendicular a la línea de costa y que ayudarán a disipar la energía de las olas, así como a contener los sedimentos de las playas.</p> <p>Reiterando que no se llevará a cabo alguna obra o actividad directa en arrecifes, para evitar cualquier daño y asegurar la preservación de los mismos se prevé la colocación de mallas geotextiles entre las áreas marinas en que se desarrolle el Proyecto y las comunidades arrecifales cercanas, garantizando su protección de igual forma el proyecto tiene contemplado un Subprograma de Monitoreo de la Biota Marina (MBM) el cual incluye monitoreo en el arrecife coralino.</p> <p>De estar en supuesto de presentarse alguna afectación a especies de coral se implementará el subprograma de conservación de especies el contempla; proteger la fauna relevante que se encuentre en las áreas donde se desarrollará el proyecto, en especial en los ecosistemas de matorral costero, playa, arrecife coralino y arenales.</p>
ZMC-10	<p><b>Con el fin de prevenir la contaminación y deterioro de las zonas marinas, es recomendable la difusión de las normas ambientales correspondientes en toda actividad náutica en la zona.</b></p> <p>Como se manifiesta en el Capítulo 6 de esta MIA-R, el SMGA incluye programas de capacitación en materia ambiental, garantizándose la difusión de las normas ambientales entre todos los trabajadores, operarios y personal que participe en el Proyecto, particularmente en las actividades náuticas que contemplen el uso de embarcaciones.</p>
ZMC-11	<p><b>Se requerirá que, en caso de alguna actividad relacionada con obras de canalización y dragado debidamente autorizadas, se utilicen mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos, en el caso de que exista el riesgo de que se afecten o resulten dañados recursos naturales por estas obras.</b></p> <p>La promovente del proyecto manifiesta que durante el desarrollo de las actividades para extracción de arena y su relleno serán utilizadas mallas geotextiles y barreras de protección para evitar la dispersión de sedimentos que pudieran afectar los recursos naturales de la zona.</p> <p>Las mallas geotextiles deberán estar completas y en buenas condiciones. Las mallas anti dispersión se armarán y se colocarán cerca de las áreas de trabajo para evitar que los sedimentos viajen descontrolados, los sedimentos serán contenidos y caerán al fondo por gravedad. Se debe de entender que la arena no es ningún elemento tóxico, ni representa un riesgo para el ecosistema.</p>
ZMC-12	<p><b>La construcción de proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500TRB [Toneladas de Registro Bruto] y/o 49 pies de eslora), deberá incluir medidas para mantener los procesos de transporte litoral y la calidad del agua marina, así como para evitar la afectación de comunidades marinas presentes en la zona.</b></p> <p>El presente criterio, no es aplicable a la promovente del proyecto; ya que no se tiene contemplado realizar obras para construir muelles de gran tamaño.</p>

Clave	Criterio de Regulación Ecológica
ZMC-13	<p><b>Las embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva deberán portar los colores y claves distintivas asignadas por la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, en los Lineamientos para los Mecanismos de Identificación y Control del Esfuerzo Pesquero, así como el permiso de pesca correspondiente.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, ya que no se tiene contemplado tener embarcaciones utilizadas para la pesca comercial o deportiva.</p>
ZMC-14	<p><b>Por las características de gran volumen de los efluentes subterráneos de los sistemas asociados a la zona oriente de la Península de Yucatán y por la importancia que revisten los humedales como mecanismo de protección del ecosistema marino ante el arrastre de contaminantes de origen terrígeno en particular para esta región los fosfatos y algunos metales pesados producto de los desperdicios generados por el turismo, se recomienda en las UGA regionales correspondientes (UGA:139, UGA:152 y UGA:156) estudiar la factibilidad y promover la creación de áreas de protección mediante políticas, estrategias y control de uso del suelo en esquemas como los Ordenamientos Ecológicos locales o mediante el establecimiento de ANP federales, estatales, municipales, o áreas destinadas voluntariamente a la conservación que actúen de manera sinérgica para conservar los atributos del sistema costero colindante y contribuyan a completar un corredor de áreas protegidas sobre toda la zona costera del Canal de Yucatán y Mar Caribe, en particular para mantener o restaurar la conectividad de los sistemas de humedales de la Península de Yucatán.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, es aplicable para las autoridades competentes en la materia en los diferentes niveles de gobierno. No se omite manifestar que la promovente del proyecto acatará todos los ordenamientos de regulación ecológica que sean promulgados por las autoridades que tengan competencia en la materia.</p>

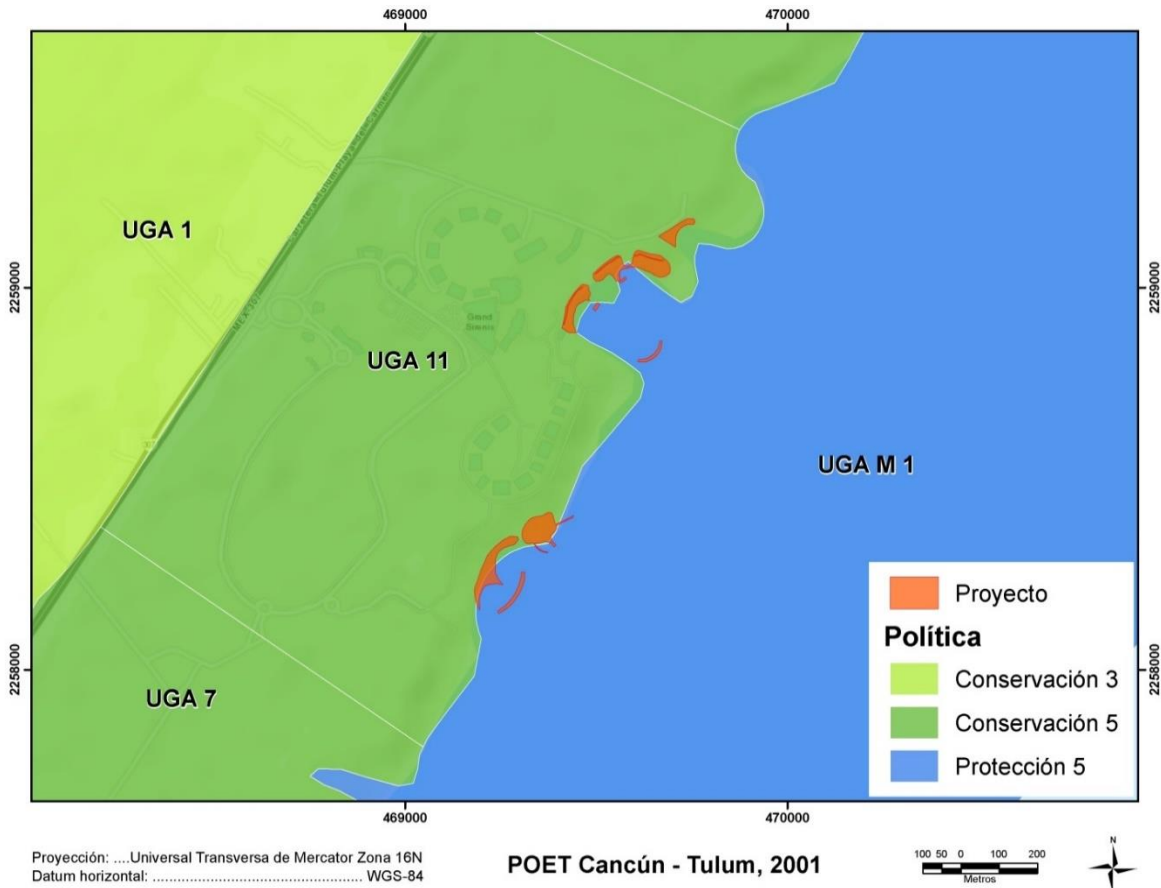
De esta forma, se demuestra el total cumplimiento al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

**3.3.7.3.** *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor Turístico Cancún-Tulum.*

El predio del proyecto está regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Denominada Corredor Cancún - Tulum, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 16 de noviembre de 2001.



**Figura 3. 10.** Ubicación del Proyecto respecto al POET Cancún-Tulum.



No obstante, lo anterior, es importante señalar que el Programa de Ordenamiento Local del municipio de Solidaridad, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el día el 25 de mayo de 2009, establece en su artículo transitorio lo siguiente:

**“TERCERO.** - Se abroga el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región denominada Corredor Cancún-Tulum, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo de fecha 16 de noviembre del año 2001, única y exclusivamente en lo que corresponde al territorio del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México.”

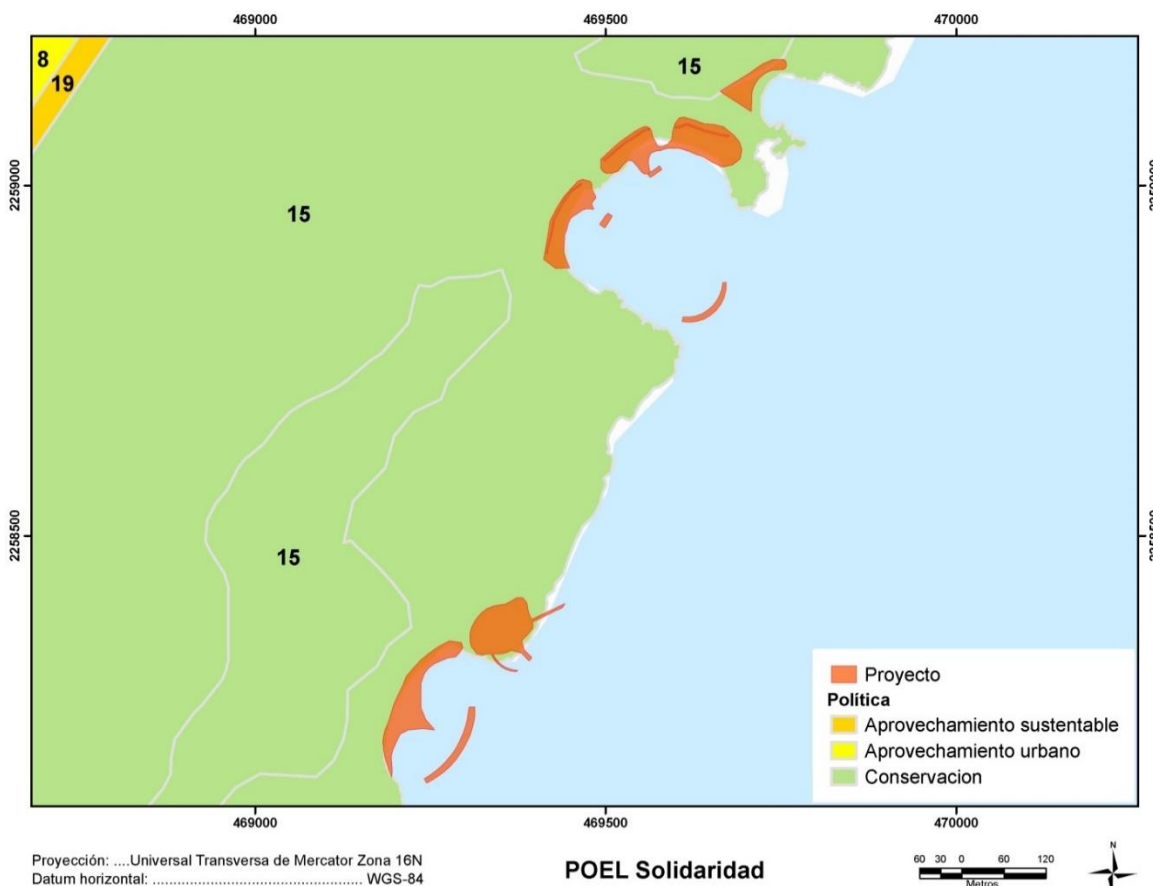
En este sentido, la aplicación del presente POE queda sustituido por el del POEL-S, mismo que se vincula a continuación en este Capítulo.

#### **3.3.7.4.** Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Solidaridad.

El día 25 de mayo del año 2009 se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo El Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad, Quintana Roo. Dicho programa divide el municipio en 19 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), a las que asigna diferente política, vocación y uso del suelo, así como distintos criterios de regulación ecológica, con objeto de propiciar el aprovechamiento sustentable del territorio

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Solidaridad, el proyecto denominado “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental 15 (UGA 15), denominada “CORREDOR TURISTICO PAAMUL-YALKU” la cual tiene una política ambiental de **Conservación** (Figura 3.11).

**Figura 3. 11.** Señala la ubicación del proyecto respecto de la UGA 15, donde se desarrollará el proyecto de acuerdo a lo establecido en el según lo establecido en la POEL-MS.



Ahora bien, es importante contemplar lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, instrumento reglamentario de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

**“ARTÍCULO 20 BIS 4.-** Los programas de ordenamiento ecológico local serán expedidos por las autoridades municipales, y en su caso por las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, de conformidad con las leyes locales en materia ambiental, y tendrán por objeto:

I.- Determinar las distintas áreas ecológicas que se localicen en la zona o región de que se trate, describiendo sus atributos físicos, bióticos y socioeconómicos, así como el diagnóstico de sus condiciones ambientales, y de las tecnologías utilizadas por los habitantes del área de que se trate;

**II.- Regular, fuera de los centros de población, los usos del suelo con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales respectivos, fundamentalmente en la realización de actividades productivas y la localización de asentamientos humanos, y**

**III.- Establecer los criterios de regulación ecológica para la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de los centros de población, a fin de que sean considerados en los planes o programas de desarrollo urbano correspondientes.**

(...)

**ARTÍCULO 20 BIS 6.-** La Secretaría podrá formular, expedir y ejecutar, en coordinación con las Dependencias competentes, programas de ordenamiento ecológico marino. Estos programas tendrán por objeto el establecer los lineamientos y previsiones a que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en áreas o superficies específicas ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes.”

Bajo tal tesitura, considerando que el área de estudio del Proyecto, es decir, el sitio en el que se situará la infraestructura y se realizarán las actividades relativas a **Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis**, se encuentra en la Zona Marina correspondiente a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), no se ubica dentro de la esfera de aplicación del presente Instrumento (POEL-S).

Sin perjuicio de lo anterior, se presenta la vinculación del Proyecto con los criterios más relevantes del Programa de Ordenamiento Ecológico en comento:

**Tabla 3. 25.** Señala los Criterios de Regulación Ecológica de Aplicación General vinculantes con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Criterio	Descripción del Criterio de Aplicación General
CG-01	<p><b>Las actividades, obras y proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio la promovente manifiesta que el objetivo principal del proyecto es el mejorar y estabilizar a largo plazo las playas localizadas frente a al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya. La promovente no omite manifestar ante la autoridad, que el proyecto se apega en cada una de las diferentes etapas que lo integran de forma estricta y apegada a las disposiciones legales en vigor que mencion el presente criterio (CG-01) e incluso de todos aquellos ordenamientos que les resulten aplicables y que no hayan sido consideradas por el criterio que nos ocupa.</p> <p>La autoridad al momento de revisar la presenta MIA-R deberá de tener en consideración que el conjunto de obras que integran el proyecto, en su mayoría serán realizadas en la Zona Federal Marítimo Terrestre y la promovente del proyecto llevará a cabo los trámites necesarios ante las autoridades competentes como: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (“SEMARNAT”) y Secretaría de Comunicaciones y Transporte (“SCT”), para que le sea autorizada la realización de la Obras y actividades en dicha ZOFEMAT.</p>
CG-02	<p><b>Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al</b></p>

	<p><b>proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</b></p> <p>La promovente del proyecto, en cumplimiento del presente criterio realizará de manera previa al inicio de las actividades que integran el proyecto, una inspección de la zona de trabajo para proceder al rescate de los individuos que pudieran ser afectados. Dichos trabajos estarán basados en las medidas de prevención y mitigación contenidos en el capítulo 6 de la presente MIA-R; programa de monitoreo ambiental, acciones y subprogramas que deriven de los mismos aplicables al rescate de los individuos probablemente afectados.</p>
CG-03	<p><b>Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre, presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</b></p> <p>La promovente del proyecto, en cumplimiento del presente criterio realizará de manera previa al inicio de las actividades que integran el proyecto, una inspección de las zonas de trabajo, de localizar especies propias de la región, inmediatamente aplicarán acciones enfocadas al rescate y protección de las especies localizadas ya sean del tipo terrestre o marino, los cuales estarán basados en el Programa de Biodiversidad, así como de Monitoreo Ambiental. Las medidas de prevención y mitigación se encuentran contenidos en el cuerpo que integra el capítulo 6 de la presente MIA-R.</p>
CG-04	<p><b>Los proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.</b></p> <p>Para dar cumplimiento al presente criterio, la promovente manifiesta que todos aquellos puntos en que se lleve a cabo la reforestación de duna artificial y de duna costera natural conforme a la descripción del Proyecto contenida en el Capítulo 2 de esta MIA-R, se hará únicamente mediante la introducción de especies nativas pertenecientes al ecosistema que pretende rehabilitarse con el Proyecto. Los individuos a ser utilizados provendrán de todos aquellos que hayan sido rescatados, así como de los viveros de la región que cuenten con las autorizaciones correspondientes.</p> <p>Por último, la autoridad deberá de tener en consideración que el proyecto no amenaza el ecosistema, ya que no se introducen materiales exóticos, ni se desplanta sobre arrecifes, ni se amenaza la vida marina.</p>
CG-05	<p><b>Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.</b></p> <p>Para dar cumplimiento al presente criterio se debe de tener en consideración que la finalidad del proyecto es mejorar y estabilizar a largo plazo las playas localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya, evitar la erosión generada por oleajes de alta intensidad que originan la arena de la zona costera ya no pueda regresar a la playa. Así mismo se deberá tener en consideración que la zona donde se realizará el proyecto corresponde a un área turística, adyacente con infraestructura urbana, por lo que no se fragmentará ningún ecosistema, ni aislará población alguna.</p> <p>Por último, la promovente señala que no se afectará la zona de mangle colindante con la zona del proyecto, como se puede observar en la tabla correspondiente a la vinculación del Proyecto con la NORMA-022-SEMARNAT-2003.</p>
CG-06	<p><b>En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonte, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados –salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente-, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio se debe de tener en consideración que el objeto principal del proyecto es el mejoramiento de la zona de playa, así como la recuperación de ambientes costeros, y no el aprovechamiento de tierras vegetales originadas por el desmonte del predio.</p>
CG-07	<p><b>Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán</b></p>

	<p><b>disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuando éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente a complejo hotelero Grand Sirenis.</p>
CG-08	<p><b>En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-09	<p><b>La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en este criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente a complejo hotelero Grand Sirenis.</p>
CG-10	<p><b>Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.</b></p> <p>Los materiales que se utilizarán para el desarrollo de las obras y actividades propuestas por el Proyecto provendrán de bancos para cuyo aprovechamiento la Promovente obtendrá las autorizaciones y permisos que correspondan tanto ante la SEMARNAT (a través del presente instrumento de evaluación de Impacto Ambiental) y ante la SCT en términos de la Ley General de Bienes Nacionales, la Ley Federal del Mar, la Ley de Puertos y su Reglamento, así como el Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal, marítimo terrestre y terrenos ganados al mar. Es importante señalar que la autorización en materia de impacto ambiental del Proyecto es previa a la explotación de bancos de arena en el mar territorial, por lo tanto, la Autorización de Impacto Ambiental del Proyecto es requisito previo e indispensable para la tramitación y obtención de los permisos adicionales antes referidos. Como se destaca de los estudios técnicos que integran esta MIA y se describen y refieren a mayor detalle en los Capítulos 2 y 4 de ésta última, los bancos de arena han sido cuidadosamente seleccionados, sin que la utilización de dichos materiales implique la introducción de elementos ajenos al sistema, por la similitud de las características de la arena de la línea de costa y de los bancos de arena a ser aprovechados.</p>
CG-11	<p><b>En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de las playas y ambientes costeros localizadas frente a complejo Hotelero Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-12	<p><b>Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental.</b></p> <p>La promovente del proyecto manifiesta que el proyecto para el mejoramiento de las playas contará con un Sistema de Manejo de Gestión Sostenible sumando a esto el capítulo seis de la MIA-R que nos ocupa señala y establece medidas de prevención y mitigación a ser implementadas durante el tiempo que duren las obras del proyecto. No se omite manifestar que autorizada la MIA-R por parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales se acatarán todos los términos y condicionantes que se incluyan en la autorización, en el momento oportuno la promovente hará del conocimiento de los cumplimientos legales a las autoridades competentes.</p>
CG-13	<p><b>Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.</b></p> <p>La promovente en cumplimiento del presente criterio manifiesta, la generación de residuos derivado de las actividades y obras que integran el proyecto se manejarán y dispondrán atendiendo la clasificación de los residuos, la cual se apegará al sistema de gestión ambiental del proyecto, acorde a las medidas</p>



	de mitigación y compensación contempladas en el Capítulo 6 de esta MIA-R, la disposición de los residuos también se pegara a lo establecido por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su respectivo Reglamento, así como por lo señalado en la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo y su respectivo Reglamento.
CG-14	<p><b>Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.</b></p> <p>Para dar cumplimiento al presente criterio, se hace saber que en todos aquellos puntos donde se realice o que sea necesaria la reforestación de duna artificial y de duna costera natural, se hará únicamente mediante la introducción de especies nativas pertenecientes al ecosistema que pretende rehabilitarse con el Proyecto. Los individuos a ser utilizados provendrán de todos aquellos que hayan sido rescatados, así como de los viveros de la región que cuenten con las autorizaciones correspondientes.</p>
CG-15	<p><b>Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</b></p> <p>Para dar cumplimiento al presente criterio, se deberá estar en el entendido que el proyecto cumple con este criterio, al generar un efecto positivo en su implementación y rehabilitación de la línea de costa, playa y duna costera se generan acciones que aseguran la prevalencia y disponibilidad de la zona adyacente al manglar y por ende a especies protegidas, así como de sitios de anidación en el área del Proyecto.</p> <p>En relación a las especies de anidación la promovente realiza en la Vinculación del Proyecto con la NOM-162-SEMARNAT-2012 “Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación”.</p>
CG-16	<p><b>Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeorológicos. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto establecido campamentos para trabajadores ya que estos al término de su jornada se retirarán a sus domicilios. Sin embargo, éstos durante su jornada laboral de ocho horas, contarán con las condiciones de trabajo apegadas a lo establecido en la Ley Federal del Trabajo haciéndolas dignas para la vida humana.</p>
CG-17	<p><b>El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de las playas y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-18	<p><b>Los proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio se deberá tener en consideración que la mayoría de las actividades que integran el proyecto, se realizaran en la Zona Federal Marítimo Terrestre competencia de la Nación, sin embargo, la promovente una vez obtenidas las autorizaciones correspondientes notificará atendiendo al nivel de competencia de las autoridades lo que sea procedente conforme a derecho.</p>
CG-19	<p><b>Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene contemplado aperturar caminos de acceso y/o cualquier tipo de vialidad.</p>

CG-20	<p><b>El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo, deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.</b></p>
	<p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de las playas y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-21	<p><b>En el desarrollo u operación de cualquier tipo de proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.</b></p> <p>En cumplimiento de lo establecido por el presente criterio, la promovente una vez obtenida la autorización en materia de impacto ambiental que sea emitida por la SEMARNAT, se apegará a lo establecido en la Ley General de Gestión de Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su respectivo reglamento, categorizándose como Generador de Residuos para ingresar la COA correspondiente. Una vez iniciadas las actividades para la ejecución del proyecto se realizará una serie de acciones apegadas a las medidas de prevención y mitigación establecidas en el Sistema de Manejo de Gestión Ambiental del proyecto, la promovente en el supuesto de presentarse un accidente que ocasione el derrame de grasas o aceites en el cuerpo de agua se realizaran las acciones de contención de las grasas suspendidas usando barreras que floten para contener los derrames para posteriormente ser absorbidos mediante cordones oleofílicos que se encontraran dentro de las embarcaciones de trabajo, así como la realización de barridos para limpiar la zona de las grasas suspendidas. El equipo de combustión interna a utilizarse durante la ejecución del proyecto se realizará en óptimas condiciones apegándose a un programa calendarizado de mantenimiento constante para evitar accidentes al medio ambiente originados por las malas condiciones operativas de los equipos.</p> <p>El proyecto no tiene contemplado almacenar grandes volúmenes de las sustancias clasificadas como peligrosas sin embargo para dar cumplimiento con lo establecido en la ley en la materia se contará con un área de almacenamiento temporal de residuos clasificados como peligrosos dentro de las instalaciones existentes en el Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya. El manejo final de los residuos peligrosos se realizará con una empresa debidamente autorizado por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, la cual se encargará de la recolección, disposición y entrega de los certificados de disposición final.</p>
CG-22	<p><b>El uso de explosivos, estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general</b></p>
	<p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en este criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Rivera Maya.</p>
CG-23	<p><b>Todos los proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.</b></p>
	<p>El cumplimiento al presente ordenamiento se realizará por parte de la promovente del proyecto como lo ha señalado en el criterio inmediato CG-21. Apegándose a lo establecido por la ley, reglamento y normas aplicables en la materia.</p>
CG-24	<p><b>Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.</b></p>
	<p>Toda vez que el Proyecto se realizará en el ecosistema costero del Municipio de Solidaridad, es claro que la evaluación del mismo corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y recursos Naturales como se establece en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental con el proyecto. Fundamento jurídico mediante el cual la promovente somete ante ésta autoridad la evaluación de la MIA-R que nos ocupa.</p>
CG-25	<p><b>La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima</b></p>

	<p>permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran para la incorporación del proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del proyecto. Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del proyecto. Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento máxima permitida en el mismo, el propietario deberá implementar medidas tendientes a la restauración ambiental de la superficie excedente de manera previa a la conclusión de la etapa de construcción. Dichas medidas deberán sustentarse en un estudio técnico o programa de restauración que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al proyecto. Las actividades de restauración ambiental deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</p> <p>El presente criterio no es aplicable al proyecto. El conjunto de obras que lo integran no consideran el desplante de ningún predio ni la construcción de ninguna edificación que requiera obras de urbanización.</p>
CG-26	<p><b>Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable al proyecto. En la zona donde se desarrollará el conjunto de obras no se ha encontrado vestigio arqueológico alguno, pero de estar en el supuesto que, durante el desarrollo de las obras, se realice el hallazgo de algún tipo de objeto similar a un vestigio arqueológicos, la promovente notificará de manera inmediata al Instituto Nacional de Antropología e Historia, acatando las disposiciones implementadas por dicho instituto.</p>
CG-27	<p><b>Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente, la autoridad deberá de estar en el entendido que el proyecto para la estabilización de playas y mejoramiento de la zona costera no es una obra de infraestructura ni equipamiento regional de interés público, así mismo de se deberá de tener en consideración que el conjunto de obras se realizaran en la Zona Federal Marítimo Terrestre son competencia del Gobierno Federal.</p>
CG-28	<p><b>Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que éstos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.</b></p> <p>Para el cumplimiento del criterio, se reitera a la autoridad que el aprovechamiento de recursos forestales solo se realizará en aquellos puntos sea necesaria la reforestación de duna artificial y de duna costera natural, se hará únicamente mediante la introducción de especies nativas pertenecientes al ecosistema que pretende rehabilitarse con el Proyecto. Los individuos a ser utilizados provendrán de todos aquellos que hayan sido rescatados, así como de los viveros de la región que cuenten con las autorizaciones correspondientes.</p>
CG-29	<p><b>Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-30	<p><b>Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las</b></p>

	<p><b>especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.</b></p> <p>El cumplimiento del presente criterio no es aplicable a la promovente, ya que éste no tiene considerado la instalación de un campamento de trabajadores, estos al término de su jornada laboral de ocho horas, se retirarán a sus domicilios. No se omite manifestar que la promovente realizara pláticas de concientización entre los trabajadores de las obras, enfocadas al cuidado y protección de las especies localizadas en las zonas de trabajo.</p>
CG-31	<p><b>En caso que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-32	<p><b>En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.</b></p> <p>Para un mejor entendimiento del cumplimiento al presente criterio, la autoridad deberá de remitirse a la vinculación del Proyecto con la NOM-022-SEMARNAT-2003 “Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar”</p>
CG-33	<p><b>Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-34	<p><b>Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CG-35	<p><b>En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de Residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.</b></p> <p>La promovente del proyecto manifiesta que el cumplimiento del presente criterio, se realizara de conformidad a lo establecido en la Ley y reglamento en la materia en el estado de Quintana Roo, así como lo especificado en el SMGA y sus respectivos subprogramas desarrollados puntualmente para el proyecto de mejoramiento y estabilización de playas.</p>
CG-36	<p><b>En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>

En la siguiente tabla, se presenta la vinculación del proyecto con los criterios considerados de carácter específico según lo establecido en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Solidaridad, aplicables para la **Unidad de Gestión Ambiental 15**.

**Tabla 3. 26.** Señala los Criterios de Regulación Ecológica de Carácter Específico, destinado para el uso turístico aplicable a la Unidad de Gestión Ambiental 15 vinculantes con el Proyecto

Criterio	Descripción y vinculación
CE-06	<p><b>Se deberá reutilizar el agua tratada para el riego de áreas verdes, jardines, campos deportivos o áreas con vegetación natural, así como para su uso en servicios sanitarios y otros compatibles. En todo momento la calidad del agua tratada deberá cumplir los estándares indicados en la Norma Oficial Mexicana aplicable</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio la promovente manifiesta que autorizados los trabajos de la MIA-R, las áreas destinadas a la duna artificial y duna costera una vez reforestadas serán cuidadas y regadas según lo establecido en el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible.</p>
CE-08	<p><b>Las actividades recreativas que se promuevan en cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o secas, cavernas o rejolladas), deberán sustentarse en un estudio de capacidad de carga que determine la intensidad de aprovechamiento sustentable y el límite de cambio aceptable en el sitio. Este estudio se debe presentar junto con el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto o actividad.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-09	<p><b>En el aprovechamiento de los cuerpos de agua continentales (cenotes, cuevas inundadas o lagunas) y otras formaciones cársticas (cuevas secas, rejolladas o chuntunes) sólo se permite el establecimiento de estructuras ligeras y de tipo temporal fuera del cuerpo de agua o estructura cárstica y de la franja de protección.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-13	<p><b>La densidad aplicable a un predio se determina multiplicando la superficie total del predio (convertida en hectáreas) acreditada legalmente, por el número de cuartos, cabañas o viviendas permitidos en este ordenamiento para el uso del suelo específico.</b></p> <p><b>En los proyectos mixtos la densidad aplicable al predio se estima por el uso predominante del proyecto. La densidad no es acumulable por usos del suelo.</b></p> <p><b>Si un predio está dividido en dos o más UGA, a cada porción se le aplicará la densidad que corresponde para cada UGA. En el caso de que se obtenga una fracción, se realizará el redondeo usando sólo dos cifras significativas como sigue: hasta 0.50 se reduce al entero inferior; desde 0.51 en adelante se incrementa al entero superior.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-14	<p><b>En predios en donde exista, total o parcialmente, comunidades de manglar, se deberá implementar un Programa Integral de Conservación, Restauración o Rehabilitación del Humedal, que contenga estrategias y acciones tendientes a la conservación, restauración o rehabilitación de dicho ecosistema y que deberá desarrollarse en concordancia con la normatividad aplicable. El programa habrá de contener como mínimo un estudio de línea base del humedal; la delimitación georreferenciada del manglar; en su caso, las estrategias de conservación a aplicar; en su caso, la identificación de la magnitud y las causas de deterioro; en su caso, la descripción y justificación detallada de las medidas de rehabilitación propuestas y el cronograma detallado correspondiente; y la definición de un subprograma de monitoreo ambiental que permita identificar la efectividad del programa y la mejora del ecosistema propuesto para su rehabilitación.</b></p> <p><b>El programa deberá formar parte del estudio de impacto ambiental correspondiente y sus resultados deben ser ingresados anualmente en la Bitácora Ambiental.</b></p> <p><b>El uso sustentable que se pretenda dar a la superficie ocupada por la comunidad de manglar estará sujeto al cumplimiento de la normatividad y las disposiciones jurídicas aplicables, considerando de manera enunciativa, pero no limitativa, la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 y la Ley General de la Vida Silvestre.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p> <p>Para un mejor entendimiento del cumplimiento al presente criterio, la autoridad deberá de remitirse a la vinculación del Proyecto con la NOM-022-SEMARNAT-2003 “Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar”</p>



<p>CE-15</p>	<p><b>Se consideran como equivalentes:</b>  <b>1 cuarto hotelero = 0.5 cuartos clínica, hospital, asilo u orfanato.</b>  <b>1 cuarto hotelero = 1.0 vivienda residencial de 2 recámaras.</b>  <b>1 cuarto hotelero = 1.0 cuarto de condohotel, motel, estudio, departamento o llave hotelera.</b>  <b>1 cuarto hotelero = 2.0 campers, cabañas ecoturísticas.</b>  <b>1 vivienda de 4 recámaras = 2 cuartos de hotel.</b>  <b>Por cada 2 recámaras adicionales = 1 cuarto hotelero</b>  <b>Estas equivalencias son estimadas a partir del consumo de agua determinado por CONAGUA (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos. 2007), teniendo como referencia un cuarto hotelero (4 a 5 estrellas) sencillo para dos ocupantes cuyo consumo estimado es de 1,500 L/día.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<p>CE-19</p>	<p><b>La densidad para desarrollos turísticos hoteleros es de hasta 10 cuartos por hectárea.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto la construcción de un desarrollo turístico hotelero. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<p>CE-21</p>	<p><b>La densidad en fraccionamientos mixtos hotelero-habitacional, se determinará a partir del número de cuartos que resulte de multiplicar la superficie total del predio por la densidad asignada. La conversión de cuartos hoteleros a viviendas se determinará de conformidad con las equivalencias indicadas en el criterio CE-15.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<p>CE-27</p>	<p><b>La superficie máxima de aprovechamiento no podrá exceder del 35 % del predio en donde se realizará el desplante de las edificaciones, obra exterior, circulaciones, áreas verdes y cualquier otra obra o servicio relativo al uso permitido. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<p>CE-36</p>	<p><b>Se permite la modificación de hasta el 25 % de la superficie del sustrato rocoso de la franja litoral dentro de los predios, para usos recreativos y amenidades (asoleaderos, palapas, albercas marinas). La superficie que se modifique formará parte del área de aprovechamiento del predio.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<p>CE-38</p>	<p><b>El suministro parcial de energía eléctrica se deberá llevar a cabo de manera alternativa (Hidrógeno, gas natural, biogás, solares, eólicos, mareomotrices o de otro tipo no contaminante) al menos en un porcentaje igual al 10 % del consumo proyectado el desarrollo.</b></p> <p>De la interpretación del presente criterio, la promovente manifiesta que éste se refiere al suministro de energía de un desarrollo turístico, entendiéndose que el presente criterio no es aplicable al conjunto de obras que integran el proyecto.</p>
<p>CE-53</p>	<p><b>Es obligatoria la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad suficiente para el manejo de las aguas residuales del proyecto a máxima capacidad de ocupación. El proceso de tratamiento y disposición final del efluente y subproductos deberá cumplir con lo establecido en la normatividad aplicable.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p> <p>No se omite manifestar que el manejo de las aguas residuales generadas por los baños portátiles que serán instalados para el uso de los obreros, se apegara al SMGA y los Subprogramas de Manejo de Residuos. El retiro de las aguas residuales será realizado por la empresa que proporcione el servicio de baños móviles, la cual al momento de ser contratada deberá de tener las autorizaciones que le sean aplicables.</p>
<p>CE-54</p>	<p><b>El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el</b></p>

	<p><b>volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-55	<p><b>El desarrollo contará permanentemente con un programa de atención a contingencias derivadas de derrames o vertimientos accidentales al medio terrestre o acuático de sustancias contaminantes, residuos líquidos (aguas negras, tratadas o de rechazo) o peligrosos.</b></p> <p>La promovente en cumplimiento del presente criterio manifiesta que durante el tiempo que duren las obras integrantes del proyecto, éste contará con el SMGA diseñado se manera específica para el proyecto el cual incluirá las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales contenidos en el capítulo seis de la MIA-R. Para la atención a las contingencias ambientales que se pudieran presentar se incluirá el Programa de Manejo Integral de Residuos y sus Subprogramas de Manejo de Residuos Líquidos, Sólidos y Peligrosos, así como el Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales y sus subprogramas correspondientes.</p>
CE-56	<p><b>En el diseño, construcción y operación del desarrollo se aplicarán medidas que prevengan las descargas de agua y el arrastre de sedimentos diferentes a los naturales, hacia zonas inundables y áreas costeras adyacentes.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-57	<p><b>En cenotes y lagunas interiores o continentales, sólo se permite el empleo de embarcaciones sin motor.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-59	<p><b>Cuando se utilicen los cuerpos de agua continentales, superficiales o subterráneos en actividades recreativas, los promoventes deberán llevar a cabo el monitoreo del agua para determinar la calidad de la misma, conforme a los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (INE), debiendo presentar reportes semestrales del análisis del agua a la autoridad competente y copia a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental. Los análisis de calidad del agua deberán ser elaborados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación. El promovente deberá presentar el programa de monitoreo del agua junto con el estudio de impacto ambiental respectivo.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio se deberá apegarse con lo establecido en el artículo 27 constitucional el cual señala "Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional" atendiendo el principio de supremacía constitucional. La promovente manifiesta que la mayoría de las obras que integran el proyecto se encuentran localizadas dentro de la Zona Federal Marítimo Terrestre, para lo cual el Capítulo 4 presenta un estudio hidrogeológico y se presentarán estudios de monitoreo de calidad de agua en seguimiento.</p>
CE-62	<p><b>Los manglares podrán ser utilizados para el tratamiento terciario de aguas residuales tratadas, en concordancia con la normatividad aplicable. Para tal efecto, deberá realizarse un estudio detallado que demuestre técnicamente que no será rebasada la capacidad de carga del humedal para el metabolismo de nutrientes y que justifique la no afectación de su estructura y funciones ambientales básicas. El estudio que demuestre la viabilidad ambiental del humedal, deberá contener; a) un estudio de línea base, b) el estudio de capacidad de carga, c) el programa de manejo de las áreas de vertido e influencia de las aguas residuales tratadas, d) un programa de monitoreo con indicadores ambientales para el ecosistema y e) la planimetría georreferenciada de las áreas de manglar planteadas para el vertido de las aguas residuales tratadas.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. El proyecto a desarrollarse se realizará en la Zona Federal Marítimo Terrestre, consistiendo en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de playas y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p> <p>Para un mejor entendimiento del cumplimiento al presente criterio, la autoridad deberá remitirse a la vinculación del proyecto con la NOM-022-SEMARNAT-2003 "Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar"</p>
CE-64	<p><b>Los materiales producto del dragado de mantenimiento de canales interiores serán dispuestos en sitios acondicionados previamente para contenerlos y filtrar el agua.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y</p>

	ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-68	<b>En el desarrollo de actividades con vehículos a través o dentro de los ecosistemas presentes en el municipio, éstos deberán contar con silenciador con la finalidad de evitar molestar o afectar a las especies de fauna, por lo que el nivel máximo permisible de emisión de ruido por las fuentes móviles será de 68 db. La medición de este parámetro debe ser realizada en el sitio donde se desarrolla la actividad por una unidad de verificación registrada ante la Entidad Mexicana de Acreditación, de acuerdo con las técnicas y métodos establecidos en la normatividad aplicable. Los prestadores de servicio deberán presentar reportes anuales de dichas mediciones a la Dirección de Ordenamiento Ambiental y Urbano del municipio, así como a la SEDUMA para su valoración e inclusión en la Bitácora Ambiental</b> La promovente del proyecto en cumplimiento del presente criterio manifiesta que todos los vehículos y maquinaria móvil a utilizarse en las diferentes etapas del Proyecto, cumplirán con los lineamientos establecidos por este criterio para disminuir las emisiones de ruido que afecten las especies de fauna propias de la región.
CE-69	<b>Para el desarrollo de las actividades permitidas sólo se podrán emplear motocicletas, triciclos y cuatrimotos con motor de cuatro tiempos, con la finalidad de reducir las emisiones de contaminantes.</b> La promovente del proyecto puede entender que el presente criterio se refiere a las actividades a realizarse una vez terminadas las obras del proyecto, para lo cual se implementara
CE-70	<b>Las plantas de premezclado, dosificadoras o similares deberán contar con un programa de cumplimiento ambiental para la regulación de emisiones a la atmósfera ruido y generación de residuos peligrosos, que dé cumplimiento a la normatividad vigente. Este programa se deberá presentar junto con la manifestación de impacto ambiental de la planta.</b> El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste no tiene contemplado instalar planta alguna de premezclado, dosificadora o similar.
CE-71	<b>Se deberá instalar una malla o barrera perimetral para reducir la dispersión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo.</b> El presente criterio es de difícil cumplimiento ya que la mayoría de las actividades que integran el proyecto se desarrollaran dentro de la Zona Federal marítimo Terrestre.
CE-72	<b>Los silos de las maquinarias que almacenan los materiales pétreos o agregados, deberán estar equipados con filtros bolsas que retengan las partículas sólidas durante el proceso de carga, permitiendo la salida del aire libre de partículas de mezcla. El dosificador múltiple deberá contar con un colector filtro bolsa, el cual captará las partículas emitidas durante la descarga de los materiales pétreos, el cemento, el agua y los aditivos a los camiones de mezclado (ollas). Las bandas de abastecimiento deberán tener una tolva que minimice la emisión de partículas suspendidas.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente, las instalaciones y maquinaria a las cuales hace referencia éste criterio no serán utilizadas en el desarrollo del Proyecto.
CE-73	<b>En las áreas de carga y mezclado de materiales pétreos deberán instalarse cortinas o barreras, con la finalidad de minimizar la dispersión de partículas sólidas volátiles a la atmósfera y mantenerlas dentro de los niveles máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993.</b> El presente criterio no es aplicable a la promovente del proyecto, ya que la norma a la cual se hace referencia tiene por objeto establecer niveles máximos permisibles de emisiones a la atmosfera de particular sólidas provenientes de fuentes fijas. El proyecto no tiene por objeto instalar una fuente fija que genere particular solidas volátiles a la atmosfera.
CE-75	<b>Durante el transporte de materiales pétreos éstos deberán humedecerse y cubrirse con una lona antidispersante, la que debe sujetarse adecuadamente y encontrarse en buen estado con objeto de minimizar la dispersión de partículas de polvo.</b> Para el cumplimiento del criterio las operaciones relacionadas con la extracción y transportación de arena que llegase a ser adquirida de los bancos de arena a los puntos de inyección para las actividades de relleno con arena y construcción de las Obras del Proyecto descritas en el Capítulo 2 de esta MIA, se incluirán todas las medidas necesarias para evitar la dispersión de arena instalándole a los camiones de transporte una malla geotextil que evite la dispersión de partículas de polvo.
CE-79	<b>Los proyectos que pretendan realizarse en predios que colinden con playas aptas para la anidación de tortugas marinas deberán incorporar medidas preventivas que minimicen el impacto negativo a estos animales tanto durante la temporada de arribo y anidación de las hembras como durante el período de desarrollo de los huevos y eclosión de las crías. Dichas medidas deberán manifestarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto, para su valoración y en su caso, validación y autorización por la Dirección de Vida Silvestre de la SEMARNAT.</b>

	<p>Para el cumplimiento del presente criterio no se omite que el Proyecto no afectará en forma alguna a especies de tortugas marinas, por el contrario, la recuperación de playa, zona de dunas y línea de costa planteadas por el Proyecto tendrán como efecto positivo mantener funcionales los puntos de anidación de tortugas localizados en la zona y preservar su continuidad.</p> <p>La promovente presenta en el cuerpo del presente Capítulo la vinculación del Proyecto con la NOM-162-SEMARNAT-2012 “Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación”.</p>
<b>CE-80</b>	<p><b>Previo al aclareo que se permite en la franja perimetral de protección de los cenotes y accesos a cuevas se deberá realizar el rescate de los árboles con diámetros menores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura de 1.30 m, mismos que se estabilizarán en un vivero provisional y posteriormente se reintroducirán dentro de la franja de protección.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<b>CE-81</b>	<p><b>Las cercas, bardas o muros perimetrales que se instalen en los diferentes tipos de vegetación, unidades naturales y ecosistemas deberán permitir el libre paso de la fauna silvestre.</b></p> <p>Por las actividades propias del proyecto no se tiene programado la instalación de las cercas, bardas, o muros perimetrales, no se omite manifestar que la mayoría de los trabajos a realizarse son en la Zona Federal Marítima Terrestre los cuales tiene por objeto el mejoramiento de la playas y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<b>CE-83</b>	<p><b>Las vialidades interiores y de acceso al desarrollo deberán contar con elementos y sistemas de protección que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre entre las zonas de conservación y áreas naturales.</b></p> <p>Para el cumplimiento del criterio se manifiesta que las vialidades de acceso al proyecto las cuales comunican a la Zona Federal Marítimo Terrestre, ya cuentan con los elementos de protección mencionados al estar localizados adyacentes a las instalaciones del Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
<b>CE-84</b>	<p><b>En caso de ser necesario se establecerán sitios de albergue temporal de fauna rescatada durante las etapas de preparación del terreno, construcción y operación, con apego a lo indicado en la Ley General de Vida Silvestre.</b></p> <p>Como ya se mencionó en la etapa de preparación terrestre del Proyecto se llevará a cabo, en caso de identificarse su presencia, el rescate de la fauna presente en esa zona del Proyecto y serán reubicados en áreas cercanas dentro del mismo ambiente en el que fueron encontrados y fuera de la zona de actividades del Proyecto, conforme al Programa de Biodiversidad y sus subprogramas a que se refiere el Capítulo 6 de esta MIA-R y el SMGA del DTS y conforme a la legislación aplicable en materia de vida silvestre.</p>
<b>CE-85</b>	<p><b>En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</b></p> <p>Para el cumplimiento del criterio se realizará lo extremadamente posible para mantener la vegetación arbórea o palmas que se encuentren dentro de la zona del Proyecto. En supuesto de que esto no pueda ser posible, estos individuos serán rescatados para su posterior reimplantación en las zonas de dunas.</p> <p>Estas actividades se realizarán conforme al Programa de Biodiversidad y los subprogramas correspondientes a que se refiere el Capítulo 6 de esta MIA-R</p>
<b>CE-87</b>	<p><b>Se deberán mantener en pie e integrar al diseño del proyecto los árboles con diámetro normal (1.30 cm del suelo) igual o mayor a 40 cm. Para evitar daño a las raíces deberá establecerse un radio de protección de 5 m alrededor del tronco del árbol.</b></p> <p>Debido a la ubicación del Proyecto, éste no afectará a especímenes de árboles que cumplan con las características descritas en este criterio.</p>
<b>CE-89</b>	<p><b>El diseño de proyectos adyacentes a predios con edificios e instalaciones en proceso de construcción o de operación, debe considerar las áreas impactadas por estos y las áreas de conservación que mantengan su vegetación primaria. Esto con la finalidad de que las áreas de conservación que defina el proyecto aseguren la contigüidad del ecosistema y el mantenimiento de la diversidad florística y faunística.</b></p> <p>Para el cumplimiento del criterio, se debe de estar en el entendido que el Proyecto tiene el objeto asegurar la contigüidad del ecosistema y el mantenimiento de la diversidad florística y faunística en el área de playa, duna costera y línea de costa a ser rehabilitada.</p>

CE-91	<p><b>En las playas, dunas y post dunas sólo se permite el uso de cuadrúpedos para la realización de paseos, actividades turísticas, recreativas o de exhibición, fuera de temporada de anidación de tortuga marina y en predios y en áreas concesionadas a nombre del promovente de la actividad.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-92	<p><b>En las playas, dunas y post dunas sólo se permite el uso de vehículos motorizados para situaciones de limpieza, vigilancia y control, así como para las actividades autorizadas que hagan las personas públicas o privadas participantes en los programas de protección a la tortuga marina.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio, por medio de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se informa a la autoridad evaluadora la necesidad de utilizar vehículos motorizados para la realización de las actividades enfocadas al mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya. El uso de los vehículos considerados como maquinaria pesada será minimizado a lo estrictamente necesario y no afectarán los programas de protección de cualquier tortuga marina presente en la zona.</p> <p>En cuanto al tema de protección a las tortugas que arriben a la zona de playas, la promovente realiza la vinculación del Proyecto con la NOM-162-SEMARNAT-2012 en el apartado correspondiente.</p>
CE-93	<p><b>Se deberá mantener libre de obras e instalaciones de cualquier tipo (permanentes o temporales) una franja de por lo menos 10 m dentro del predio, aledaña a los terrenos ganados al mar o la Zona Federal Marítimo Terrestre, en la que se preservará la vegetación costera original, salvo lo previsto en otros criterios específicos en este instrumento. La amplitud y continuidad de la franja se podrá modificar cuando se demuestre en el estudio de impacto ambiental correspondiente que dicha modificación no generará impactos ambientales significativos al ecosistema costero.</b></p> <p>Como se desprende de los capítulos que integran la MIA-R, el objetivo del Proyecto es recuperar y rehabilitar la zona de playa y duna costera, lo que generará la identificación correcta y definitiva de la ZOFEMAT ubicada en el área a rehabilitarse mediante el Proyecto. Finalizadas los trabajos de construcción del Proyecto, se podrá estar con las condiciones para el cumplimiento de este criterio.</p>
CE-95	<p><b>En los predios en los que exista vegetación exótica o invasora deberá llevarse a cabo un programa de erradicación de dichas especies.</b></p> <p>Para el cumplimiento del criterio se manifiesta que, en la zona del proyecto, no se encuentra vegetación exótica o invasora. De localizarse vegetación considerada exótica o invasora su control se realizará apegándose al Sistema de Manejo Ambiental desarrollada para el proyecto. Así como de las medidas preventivas y de mitigación ambiental establecidas en el Capítulo 6 de ésta MIA-R.</p>
CE-96	<p><b>La restauración o rehabilitación de manglares afectados se deberá realizar de conformidad con lo establecido en la normatividad aplicable.</b></p> <p>Para el cumplimiento del presente criterio la promovente reitera que el objetivo principal del proyecto es realizar el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizados frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya. Para un mejor entendimiento del cumplimiento al presente criterio, la autoridad deberá remitirse a la vinculación del proyecto con la NOM-022-SEMARNAT-2003 “Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar”</p>
CE-97	<p><b>Los embarcaderos y muelles dentro del sistema de canales deberán permitir el libre paso de fauna acuática.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-100	<p><b>Alrededor de los cenotes y accesos a cuevas se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por vegetación natural, con una anchura equivalente a la anchura máxima del espejo de agua. En esta franja sólo se permitirá el aclareo de hasta el 10 % de su cobertura y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 cm de diámetro, siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.</b></p> <p>El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto realizar actividades en cenotes como lo establece éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
CE-101	<p><b>En todas sus fases -construcción, operación y mantenimiento- el desarrollo deberá contar con un programa de difusión ambiental que incluya los aspectos necesarios de información, concientización y capacitación a los diversos actores involucrados, que complementen o refuerce los fines de los demás programas aplicables al proyecto.</b></p>



	Para el cumplimiento del presente criterio la promovente en el Capítulo 6 de la MIA-R, se puede observar que el proyecto cuenta con un programa y subprograma de difusión ambiental.
CE-102	<b>Con la finalidad de evitar el efecto de islas de calor se deberá establecer, en por lo menos el 50 % de las losas planas de las construcciones, un jardín de azotea o roof garden en el que se utilicen preferentemente especies nativas.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-103	<b>En el caso de que el ecosistema de duna costera se encuentre afectado o carezca de vegetación, ésta se deberá restaurar o reforestar con la finalidad de promover la protección de las playas, de la zona de anidación de las tortugas marinas y para el mantenimiento de la vegetación costera. Para el cumplimiento de este criterio deberá presentarse de manera conjunta con el estudio ambiental correspondiente, el programa de restauración de vegetación costera. La restauración se realizará en el primer año a partir de la fecha de inicio de obras del proyecto autorizado. Las actividades de restauración deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.</b>
	El cumplimiento del criterio se encuentra basada en el objeto del proyecto ya que éste tiene por objeto la restauración del ecosistema costero que ha sido afectado por la erosión, la pérdida de playa ocasionada por las corrientes marinas y los impactos ocasionados por los huracanes.
CE-104	<b>La estructura de la duna costera o bermas rocosas, así como la vegetación que las ocupa se debe mantener en estado natural en por lo menos el 75 % de su superficie dentro del predio.</b>
	Se cumple en la UGA respectiva. Se presenta un análisis específico al cumplimiento de este criterio como ANEXO 3.1.
CE-105	<b>Se permiten los andadores de acceso a la playa de conformidad con lo establecido en la normatividad vigente, los cuales siempre tendrán un trazo que atraviese la franja de vegetación costera en forma diagonal con la finalidad de evitar la erosión de la duna o playa. Los andadores o accesos a la playa tendrán una anchura máxima de tres metros y se podrá establecer uno por cada 100 metros de frente de playa de cada predio.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-106	<b>Los andadores de acceso a la playa se establecerán sobre el terreno natural, sin rellenos, ni pavimentos, sólo se permitirá la delimitación del mismo con rocas u otros ornamentos no contaminantes. Se permite el establecimiento de andadores elevados que respeten el relieve natural de la duna.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en éste criterio. Éste consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-107	<b>Para efectos del perfil de diseño del proyecto y el nivel de desplante, deben evaluarse los niveles de inundación y caudales de precipitación ante diversos escenarios de lluvia. Lo anterior como criterio para la definición del nivel de desplante que asegure el mantenimiento de la hidrología superficial y sub-superficial del predio y la región, así como la seguridad de la infraestructura planteada.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto lo establecido en el criterio. El proyecto consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-108	<b>Se deberá garantizar el funcionamiento hidrodinámico de los canales interiores. Su diseño constructivo y operación se deberá fundamentar en estudios especializados, los que se presentarán de manera conjunta con el estudio de impacto ambiental respectivo.</b>
	El presente criterio no es aplicable a la promovente. El proyecto no tiene por objeto actividad alguna en canales interiores con funcionamiento hidrodinámico. El proyecto consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
CE-109	<b>Se permite la instalación temporal de plantas de premezclado, dosificadoras o similares dentro del área de desmonte permitida en el interior de predios para abastecer al proyecto únicamente durante su construcción. Debiendo ser retiradas una vez que se concluya la construcción del mismo. El área ocupada por la planta deberá integrarse al proyecto.</b>
	El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste no tiene contemplado instalar planta alguna de premezclado, dosificadora o similar dentro de área de desmonte alguna.

**3.3.7.5. Programa de Desarrollo Urbano.**

En atención a los ámbitos de competencia establecidos por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se deberá estar en entendido que por la ubicación geográfica del proyecto, éste se encuentra regulado por el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad y el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Playa del Carmen, Municipio de Solidaridad 2010-2050, ambos fueron publicados en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, el 20 de diciembre del año 2010. Estos instrumentos de regulación no contemplan la regulación de la Zona Federal Marítimo Terrestre, por lo cual se entiende que, ya que las obras a realizarse en el proyecto tienen como zona de inicio la Zona Federal Marítimo Terrestre, y los ordenamientos antes mencionados no son aplicables.

**3.3.8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

Las normas oficiales mexicanas tienen su origen y fundamento legal en el artículo 40 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización la cual fue debidamente publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 01 de julio del año 1992, dicha ley es obligatoria para toda la República Mexicana y sus disposiciones son de orden público e interés social.

**Tabla 3. 27.** Que señala las Normas Oficiales Mexicanas vinculantes con el proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

NORMA	VINCULACION AL PROYECTO
<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>	
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005</b>, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.</p>	<p>Los residuos peligrosos que se generen por las actividades de construcción del proyecto, recibirán el tratamiento que refiere la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento. Asimismo, se contará con un programa de manejo integral de residuos considerados como peligrosos que se detalla en el Cap. 6.</p>
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-061-SEMARNAT-2011</b>, Que establece los criterios para clasificar los residuos de Manejo Especial y determinar, cuales están sujetos a Plan de Manejo; El listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado, así como los elementos y procedimientos para la formulación de planes de manejo.</p>	<p>La promovente manifiesta que los programas de manejo integral de residuos generados de manera específica para el proyecto se apegaron a lo establecido en esta norma. Incluso los programas de manejo para los residuos del tipo domésticos e industriales considerados no peligrosos señalados en el art. 154 de la Ley de Equilibrio Ecológico de Protección al Ambiente serán realizados en apego a la norma en referencia, los cuales, en el momento oportuno, atendiendo el ámbito de competencia serán sometidos a evaluación por el área correspondiente de la Secretaria del Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo.</p>
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003</b>, Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.</p>	<p>Ésta norma prevé los posibles derrames de hidrocarburos durante el proceso de construcción, operación reparación o mantenimiento que sean generados por el uso de maquinaria pesada y/o de combustión interna, así como otros materiales peligrosos derivados de esta actividad, también se tiene considerado implementar medidas</p>

	<p>regulatorias para los contratistas.</p> <p>Se han considerado también estrategias de acción en atención a contingencias, así como el almacenamiento temporal y disposición final de los residuos, así como aquellos que se generen en la limpieza del derrame, por empresas debidamente establecidas y acreditadas ante las autoridades correspondientes.</p>
<b>PROTECCION DE ESPECIES.</b>	
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010</b>, Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.</p>	<p>El listado de especies establecido en esta norma constituye parte de la base del diseño para el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible diseñado para el Proyecto, éste contará con un Programa de Supervisión Ambiental, un Programa de Biodiversidad que comprende acciones de rescate y reubicación de la biota marina y terrestre en las áreas de aprovechamiento del proyecto; a su vez existirá un Subprograma de Conservación de Especies, el cual garantizará que el proyecto no afectará a las poblaciones de las especies de plantas de vertebrados en la parte terrestre y de especies marinas que se encuentran en el área que comprende el proyecto. Lo anteriormente descrito se encuentra en el Capítulo 6 que forma parte de la MIA-R a ser evaluada.</p>
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012</b>. Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación</p>	<p>Ésta norma determina que las tortugas marinas son un recurso natural parte de la riqueza biológica de México, por lo cual la promovente del proyecto dará fiel cumplimiento a lo establecido en ella para estar en condiciones de proteger las tortugas marinas y así dar cumplimiento a los convenios o tratados internacionales firmados por el Gobierno Mexicano, los cuales han sido aprobados por el Senado de la Republica, estando de conformidad por lo establecido en el artículo 133 constitucional.</p>
<p><b>Norma Oficial Mexicana NORMA-022-SEMARNAT-2003</b>. Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar</p>	<p>El Predio del Proyecto no incluye ecosistemas de manglar, por lo que se da cumplimiento a este Criterio.</p>
<b>RUIDO</b>	
<p><b>Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994</b>, límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</p>	<p>El promovente se asegurará que toda la maquinaria y equipo clasificado como de combustión interna, se encuentre en buenas condiciones con el fin de asegurar que no se sobrepasen los niveles de ruido establecidos en la norma en cuestión. Así mismo se implementará un programa de mantenimiento preventivo durante el tiempo que duren los trabajos para la realización del proyecto.</p>

**3.3.8.1. NOM-022-SEMARNAT-2003**

La Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003.

El contenido de esta norma nos indica que, en principio, los humedales costeros se caracterizan por tener funciones hidrológicas, de contigüidad, de regulación climática, de estabilización costera, de producción primaria que hace que la biodiversidad marina y terrestre dependa de ellos; además de que contribuyen a recargar acuíferos subterráneos que almacenan el 97% de aguas dulces no congeladas en el mundo.

El manglar y los suelos de los humedales costeros desempeñan una función importante en la depuración del agua eliminando las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, así como en algunos casos productos químicos tóxicos. De igual forma, el manglar es el sitio de forrajeo, caza, refugio, anidación, crecimiento y alimentación para muchas especies de fauna de los ecosistemas con los cuales hace conexión, lo que los transforma en corredores biológicos que dan continuidad a los ecosistemas, siendo unidades hidrológicas para el mantenimiento de la biodiversidad.

Esta norma surge en respuesta al reconocimiento del gran valor que tienen los humedales costeros para la sociedad en términos de servicios ambientales, cuyas metas globales de manejo están encaminadas a mantener sus procesos ecológicos, así como la implementación de acciones de protección y restauración de éstos, restaurando en lo posible el tipo de bosque y estructura forestal original y evitando la pérdida de ésta y su dinámica hidrológica. Lo anterior, considerando que la distribución de manglares en México es extensa, distribuyéndose tanto en los litorales del Pacífico y Golfo de California y del lado del Atlántico en el Golfo de México y el Caribe.

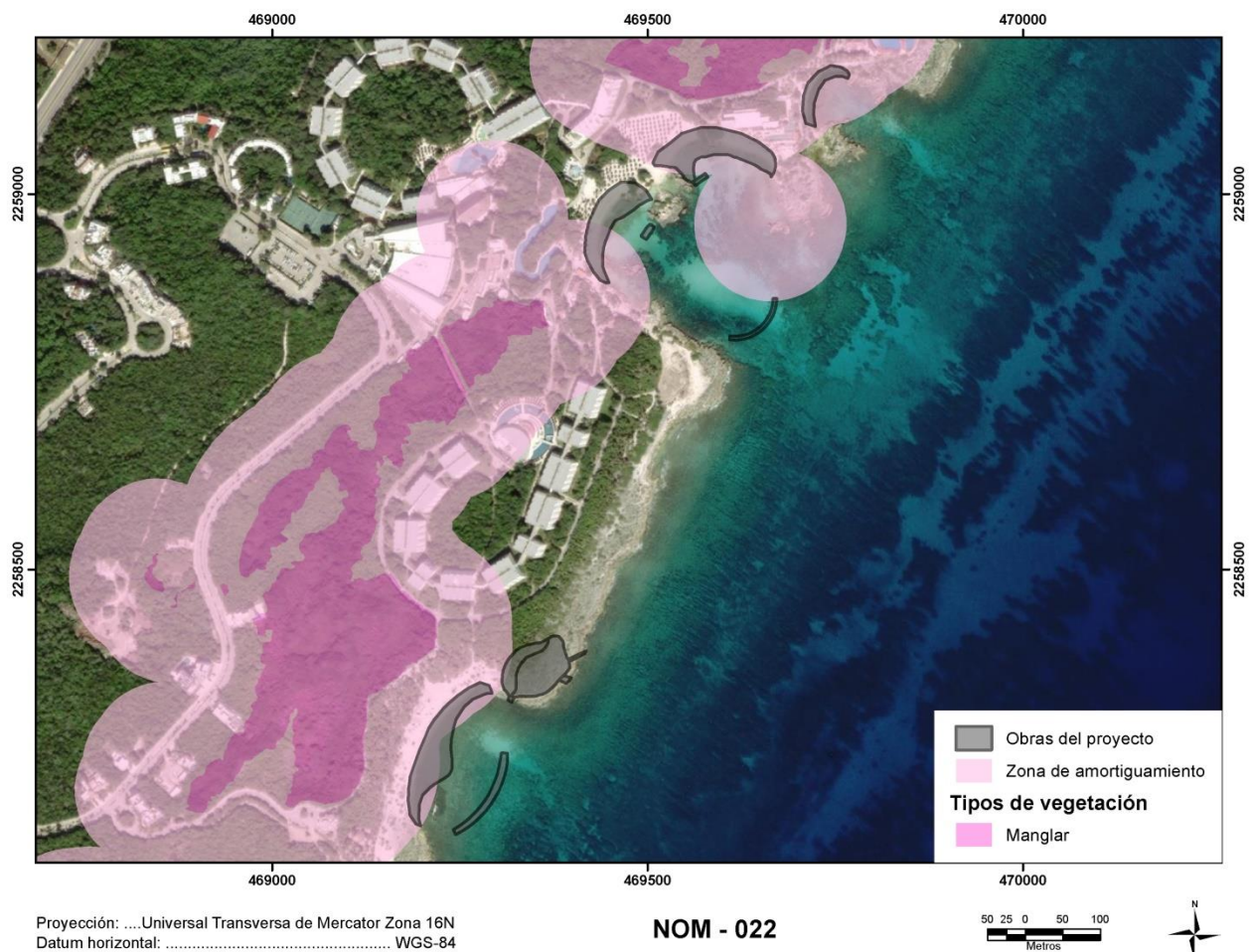
Por estos motivos, se consideró necesaria la existencia de un ordenamiento y valoración apropiada de los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas, cuyo valor ecológico, económico directo e indirecto, cultural, científico y recreativo debe mantenerse.

Posteriormente, mediante acuerdo de fecha 07 de mayo de 2004 publicado en el Diario Oficial de la Federación, se adicionó la especificación 4.43 a esta norma, la cual contiene la prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y dispone que los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.

La superficie del proyecto en donde se pretenden realizar las obras y actividades del proyecto se ubica colindante con una zona de manglar ubicada a menos de 100 metros, como se presenta en el siguiente plano:



**Figura 3. 12.** Obras del Proyecto con relación a la franja de protección de 100 metros de manglar.



**Tabla 3.25.** Vinculación del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” con la NOM-022-SEMARNAT-2003

Vinculación con la NOM-022-SEMARNAT-2003	
<b>4.0</b>	<p>El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. debe garantizarse en todos los casos la integridad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>a)</b> La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;</li> <li><b>b)</b> La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;</li> <li><b>c)</b> Su productividad natural;</li> <li><b>d)</b> La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;</li> <li><b>e)</b> Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;</li> <li><b>f)</b> La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;</li> <li><b>g)</b> Cambio de las características ecológicas;</li> <li><b>h)</b> Servicios ecológicos; ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).</li> </ul> <p>El proyecto consiste en el desarrollo de rellenos de playa rocosa y arenosa con arena, en la construcción de estructuras que los protejan del embate de tormentas y huracanes, y en la construcción de una caleta artificial. Para ello se requerirá de la extracción de arena de bancos marinos cercanos al área del proyecto, así como de otros bancos debidamente autorizados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>a) Integridad del flujo hidrológico:</b> La construcción de las obras propuestas por el proyecto solo alterará la</li> </ul>



	<p>topografía en la zona de playa arenosa y playa rocosa, las cuales se encuentran adyacentes a la línea de costa y cuentan con una pendiente nula o dirigida hacia el mar. Por ello no se afectarán los flujos hidrológicos superficiales ni los escurrimientos pluviales naturales que llegan a la cuenca donde se desarrolla el manglar. Ya que ninguna de las obras o actividades del proyecto requerirá de la extracción de agua del manto freático ni de inyección de agua al mismo, la hidrología subterránea no se verá afectada. En cuanto a la caleta artificial, se llevó a cabo un estudio geohidrológico particular para esa zona de manera que se verifique que el diseño de las mismas tal y como se presenta en esta MIA-R no causará alteraciones a la hidrología subterránea. En caso contrario, se modificará el proyecto para garantizar lo anterior y se someterá dicha modificación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que corresponda.</p> <p>b) <b>Integridad del ecosistema y su zona de influencia:</b> El proyecto no considera el aprovechamiento de vegetación de manglar durante ninguna de sus etapas de desarrollo, por lo que se conserva el 100% de su superficie y se mantienen sus condiciones naturales en cuanto a su topografía, edafología y vegetación originales, por lo que es posible sostener que se garantiza la integridad del ecosistema y su zona de influencia.</p> <p>c) <b>Productividad natural:</b> Debido a que el proyecto conserva el 100% de la vegetación de manglar y ya que no altera la hidrología en el SAR, se mantendrán los ciclos de energía y nutrientes en el ecosistema que son indispensables para garantizar el desarrollo y mantenimiento de la vegetación en buen estado, por lo que su productividad natural no se verá afectada.</p> <p>d) <b>Capacidad de carga natural del ecosistema para turistas:</b> El proyecto conserva el 100% de la vegetación de manglar en el SAR y ya que no incluye ningún tipo de actividad turística, mantendrá la capacidad de carga natural del ecosistema para este tipo de uso.</p> <p>e) <b>Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje:</b> Ya que el proyecto no contempla aprovechamiento alguno de superficie de manglar ni afectará su topografía ni edafología, se puede asegurar que se mantendrán las características del ecosistema que permiten la anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de la fauna nativa.</p> <p>f) <b>La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales:</b> Ya que el proyecto conservará el 100% de la vegetación del manglar y no afectará su topografía ni su edafología, así como tampoco afectará a ecosistemas aledaños con excepción de las superficies de aprovechamiento temporal en el matorral costero, las cuales serán reforestadas una vez que concluya la etapa de construcción, se sostiene que no se afectarán las interacciones funcionales entre el humedal y los flujos hídricos superficiales y subterráneos. Por lo tanto, no se afectará la relación entre el humedal costero y la zona marina adyacente ni entre ésta y los arrecifes coralinos.</p> <p>g) <b>Cambio de las características ecológicas:</b> El proyecto no generará cambios en las características ecológicas del humedal ya que no modificará su topografía ni edafología, conservará el 100% de la vegetación de manglar y afectará de forma temporal una superficie de 15,111.60 m<sup>2</sup>. de matorral costero, que representan el 10.49% de este tipo de vegetación en el SAR, la cual será reforestada una vez que concluya la fase de construcción del proyecto.</p> <p>h) <b>Servicios ecológicos y ecofisiológicos:</b> El proyecto no afectará los servicios ecológicos ni ecofisiológicos del humedal costero ya que no modificará su topografía ni edafología, conservará el 100% de la vegetación de manglar y afectará de forma temporal una superficie de 15,111.60 m<sup>2</sup> de matorral costero, que representan el 10.49% de este tipo de vegetación en el SAR, la cual será reforestada una vez que concluya la fase de construcción del proyecto.</p>
4.1	<p><b>Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.</b></p>
	<p>El presente criterio no es aplicable. El proyecto no incluye ninguna de las acciones mencionadas en el presente criterio.</p>
4.2	<p><b>Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.</b></p>
	<p>El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste no pretende realizar ningún tipo de obra relacionada con la canalización, interrupción de flujo o desvío de agua. El proyecto tiene por objeto el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizados frente al Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya.</p>
4.3	<p><b>Los promotores de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.</b></p>
	<p>El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste no pretende la realización de ningún tipo de obra de canalización.</p>

4.4	<b>El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.</b>
<p>El proyecto consiste en el desarrollo de rellenos de playa rocosa y arenosa con arena, en la construcción de estructuras que los protejan del embate de tormentas y huracanes, y en la construcción de una caleta artificial. Para ello se requerirá de la extracción de arena de bancos marinos cercanos al área del proyecto, así como de otros bancos debidamente autorizados.</p> <p>Las estructuras de protección estarán hechas a base de tubos de geotextil rellenos de arena o de mortero y en algunos casos cubiertos con una coraza de roca. Tendrán la función de proteger la celda litoral y prevenir la pérdida de arena en las playas durante eventos de tormenta. La mayoría de ellas soportarán los rellenos de playa o disminuirá la cantidad de arena que pudiera ser arrastrada por tormentas, pero no controlará la energía del oleaje ni modificará la dirección de las corrientes marinas. El diseño de las estructuras de protección del proyecto no interrumpe el transporte litoral a nivel de la celda litoral, por lo que no heredará déficit sedimentario a otras playas y no ganará terreno a la unidad hidrológica del manglar.</p> <p>De esta manera se explica que este criterio no es aplicable al proyecto debido a que las obras y actividades que se proponen no ganarán terreno a la unidad hidrológica del manglar.</p>	
4.5	<b>Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.</b>
Este criterio no es aplicable al proyecto ya que no contempla la construcción de bordos colindantes con el manglar.	
4.6	<b>Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento</b>
<p>Las medidas de cumplimiento al presente criterio se encuentran debidamente especificadas en el Capítulo 6 que integra la presente MIA-R en la cual se especifica la creación de un Sistema de Manejo y Gestión Sostenible del Proyecto, que contiene el Programa de Supervisión Ambiental y subprogramas que a continuación se enlistan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL: Monitoreo de manglar y dunas, monitoreo de calidad de Agua, Monitoreo de Biota Marina.</li> <li>• PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS: Manejo Integral de Residuos Sólidos, Manejo Integral de Residuos Líquidos, Manejo Integral de Residuos Peligrosos.</li> <li>• PROGRAMA DE BIODIVERSIDAD: Conservación de Especies, Control de Fauna de Riesgo para el Hombre.</li> <li>• PROGRAMA DE CONSERVACION Y MANEJO DE ECOSISTEMAS: Conservación de Hábitat, Reforestación y Restauración de Hábitat (RRH)</li> <li>• PROGRAMA SEGURIDAD Y ATENCION A CONTINGENCIAS. (SAC)</li> </ul> <p>El desarrollo del proyecto no generará degradación al manglar por contaminación ya que se implementarán medidas preventivas para evitar que los residuos sólidos, líquidos o peligrosos generados por el desarrollo del mismo afecten el manglar adyacente, a la zona donde se realizarán los trabajos.</p>	
4.7	<b>La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, ph, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.</b>
El presente criterio específico no es aplicable al proyecto, ya que éste no utilizará agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros. El conjunto de actividades que integran el proyecto cercanas a la zona de manglar, consisten en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizados frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.	
4.8	<b>Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.</b>
<p>El proyecto no tiene contemplado el vertimiento de aguas que contengas contaminantes orgánicos y químico, así como los que son mencionados por la presente especificación.</p> <p>El proyecto ha contemplado que en la construcción de una caleta mediante el proceso de demolición de rocas en el sitio, se cuidará que los sedimentos generados no se escapen hacia el mar usando cortinas antidispersión.</p> <p>El proyecto tiene contemplado la colocación de cortinas antidispersantes en zonas de bombeo y relleno de arena,</p>	
4.9	<b>El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.</b>
El presente criterio no es aplicable al proyecto, éste no tiene por objeto verter aguas residuales a la unidad hidrológica, el proyecto consiste en una serie de actividades encaminadas para el mejoramiento de la playa y ambientes costeros localizadas frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.	

4.10	<b>La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.</b>
El proyecto no considera la extracción de aguas subterráneas durante ninguna de sus etapas de desarrollo por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.11	<b>Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.</b>
Para el cumplimiento del presente criterio el proyecto tiene contemplado reforestar la zona de dunas costera natural y las que serán del tipo artificial, así como las zonas que serán utilizadas como de aprovechamiento temporal mediante el uso de material vegetativo de especies endémicas propias de los ecosistemas costeros de la región. Las plantas susceptibles a ser rescatadas estarán agrupadas por especie y mantenidas en el vivero para su posterior traslado a las zonas de reforestación para los sitios de aprovechamiento temporal y dunas, no se omite manifestar que de encontrarse especies que puedan ser perjudiciales al ecosistema, éstas serán manejadas de manera adecuada.	
4.12	<b>Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos, el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.</b>
El Proyecto consideró estudios Geohidrológicos detallados (Capítulo 4) que confirmaron que la construcción de la caleta artificial no generará impactos en la hidrología subterránea y no afectará la mezcla de aguas dulce y salada referidas en este criterio.	
4.13	<b>En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.</b>
El presente criterio no es aplicable, el proyecto no tiene previsto trazar vías de comunicación dentro de la zona de manglar y/o humedal.	
4.14	<b>La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad</b>
El proyecto no contempla la construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.15	<b>Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.</b>
El proyecto no requerirá de la instalación ni uso de postes, ductos, torres y líneas colocadas dentro del manglar y/o humedal costero, por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.16	<b>Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.</b>
Las obras y actividades que conforman el proyecto no conservan en algunos puntos la distancia mínima de 100 m con respecto al límite de la vegetación del humedal costero. La promotora con la finalidad de atenuar los impactos marinos y terrestres considera la implementación del Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas (CME) el cual tiene por objeto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar los impactos generados por el desarrollo del proyecto sobre los ecosistemas que se encuentran en el SAR correspondiente.</li> <li>• Garantizar la conservación de los ecosistemas que se encuentran en el SAR a través del mantenimiento de los procesos ecológicos propios de cada uno de ellos.</li> </ul> Ver 4.43 de la presente norma.	
4.17	<b>La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.</b>
Las actividades a realizarse que incluyen rellenos de arena de playa en la zona cercana al manglar, tiene previsto	

	utilizar arena proveniente de tres bancos marinos cercanos al proyecto.
4.18	<b>Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.</b>
	El presente criterio no es aplicable, ya que el proyecto no tiene contemplado realizar rellenos, desmontes, quema ni desecación de vegetación de humedal costero.
4.19	<b>Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.</b>
	El proyecto no tiene contempla disponer de material producto de dragado dentro de la zona de manglar. Durante la etapa de construcción los productos de excavación de la caleta son considerados como residuos de manejo especial, debido a que se generará una cantidad mayor a 80 m <sup>3</sup> originando que la promotora está sujeta a presentar un Plan de Manejo el cual no ocasionará la obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimientos y mareas. El cuidado y mantenimiento adecuado de la duna artificial generará servicios y bienes ambientales de diversa índole, tales como mayor valor paisajístico, conservación del ancho de playa y creación de refugios y zonas de alimentación para diversas especies de animales.
4.20	<b>Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.</b>
	El proyecto no tiene contemplado disponer de residuos sólidos dentro del humedal costero adyacente a las áreas de trabajo. El proyecto en el Capítulo 6, considera un SMGS, el cual contempla un programa integral de residuos y un subprograma de manejo de residuos sólidos; los cuales especifican la manera en que se dispondrá éste tipo de residuos. No se omite manifestar que la roca extraída de la conformación para la caleta artificial será removida y transportada por camiones de carga al área de aprovechamiento temporal destinada para tal fin al interior de las instalaciones del DTGS en un área desprovista de vegetación. De esta forma, en caso de ser autorizada la presente MIA-R, se llevará a cabo su correspondiente Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial, en donde se detallará su manejo y disposición final en sitios autorizados para tal fin.
4.21	<b>Queda prohibida la instalación de granjas camarónicas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camarónicas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.</b>
	El proyecto no contempla la instalación de granjas camarónicas de ningún tipo por lo que este criterio no le es aplicable.
4.22	<b>No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.</b>
	El proyecto no contempla la construcción de infraestructura acuícola de ningún tipo por lo que este criterio no le es aplicable.
4.23	<b>En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.</b>
	El proyecto no contempla la construcción de canales dentro del área de manglar por lo que este criterio no le es aplicable.
4.24	<b>Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma y descarga de agua, diferente a la canalización.</b>
	El proyecto no contempla el desarrollo de unidades de producción acuícola de ningún tipo por lo que este criterio no le es aplicable.
4.25	<b>La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.</b>
	El proyecto no contempla el desarrollo de unidades de producción acuícola de ningún tipo por lo que este criterio no le es aplicable.
4.26	<b>Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.</b>
	El proyecto no contempla el desarrollo de unidades de producción acuícola ni granjas camarónicas de ningún tipo por lo que este criterio no le es aplicable.

4.27	<b>Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.</b>
El proyecto no contempla obras ni actividades extractivas relacionadas con la producción de sal por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.28	<b>La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.</b>
El proyecto no contempla el desarrollo de infraestructura turística dentro del humedal costero, por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.29	<b>Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a cabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.</b>
El proyecto no contempla actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar, por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.30	<b>En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.</b>
El proyecto no requiere de la navegación de motores fuera de borda en áreas de manglar, por lo que este criterio no le es aplicable. Sin embargo, el proyecto considera medidas de seguridad que deberán atender todas las embarcaciones que participen en el desarrollo del mismo, para evitar accidentes que pongan en riesgo a los ecosistemas de la zona, las cuales se especifican en el Programa de Seguridad y Atención a Contingencias (SAC) señalado en el Capítulo 6 de esta MIA-R.	
4.31	<b>El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.</b>
El proyecto no tiene previsto realizar actividades de turismo educativo, ni de ecoturismo por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.32	<b>Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.</b>
El proyecto no generará la fragmentación del humedal costero para acceder al resto de las áreas de aprovechamiento del proyecto se usarán los caminos y vías de acceso existentes, por lo que se evitará la fragmentación del humedal costero dando cumplimiento a este criterio.	
4.33	<b>La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.</b>
El proyecto no tiene previsto la construcción de canales dentro del manglar por lo que este criterio no le es aplicable.	
4.34	<b>Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.</b>
El proyecto requerirá de vehículos y maquinaria que deberá acceder hasta la zona de playa. Para evitar la compactación del sedimento en esta zona el tránsito de los vehículos se restringirá a los caminos ya existentes o a las áreas de aprovechamiento temporal asignadas, las cuales se encuentran fuera de marismas y humedales costeros. Durante la operación del proyecto no se permitirá el paso de vehículos en las zonas de aprovechamiento. De esta forma se da cumplimiento a lo establecido en este criterio.	
4.35	<b>Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.</b>
El proyecto no tiene por objeto la restauración, protección o conservación de áreas de manglar; sin embargo, el desarrollo de la duna artificial, así como el relleno de arena en diversos puntos de las bahías Norte (Xaac), Centro y Sur aumentará la protección de la vegetación de manglar que se desarrolla detrás de la vegetación de matorral costero, al funcionar como una barrera al embate de vientos y oleaje extremos durante eventos de tormenta.	
4.36	<b>Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores</b>



	<b>biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.</b>
	El proyecto da cumplimiento a lo establecido en este criterio ya que conserva íntegramente las áreas de manglar existentes en el SAR. El diseño del proyecto es resultado de un cuidadoso análisis de las condiciones actuales de los ecosistemas marinos y terrestres presentes en el área, así como de la zonificación ambiental establecida para ambos. De esta manera las caletas Yalkú y Yalkuito se mantienen inalteradas y como zonas de conservación, por lo que no se permanecen sus funciones como corredores biológicos.
4.37	<b>Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.</b>
	El proyecto da cumplimiento a lo establecido en este criterio ya que, aun cuando su objetivo no es la regeneración natural de la unidad hidrológica ni de las comunidades vegetales y animales características de los humedales costeros con vegetación de manglar, no afectará la dinámica hidrológica de este ecosistema. Para asegurar lo anterior, se realizó un estudio hidrogeológico (Capítulo 4). En cuanto a la hidrología superficial, ya que el proyecto se desarrollará en las zonas de playa rocosa y playa arenosa y no se modificará la topografía tierra adentro, se puede aseverar que no se afectarán los flujos hídricos superficiales asociados al manglar.
4.38	<b>Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.</b>
	El proyecto no tiene por objeto la restauración de manglares. Sin embargo, como medida de compensación de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.43 de esta misma norma, se propone la restauración de áreas de manglar que así lo requieran dentro del predio del Desarrollo Turístico Grand Sirenis. El programa de restauración que corresponda será presentado a la Autoridad para su validación en caso de resultar aprobado el proyecto, y cumplirá con las características establecidas en este numeral.
4.39	<b>La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.</b>
	El proyecto considera la reforestación de la duna artificial, así como de las áreas de aprovechamiento temporal. Para ello únicamente se usarán especies nativas y propias de los ecosistemas de duna y matorral costero de la zona. En caso de encontrarse especies exóticas estas serán eliminadas. Las especies que se utilicen en la restauración del manglar serán únicamente nativas y propias de dicho ecosistema y se especificarán en el Programa correspondiente, el cual será presentado para su validación por parte de la Autoridad en caso de resultar aprobado el proyecto.
4.40	<b>Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.</b>
	El proyecto considera la reforestación de la duna artificial, así como de las áreas de aprovechamiento temporal. Para ello únicamente se usarán especies nativas y propias de los ecosistemas de duna y matorral costero de la zona. En caso de encontrarse especies exóticas estas serán eliminadas. Las especies que se utilicen en la restauración del manglar serán únicamente nativas y se especificarán en el Programa correspondiente, el cual será presentado para su validación por parte de la Autoridad en caso de resultar aprobado el proyecto.
4.41	<b>La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.</b>
	El proyecto no tiene por objeto la restauración de manglares. Sin embargo, como medida de compensación de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.43 de esta misma norma, se propone la restauración de áreas de manglar que así lo requieran dentro del predio del Desarrollo Turístico Grand Sirenis. El programa de restauración que corresponda será presentado a la Autoridad para su validación en caso de resultar aprobado el proyecto, y considerará su monitoreo de acuerdo a lo establecido en este numeral.
4.42	<b>Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.</b>
	La presenta MIA-R ha considerado estudios a nivel del SAR que incluyen la caracterización florística y faunística, la definición de unidades naturales y revisiones sobre sus condiciones Geohidrológicos. Así mismo se han llevado a cabo estudios particulares para describir la condición de las áreas de aprovechamiento terrestres y marinas del proyecto. De esta manera se cuenta con información suficiente para presentar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros del SAR, por lo que se da cumplimiento a este numeral.
4.43	<b>La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de</b>

	<b>compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.</b>
<p>El proyecto no considera el aprovechamiento de ningún tipo en el ecosistema de manglar; sin embargo las obras que lo conforman pretenden ser desarrolladas en un radio menor a los 100 m del límite con este ecosistema. En este tenor, la promovente exceptuará lo establecido en el numeral 4.16 y por ello se acoge a lo indicado en el presente numeral 4.43. De esta forma el proyecto propone implementar una serie de medidas de compensación en beneficio de los humedales en caso de ser aprobado.</p> <p>Como medida de compensación por la afectación del matorral costero localizado en el buffer de los 100 m. el promovente buscará un convenio de colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente (SEMA) del Estado o con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para llevar a cabo acciones de reforestación y de conservación de suelos en una zona indicada por estas instancias, que no exceda el equivalente a la superficie de aprovechamiento del proyecto. La reforestación sugerida deberá realizarse en sitios con características ecológicas apropiadas y deberá ir acompañada de un programa de capacitación ambiental dirigido a los pobladores o usuarios de la zona reforestada. Asimismo, el proyecto propone restaurar las áreas de manglar dentro del predio del DTS que lo requieran.</p>	

**3.3.8.2. NOM-162-SEMARNAT-2012**

La Vinculación del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” con la Norma-162-Semarnat-2012 “Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las **tortugas marinas en su hábitat de anidación**”. Se realiza debido a que el proyecto se encuentra dentro de una zona considerada de anidación para las tortugas. Para lo cual el proyecto se apegará a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado Dirección de Vida Silvestre, mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016.

**Tabla 3. 28.** De la Nom-162-Semarnat-2012 que se vincula al proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.

Núm.	ESPECIFICACIÓN DE LA NOM-162-SEMARNAT-2012.	VINCULACIÓN CON EL PROYECTOS
5.0	Especificaciones generales	Informativo
5.1	Las personas físicas o morales que realicen actividades de aprovechamiento no extractivo en el hábitat de anidación de tortugas marinas, deben cumplir con lo establecido en las siguientes especificaciones:	Informativo, la promovente del proyecto dará cumplimiento a la presente especificación.
5.2	El cumplimiento de las especificaciones de la presente Norma Oficial Mexicana, no exime el procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental, en los casos en que resulte aplicable.	La promovente somete el presente proyecto a evaluación de la SEMARNAT, mediante el trámite correspondiente la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional para obtener la autorización correspondiente al proyecto. Autorizado el proyecto se dará cumplimiento a los términos y concionantes que sean establecidos por la autoridad.
5.3	Los accesos al hábitat de anidación, tratándose de Áreas Naturales Protegidas, quedan sujetos a lo dispuesto en los Programas de Manejo correspondientes o, en su caso, a los accesos que establezca la Dirección del Área Natural Protegida.	No se omite manifestar que el proyecto se encuentra localizado de manera adyacente al Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas, Bahía de Akumal, la cual se encuentra administrada por la CONANP. La promovente se apegará a las disposiciones que emite la CONANP.
5.4	En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:	Informativo
5.4.1	Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de	El proyecto tiene contemplado la remover aquellos individuos de la región que se encontrasen en la

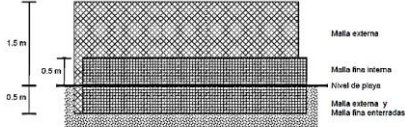
	anidación.	zona de trabajos y de ser necesario serán rescatados y posteriormente se volverán a ingresar a las zonas donde sean requeridas principalmente donde quedaran las dunas artificiales. El proyecto no introducirá especies exóticas.
5.4.2	Favorecer y propiciar la regeneración natural de la comunidad vegetal nativa y el mantenimiento de la dinámica de acumulación de arena del hábitat de anidación.	La promotente para cumplir con la presente especificación señala que el objeto del proyecto es mejorar las playas que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, para permitir su uso seguro y cómodo por parte de los visitantes para evitar que la dinámica del mar desestabilice la zona de anidación de las tortugas que arriben a la costa. Se recuerda que la mayoría de los trabajos a realizarse serán en la Zona Federal Marítimo Terrestre (Costa Fuera). Para el cumplimiento de la Norma, la promotente se apegará a lo establecido por las autoridades competentes en la materia.
5.4.3	Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movable que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.	Para el supuesto de que las actividades operativas del proyecto coincidan con la temporada de anidación de las tortugas, se implementaran acciones prevención contenidas en el Sistema de Manejo de Gestión Ambiental del Proyecto (Ver Tabla 6.7 del Capítulo VI de la MIA-R), así como la implementación del Programa de Monitoreo Ambiental el cual dentro de los objetivos que tiene es evitar impactos ambientales como la Pérdida de Individuos de Fauna y Biota Marina. Se promoverá entre el personal, contratistas, turistas nacionales y extranjeros, en coordinación con las autoridades competentes, se retirarán todos aquellos obstáculos que pongan en riesgo a las tortugas, así como su libre tránsito en la zona de playas. Estas actividades se realizarán apegadas a lo establecido en el oficio No.SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016, el cual fue emitido por la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT, y autoriza que en las playas denominadas Sirenis, Yalku y Nueva se realice el aprovechamiento no extractivo de Vida Silvestre.
5.4.4	Eliminar, reorientar o modificar cualquier instalación o equipo que durante la noche genere una emisión o reflexión de luz hacia la playa de anidación o cause resplandor detrás de la vegetación costera, durante la época de anidación y emergencia de crías de tortuga marina.	La promotente del proyecto no tendrá equipo de iluminación que genere emisión o reflexión de luz que esté orientado hacia la zona de playa donde aniden las tortugas durante la temporada de anidación en ninguna de sus etapas de desarrollo. La mayoría de los trabajos se realizarán durante el día y el programa de trabajo se realizará procurando evitar actividades durante la temporada de arribo y anidación de tortugas.
5.4.5	Orientar los tipos de iluminación que se instalen cerca de las playas de anidación, de tal forma que su flujo luminoso sea dirigido hacia abajo y fuera de la playa, usando alguna de las siguientes medidas para la mitigación del impacto: a) Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas. b) Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente. c) Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja	La promotente del proyecto en cumplimiento de la norma instalará equipos de iluminación fuera de la playa o de la zona de anidación de las tortugas, implementando las medidas especificadas en el criterio durante todas las etapas de etapas que integran el proyecto. No se omite manifestar que los trabajos a desarrollarse serán durante el día y que no se instalarán equipos de iluminación tipo industrial. A los veladores se les proveerá de lámparas con las especificaciones señaladas en la presente norma.

	presión.	
5.4.6	Tomar medidas para mantener fuera de la playa de anidación, durante la temporada de anidación, el tránsito vehicular y el de cualquier animal que pueda perturbar o lastimar a las hembras, nidadas y crías. Sólo pueden circular los vehículos destinados para tareas de monitoreo y los correspondientes para el manejo y protección de las tortugas marinas, sus nidadas y crías	<p>La promovente del proyecto no tiene contemplado utilizar ningún tipo de vehículos automotores y/o de combustión interna en la zona de playa o de anidación de tortugas.</p> <p>La promovente para el conjunto de actividades que integran el proyecto, tiene contemplado el uso de maquinaria del tipo pesada la cual, al momento de ser utilizada, se realizará previa inspección de las zonas de trabajo y en coordinación con el personal autorizado para el manejo de tortugas señalado en la autorización No.SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016</p> <p>Los trabajos que requieran el uso de maquinaria pesada se realizará apegado a lo señalado en el SMGA y en las medidas de Prevención de Impactos a las Especies de Tortuga Marina.</p>
6.0	Especificaciones de manejo	
6.1	Las personas físicas o morales que realicen actividades de manejo con tortugas marinas y sus derivados en el hábitat de anidación, deben tramitar previamente la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre correspondiente ante la Secretaría de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento, sin perjuicio de las demás disposiciones jurídicas aplicables.	Para el cumplimiento de la presente especificación, el proyecto se apegará a lo establecido en el oficio No.SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016, el cual fue emitido por la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT a beneficio del Desarrollo Turístico Sirenis, y autoriza que en las playas denominadas Sirenis, Yalku y Nueva se realice el aprovechamiento no extractivo de Vida Silvestre.
6.2	Las actividades de manejo de tortugas marinas en playas de anidación dentro de Áreas Naturales Protegidas, deben apegarse al Decreto y al Programa de Manejo correspondientes.	<p>No se omite manifestar que el desarrollo del proyecto se realizará apegándose a lo establecido en el acuerdo por el que se establece con el nombre de Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de las especies que se indican en la porción marina que se señala en el estado de Quintana Roo el cual fue publicado en el DOF el día 7 de marzo del año 2016.</p> <p>La promovente del proyecto se apegará las disposiciones establecidas de manera mediática por la CONANP en cuanto a los trabajos que realice para la protección de especies de tortugas marinas.</p>
6.3	Las personas físicas o morales que realicen actividades de manejo con tortugas marinas, deben tomar las medidas necesarias para evitar o disminuir el estrés, sufrimiento, traumatismo y dolor que pudiera ocasionarse a los ejemplares.	Especificación del tipo informativa.
6.4	La incubación en las playas de anidación sólo puede realizarse de dos formas: a) Natural o in situ b) Vivero o Corral (por excepción)	Se entiende que la presente especificación es del tipo informativa, no se omite manifestar que el cumplimiento del presente criterio estará basado en lo establecido el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016.
6.5	En las playas de anidación la incubación debe darse de manera natural (in situ), y sólo por excepción (depredación, saqueo, inundación fuera de control) se realizará la reubicación de nidadas en vivero o corral. En caso de riesgo inminente (eventos meteorológicos extraordinarios y contaminación), se aplicará lo previsto en las medidas de contingencia del Plan de Manejo, en cumplimiento con la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre	<p>La promovente del proyecto al estar éste de manera adyacente a la zona de playa se apegará lo establecido por las autoridades encargadas de la protección de las tortugas marinas.</p> <p>No se omite manifestar la implementación de pláticas entre el personal operativo y administrativos, proveedores y orientación para los turistas; de las acciones relacionadas con la incubación natural de las tortugas y sobre qué hacer en casos de contingencia.</p>

	otorgada por la Secretaría.	
6.6	En las playas de anidación de tortugas marinas se deben establecer las siguientes medidas:	Informativo.
6.6.1	Realizar recorridos de monitoreo a lo largo de la playa de anidación con el fin de disminuir la probabilidad de perder nidadas, de acuerdo a lo señalado en el Plan de Manejo correspondiente. Los recorridos deben llevarse a cabo por los responsables de la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre o a quienes designen para tal fin.	El cumplimiento de la presente especificación se realizará durante todas las etapas que integran el proyecto, basándose en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado mediante el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. La protección de las tortugas será más exhaustiva durante la temporada de anidación, dichas actividades estarán contempladas en el Plan de Manejo de Protección y Conservación en las cuales se tiene previsto realizar recorridos de monitoreo, los cuales serán guiadas y supervisadas por el responsable técnico y/o por el personal de apoyo En el capítulo 6, de la MIA-R se encuentra el Subprograma de Conservación de Especies.
6.6.2	En caso de utilizar vehículos para hacer recorridos de monitoreo, éstos deben tener un peso bruto vehicular máximo de 300 kg, la velocidad máxima de circulación debe ser de 20 km/h y utilizar llantas de baja presión (menor a 5 libras por pulgada cuadrada o 35 kPa). La circulación del vehículo debe ser por fuera de la zona de anidación o, en su caso, en una zona donde no se perturbe la integridad de los nidos.	El proyecto no tiene contemplado realizar recorridos para el monitoreo de las tortugas en vehículos de combustión interna. Los recorridos para la protección de las tortugas se realizarán de manera diaria previa al inicio de actividades laborales, también se realizarán caminatas nocturnas en busca de rastros de tortugas para la implementación de las medidas de protección para las tortugas que arriben a la zonas de playas. Dichas acciones se realizarán basándose en las medidas de prevención y mitigación especificadas en el capítulo VI de la MIA-R así como lo señalado en el plan de manejo para realizar actividades de aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.
6.7	Incubación natural o in situ	Informativo
6.7.1	Para la protección de nidos in situ debe contarse con un Plan de Manejo en cumplimiento con la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre otorgada por la Secretaría, en el cual se prevean las medidas necesarias para impedir la pérdida de nidadas.	La promotora del proyecto se apegará a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis. Así como lo establecido en el oficio No.SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016, el cual autoriza el aprovechamiento no extractivo de Vida Silvestre en las playas denominadas Sirenis, Yalku y Nueva localizadas en la Bahía de Akumal. La promotora se apegará a las disposiciones establecidas por la CONANP para la protección de las diferentes especies de tortugas, así como de las disposiciones emitidas por las autoridades competentes.
6.7.2	En el caso de incubación in situ, se debe valorar la pertinencia de realizar el marcaje de los nidos con estacas o algún otro sistema, asegurando que no se dañarán los huevos y que permitirá el nacimiento de las crías. En el caso de utilizar estacas, éstas deben ubicarse cerca del borde del nido, una vez que la tortuga marina termine el desove y antes de que empiece a tapar el nido.	Solo cuando sea necesario se dará cumplimiento a lo establecido en la presente especificación-
6.7.3	En playas que presenten problemas por depredadores deben tomarse medidas dirigidas a evitar la pérdida de los huevos y las crías; de conformidad con el Plan de Manejo.	Estas acciones se realizarán de conformidad a lo establecido en el capítulo VI de la presente MIA-R.



6.7.4	Para disminuir la depredación de huevos y de crías durante la emergencia hasta la entrada al mar, se debe tener un monitoreo constante.	El cumplimiento de estas acciones, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis-
6.7.5	Debe permitirse que las crías sigan su proceso natural de emergencia y desplazamiento por la playa hasta llegar al mar. Podrá haber intervención humana para ahuyentar a los depredadores.	La promovente del proyecto manifiesta que las crías no serán manipuladas y solo se intervendrá para ahuyentar a los depredadores de las crías de tortugas. De ser requeridas estas acciones, se apegarán al Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, las cuales serán supervisadas por personal autorizado y coordinadas con autoridades competentes.
6.7.6	En la medida de lo posible, una vez transcurrido el tiempo estimado para que hayan emergido todas las crías, debe sacarse todo el contenido de los nidos y de darse el caso, rescatar las crías rezagadas.	La promovente del proyecto cuando se encuentre en éste supuesto, de manera coordinada con las autoridades competentes, intervendrá para ayudar a las crías rezagadas. De ser requeridas estas acciones, se apegarán al Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, las cuales serán supervisadas por personal autorizado y coordinadas con autoridades competentes.
6.8	Incubación en vivero o corral (por excepción)	Informativa.
6.8.1	Para la protección de nidos en vivero o corral debe contarse con un Plan de Manejo en cumplimiento con la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre otorgada por la Secretaría, en el cual se prevean las medidas necesarias para disminuir la pérdida de nidadas.	La promovente en cumplimiento, se apegará a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Así como de las disposiciones que sean emitidas por las autoridades competentes en la materia.
6.8.2	Construcción del vivero o corral	Informativo.
6.8.2.1	En caso de ser necesario un vivero o corral como técnica de conservación, la selección del lugar para su construcción y su manejo deben contemplar lo siguiente: a) Ubicarse alejado de zonas inundables, barras, bocas de ríos y esteros, garantizando que no se modifiquen las propiedades físico-químicas del agua y suelo que puedan ocasionar la pérdida de nidadas. b) Estar libre de vegetación, troncos, rocas u otras barreras naturales, así como de desechos sólidos y efluentes líquidos. c) Situarse por lo menos a la cota de 1 m sobre el nivel de la pleamar máxima registrada.	El proyecto no tiene por objeto las acciones mencionadas en la presente especificación técnica. La promovente no omite manifestar que solo cuando sea necesario construir un vivero o corral, será construido por especialistas en la materia apeguándose a éstas especificaciones. Así como lo establecido en el multicitado Programa de Manejo no extractivo de tortugas el cual fue debidamente autorizado.
6.8.2.2	El tamaño del vivero debe estar en relación directa a la cantidad de nidadas que se estima serán depositadas en el vivero o corral durante la temporada de anidación, tomando en cuenta las anidaciones que se han presentado durante temporadas previas al establecimiento del vivero. Debe calcularse el área suficiente para respetar la densidad máxima de 1 nido/m <sup>2</sup> .	Informativo. En caso de requerirse la construcción de un vivero será construido atendiendo las presentes especificaciones.
6.8.2.3	El vivero o corral debe cercarse perimetralmente con malla de 2 m de altura, la cual debe ir enterrada 50 cm para evitar la depredación y el saqueo. Figura 1.	Informativo. En caso de requerirse la construcción de un vivero será construido atendiendo las presentes especificaciones, así como lo establecido por el Plan de Manejo para Realizar Actividades de

	 <p>Figura 1. Disposición de mallas en el vivero</p>	<p>Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis,</p>
<p>6.8.2.4</p>	<p>Para evitar que las crías escapen del vivero y disminuir la entrada de depredadores, debe enterrarse una tira de 1 m de alto de malla o el equivalente, a una profundidad mínima de 50 cm a lo largo de la parte interna de la cerca perimetral. La luz de malla no debe ser mayor a 1 cm. Figura 1.</p>	<p>Informativo. En caso de requerirse la construcción de un vivero, éste será construido atendiendo las presentes especificaciones-</p>
<p>6.8.2.5</p>	<p>El vivero o corral debe cambiarse de ubicación cada año.</p>	<p>Informativo</p>
<p>6.8.3</p>	<p>Colecta de Nidadas</p>	<p>Informativo</p>
<p>6.8.3.1</p>	<p>Durante el manejo de los huevos, la persona que realice la colecta de las nidadas debe tener las manos con uñas cortas, libres de protector solar, loción, repelente, cremas para la piel o cualquier otra sustancia química.</p>	<p>Informativo. De requerirse la realización de estas acciones el especialista técnico se encargará de dar cumplimiento.</p>
<p>6.8.3.2</p>	<p>La colecta de nidadas debe realizarse de alguna de las siguientes maneras: a) Esperar hasta que la hembra inicie el desove, recolectando los huevos ya sea con las manos o directamente de la cloaca a un recipiente por nidada. b) Cuando la hembra haya desovado, pero aún no haya regresado al mar, debe buscarse el sitio donde fueron depositados los huevos, siguiendo el rastro hasta encontrar el nido. Si se tiene la certeza de que la nidada tiene menos de 2 horas de haber sido puesta, proceder a destapar el nido y recolectar los huevos con la menor cantidad de arena posible, y sin eliminar el moco que los recubre, depositándolos en un recipiente por nidada. En caso de que no cumplirse lo anterior, debe mantenerse el nido in situ.</p>	<p>El cumplimiento de la presente especificación se realizará apegándose al Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Dicho plan señala la colecta de nidadas solo se realizará cuando una nidada presente algún riesgo como lo es que la tortuga haya depositado los huevos muy cerca del límite de marea, o ésta sea susceptible a ser depredada.</p>
<p>6.8.3.3</p>	<p>La colecta, el transporte y la siembra de las nidadas debe realizarse en un plazo no mayor a 4 horas a partir del momento en que los huevos fueron depositados por la hembra.</p>	<p>Informativo.</p>
<p>6.8.3.4</p>	<p>La reubicación de nidos debe ser en la misma playa donde fue hecha la colecta, salvo que no existan las condiciones para el establecimiento del vivero, hecho que debe preverse al solicitar la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre correspondiente a la Secretaría.</p>	<p>Informativo.</p>
<p>6.8.4</p>	<p>De la Siembra de Nidadas Para el sembrado de nidadas, debe seguirse el siguiente procedimiento: a) Retirar la arena seca del lugar donde se construirá el nido. b) Cavar un hoyo dándole con la mano forma de cántaro, tratando de reproducir la profundidad y el ancho tal como lo harían las tortugas marinas. El ancho de la boca y cuello, el largo del cuello, la profundidad de la cámara y la profundidad total se harán de acuerdo a la figura 2 y al cuadro 1.</p>	<p>Informativo.</p>

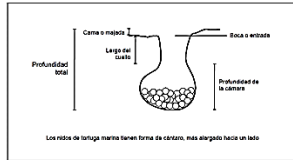


Figura 2. Nido de tortuga marina

	Ladri <i>Dermochelys coriacea</i>	Golfina <i>Lepidochelys olivacea</i>	Pirita / Blanca- Verde <i>Chelonia agassizii Chelonia mydas</i>	Carey <i>Eretmochelys imbricata</i>	Caguama/ Amarilla Caretta caretta	Lora <i>Lepidochelys sempa</i>
Ancho de la boca y cuello (cm)	30 - 35	20-26	20-25	20 - 26	20 - 25	20 - 25
Largo del cuello (cm)	35 - 40	15-20	20-25	10 - 15	20 - 25	15 - 20
Profundidad de la cámara (cm)	40 - 45	25-30	25-30/35	25 - 30	30	25 - 30
Profundidad total (incluyendo cama) (cm)	75 - 85	40-50	45-50/60	35 - 45	50 - 55	40 - 50

Cuadro 1. Dimensiones del nido por especie

c) Posteriormente los huevos se depositarán suavemente en el fondo, sin dejarlos caer desde la superficie. Una vez depositados todos los huevos, deben cubrirse con la misma arena húmeda que fue sacada durante la excavación, cubriendo hasta la superficie, presionando suavemente conforme se va echando la arena, y ya en la boca del nido, ejerciendo presión de manera que se genere un tapón para sellar la cámara de incubación.

d) Los nidos deben distribuirse en el vivero de forma que la separación entre ellos sea de al menos 1 m, tomando como referencia el centro de la boca del nido; las filas deben estar alternadas de conformidad a la figura 3.

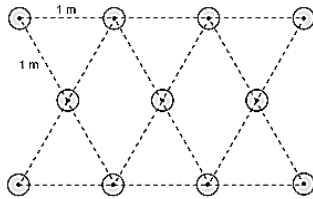
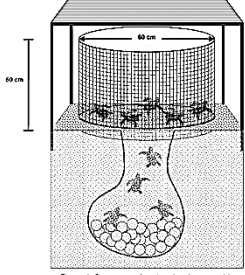


Figura 3. Distribución de nidadas

e) Marcar los nidos con una estaca larga y visible, que se colocará antes de que se empiece a tapar el nido. Cada nido debe ser identificado.

f) Colocar la estaca cerca del borde del nido, asegurando no dañar los huevos.

6.8.5	Del Conteo y Liberación de Crías en Vivero o Corral	Informativo
6.8.5.1	Para el conteo de las crías emergidas, 5 o 6 días antes de la emergencia, en cada uno de los nidos del vivero debe colocarse un cerco de tela de alambre de 60 cm de diámetro por 50 cm de altura y con una luz de malla no mayor a 1 cm, mismo que debe de ser enterrado hasta la arena húmeda. Sombrear el cerco y mantener vigilancia constante para que las crías sean liberadas oportunamente. Figura 4	Informativo

	 <p>Figura 4. Corion para el conteo de crías emergidas.</p>	
<p>6.8.5.2</p>	<p>Las crías deben liberarse con un mínimo manejo, inmediatamente después de que han salido a la superficie y estén activas, lo que les lleva en promedio 1 hora, depositándolas en un recipiente seco y trasladándolas a la zona húmeda de la playa, es decir, la zona que cubre y descubre en ese momento el oleaje. Las manos de las personas que liberen las crías deben tener las uñas cortas, libres de protector solar, loción, repelente, cremas para la piel o alguna otra sustancia química.</p>	<p>El especialista encargado de supervisar estas acciones se apegará a lo establecido en el presente criterio, así como de las disposiciones señaladas en los planes de manejo. De requerirse la realización de las acciones de higiene el especialista técnico se encargará de supervisar y dar cumplimiento a las mismas.</p>
<p>6.8.5.3</p>	<p>No deben sacarse las crías del nido antes de que emerjan, acción que solamente puede hacerse para rescatar a las que no hayan salido del nido con el grupo principal de crías emergidas.</p>	<p>La promotora del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo. El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016.</p>
<p>6.8.5.4</p>	<p>En la liberación, se debe permitir a las crías desplazarse por la arena húmeda y entrar al mar sin ayuda.</p>	<p>Especificación de carácter informativo. El cumplimiento de la mismas será supervisado por el encargado técnico señalado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Correspondiente al aprovechamiento no extractivo de vida silvestre autorizado para el desarrollo turístico Gran Sirenis.</p>
<p>6.8.5.5</p>	<p>Cada vez que se lleve a cabo una liberación, ésta debe realizarse en puntos diferentes de la playa y preferentemente separados por varios cientos de metros de los anteriores.</p>	<p>El cumplimiento de estas especificaciones se realizará apegándose a lo establecido en Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis. En el cual se especifica que solo en la playa denominada bahía chica, mejor la cual es conocida como playa Sirenis es la única en la cual se realizarán liberaciones con huéspedes del hotel, las liberaciones en las bahías con los nombres grande y Xaac, también conocidas por los nombres de playa Yalkú y Nueva, las liberaciones serán realizadas por el personal responsable del Subprograma en turno</p>
<p>6.8.5.6</p>	<p>No se permite retener crías, excepto en los siguientes casos: a) Cuando no hayan completado su desarrollo embrionario, es decir, cuando todavía presenten apertura en el plastrón o que no hayan salido completamente del cascarón y aún no hayan absorbido el vitelo. b) A causa de eventos meteorológicos extraordinarios que las pongan en riesgo, como tormentas, huracanes, ciclones, entre otros. c) Por eventos de contaminación de carácter temporal. En los casos anteriores, las crías deben colocarse en una caja o recipiente con arena húmeda, nunca</p>	<p>La promotora del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.</p>

	en recipientes con agua y mantenerse en un lugar oscuro, tranquilo, fresco y libre de humo o cualquier otra sustancia tóxica. Una vez que se haya completado el desarrollo embrionario o hayan sido superados los eventos meteorológicos extraordinarios, las crías deben ser liberadas inmediatamente a su medio natural.	
6.8.6	De la Revisión de Nidos	Informativo.
6.8.6.1	Sólo debe iniciarse la revisión de los nidos para el rescate de crías rezagadas y evaluación de la incubación y eclosión, una vez que se cumplan con las siguientes condiciones: a) Cuando el número de crías emergidas sea igual o mayor al 50% de los huevos sembrados por nido. b) Cuando no se hayan registrado emergencias de crías después de 3 días de haber finalizado el periodo promedio de incubación, según la especie. c) Cuando se hayan cumplido 3 días, a partir de que se encontró la primera cría emergida del nido.	La promovente del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis-
6.8.6.2	Al momento de la revisión, si se encuentran vivos tanto crías como huevos no eclosionados, se deben sacar y colocarlos en recuperación de acuerdo al numeral 6.8.6.3.	La promovente del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.
6.8.6.3	Si la cría no ha salido completamente del cascarón y aún tiene el vitelo (yema) por fuera o si se trata de huevos no eclosionados, se podrá elegir alguna de las siguientes alternativas: a) Enterrarlos en un contenedor con arena húmeda y limpia, manteniéndolos en un lugar oscuro, tranquilo, fresco y libre de humo o cualquier otra sustancia tóxica. Las crías preferentemente no deben sacarse del cascarón. b) Enterrarlos en un nido nuevo del mismo corral, y esperar a que emerjan por sí mismos. El nido debe cumplir con las especificaciones del numeral 6.8.4.	La promovente del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.
6.8.6.4	Si la cría sólo tiene la abertura en el plastrón o peto, sin la yema por fuera, debe colocarse en una caja con arena húmeda y limpia, manteniéndola en un lugar oscuro, tranquilo, fresco y libre de humo o cualquier otra sustancia tóxica, y liberarse hasta que el plastrón o peto cierre totalmente y la tortuga esté activa.	La promovente del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.
6.8.7	De la limpieza de nidos.	Informativo
6.8.7.1	Una vez revisado el nido deben sacarse los restos y enterrarlos fuera del vivero.	La promovente del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGV/S/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.



6.8.7.2	Después de la limpieza, los nidos deben quedar abiertos para que se desinfecten por acción del sol y no se utilizarán para la misma temporada. Asimismo, no deben usarse sustancias químicas para desinfectar la arena.	La promotora del proyecto entiende que el presente criterio es de carácter informativo y que no es aplicable al proyecto El cumplimiento de la misma, estará a cargo del responsable técnico autorizado en el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Que autoriza el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis.
6.9	Observación de tortugas marinas en su hábitat de anidación.	Informativo.
6.9.1	Las actividades de observación de tortugas marinas en su hábitat de anidación, deben cumplir con lo establecido en las siguientes especificaciones:	Informativo.
6.9.2	Los responsables de la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre deben garantizar que:	Informativo.
6.9.2.1	Se tenga un manejo responsable de los residuos que se generen por la actividad.	La promotora del proyecto manifiesta que todos los residuos que sean generados por las actividades de protección a las tortugas se dispondrán de conformidad a lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento no Extractivo el Desarrollo Turístico Sirenis.
6.9.2.2	El personal encargado de conducir a los visitantes durante la observación de tortuga marina en playas de anidación, sean personas por cuya actuación responda el responsable técnico de la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.2.3	Previo al recorrido de observación de tortugas marinas en playas de anidación, el personal encargado de conducir a los visitantes difunda temas de educación ambiental para el cuidado de la especie y su hábitat, así como lineamientos de comportamiento durante la visita, mediante carteles informativos, pláticas y cualquier otro método de difusión.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3	Para evitar la perturbación de las hembras anidadoras, el personal encargado de conducir a los visitantes debe garantizar lo siguiente:	Informativo
6.9.3.1	No manipular, tocar, acosar, molestar o dañar a las tortugas marinas.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.2	Hacer los recorridos a pie, en grupos no mayores a 10 visitantes, formando una fila compacta y a intervalos de 30 minutos entre un grupo y otro.	La promotora del proyecto no tiene previsto hacer recorridos de personas a pie para la observación de tortugas.
6.9.3.3	No tomar fotografías con flash en ningún momento durante el recorrido.	Informativo. El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.4	No podrán hacer uso de fuentes de iluminación durante el recorrido, a excepción del personal encargado de conducir a los visitantes, quien podrá emplear una lámpara, la cual debe estar equipada con un filtro rojo o una fuente de luz de coloración roja.	Informativo. El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.5	Que los visitantes permanezcan a un mínimo de 10 m de distancia de la tortuga, hasta que ésta inicie el desove. Sólo el personal encargado de conducirlos puede localizar a las hembras anidadoras, verificando cuidadosamente la orientación de la tortuga y la fase del proceso de desove en la que se encuentra.	Informativo. El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.

6.9.3.6	Que los visitantes permanezcan todo el tiempo en grupo y en silencio.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.7	Indicarles a los visitantes cuando podrán acercarse a observar el desove, y que se haga por la parte posterior de la tortuga.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.8	Cuando la tortuga termine de tapar el nido, conducir a los visitantes indicándoles mantenerse a un mínimo de 10 m de distancia, desde donde podrá observar el resto de la actividad.	El proyecto no tiene previsto realizar las actividades mencionadas en el presente criterio.
6.9.3.9	Durante la emergencia y salida al mar de las crías <i>in situ</i> , debe asegurarse que los visitantes se mantengan a una distancia mínima de 2 m por detrás del grupo de crías. Tratándose de emergencia de crías en vivero o corral, la observación se realizará desde afuera del mismo; su liberación se realizará asegurándose que los visitantes se coloquen a una distancia de 2 m por detrás del grupo de crías. En ambos casos, se debe garantizar que los visitantes no pisquen a las crías ni obstruyan su camino al mar.	Atendiendo que el presente carácter es del tipo informativo, su cumplimiento se realizará apegándose al o establecido en el capítulo VI de la MIA-R que establece las medidas preventivas y de Mitigación de los Impactos Ambientales. Lo establecido en el Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016, Así como de las disposiciones que sean establecidas por las autoridades competentes.
6.9.3.10	Las crías nacidas tanto <i>in situ</i> como en vivero o corral, no podrán ser manipuladas por los visitantes para su liberación.	Informativo
6.9.3.11	Que, durante su desplazamiento por el hábitat de anidación, los visitantes sean guiados por fuera del área donde se concentran los nidos, de manera que éstos no sean pisados ni tampoco las crías que están emergiendo.	Informativo
6.9.4	Los visitantes deberán seguir en todo momento las indicaciones del personal encargado de conducirlos durante las actividades de observación en el hábitat de anidación de las tortugas marinas.	Informativo
6.9.5	Se recomienda al responsable de la Autorización de aprovechamiento no extractivo de vida silvestre, proporcionar las facilidades necesarias a las personas con capacidades diferentes y a los adultos mayores.	Informativo
7.0	Actividades de investigación Para la realización de actividades de investigación sobre tortugas marinas y su hábitat, debe observarse el procedimiento establecido para tal efecto en la Ley General de Vida Silvestre, su Reglamento y la "Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional".	El proyecto no tiene por objeto realizar actividades de investigación sobre las tortugas marinas.
8.0	Concordancia con normas internacionales Esta Norma no coincide con ninguna Norma Internacional ya que no existe Norma Internacional sobre el tema tratado.	Informativo. La promovente del proyecto se apegará de manera estricta a cada uno de los criterios señalados en la presente norma, que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

### 3.3.9. Áreas naturales protegidas

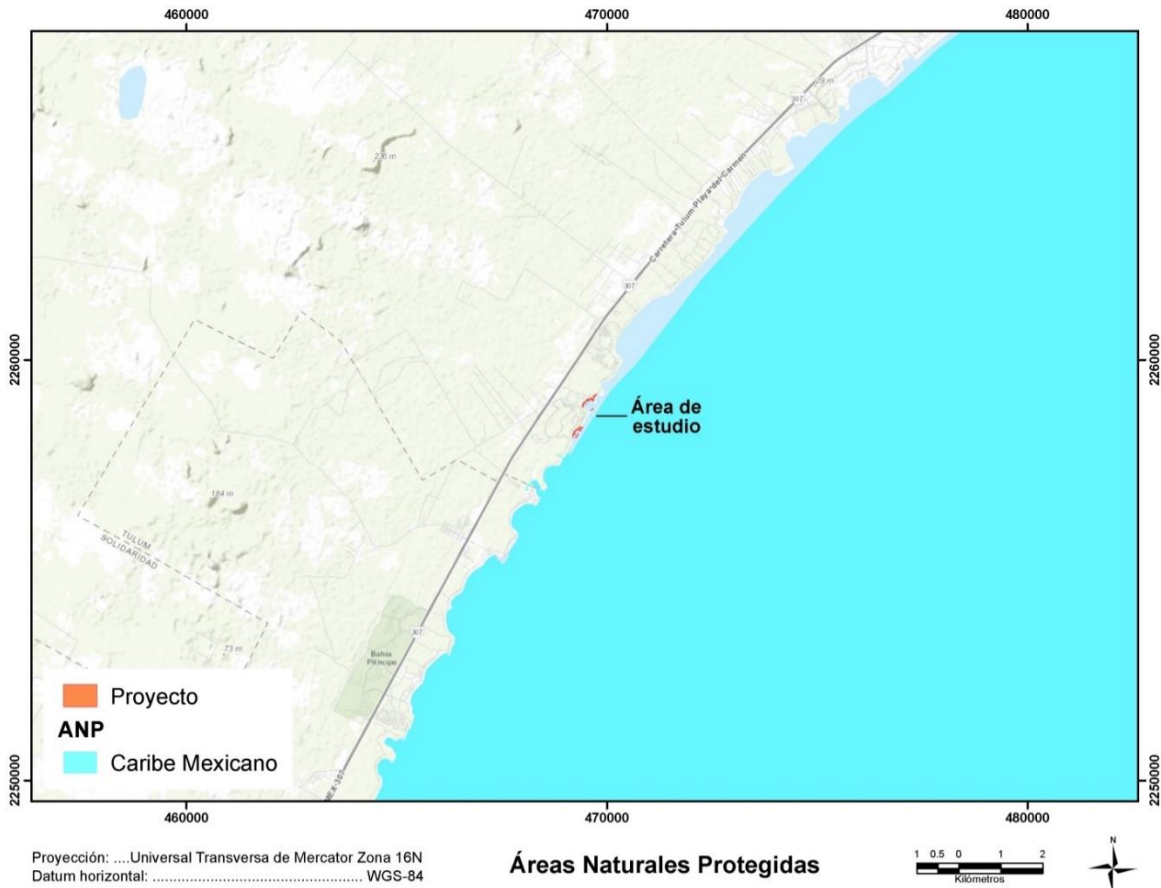
Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) están sujetas a ciertas modalidades, establecidas en sus respectivos decretos de creación y programas de manejo apegados de conformidad con lo establecido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas. El Estado de Quintana Roo cuenta con diferentes tipos de Áreas Naturales Protegidas, tanto de competencia Federal como Estatal.

Asimismo, el artículo 44 de la misma Ley establece límites adicionales para aquellas personas que, siendo titulares de derechos de dominio o posesión sobre predios al interior de dichas áreas naturales, pretendan desarrollar obras u actividades de la misma naturaleza. Estas restricciones implican para el desarrollador sujetarse a las normas y preceptos que establezcan los Decretos a través de los que se constituyan las Áreas Naturales respectivas, así como a las disposiciones contenidas en los programas de manejo correspondientes.

El proyecto se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida con carácter de reserva de la biosfera denominada “Caribe Mexicano”, decretada en el DOF, el 7 de diciembre de 2016. Asimismo, una fracción del proyecto correspondiente al área del banco de arena Sur, se ubica dentro del polígono que conforma el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas, Bahía de Akumal, decretada en el DOF el 7 de marzo de 2016. Es importante mencionar que ninguna de las dos ANP cuenta todavía con Programa de Manejo, por lo que en los apartados siguientes se presenta la vinculación del proyecto con lo establecido en sus decretos.

Fuera de lo anterior, el Proyecto no se ubica dentro de ninguna otra ANP de carácter municipal, estatal o federal (Figura 3.8).

**Tabla 3. 29.** Señala la ubicación donde se desarrollará el proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas adyacentes al mismo.



**3.3.9.1. Reserva de la biosfera Caribe Mexicano**

En la Península de Yucatán se ubica la Región del Caribe Mexicano con cinco ecorregiones marinas denominadas Plataforma del Golfo de México Sur, Plataforma del Caribe Mesoamericano, Talud del Caribe Mesoamericano, Cuenca de Yucatán y Cadena Montañosa Caimán.

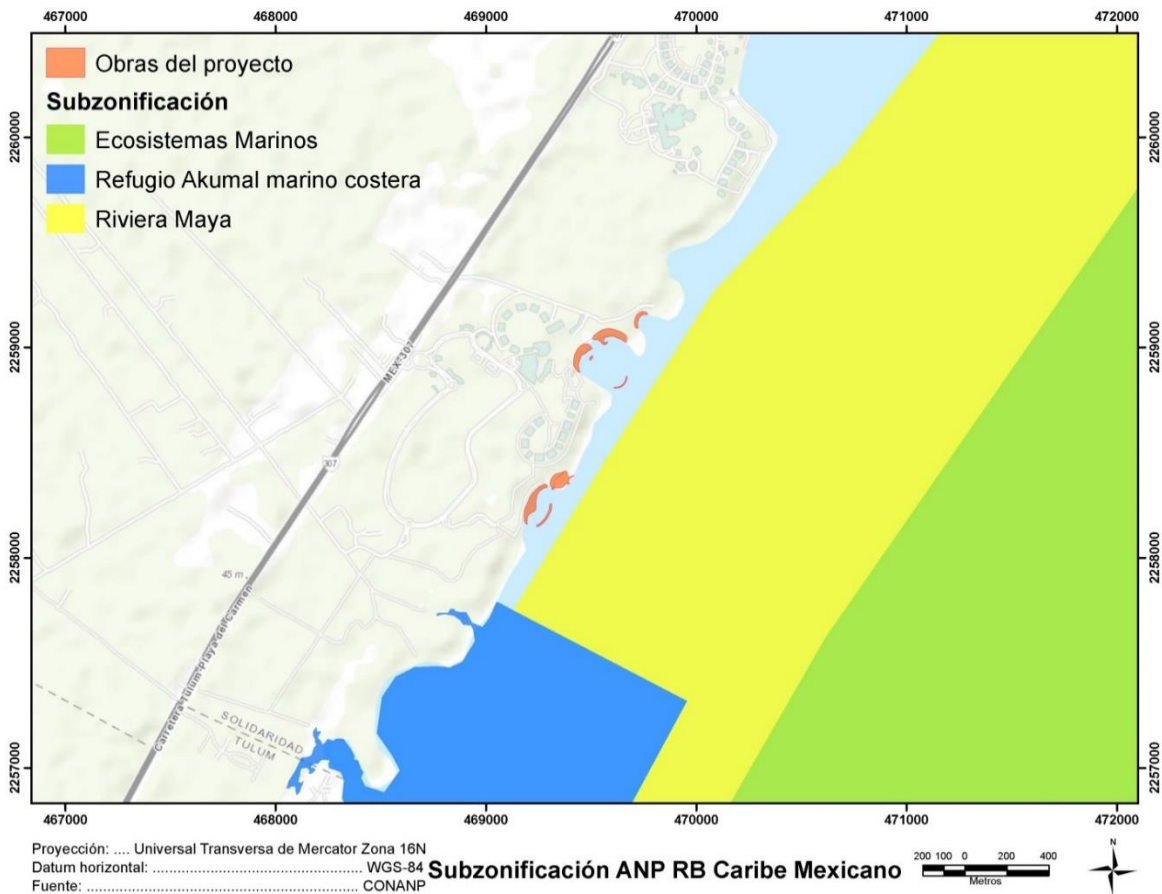
En la reserva de la biosfera Caribe Mexicano se registran aproximadamente 1,900 especies de flora y fauna terrestre y marina, incluyendo especies de manglar, corales, tiburones y otras especies de vital importancia, como el manatí del Caribe (*Trichechus manatus*). La misma representa un área de importancia para la migración y residencia de alrededor de 401 especies de aves, anfibios y reptiles; algunas de ellas consideradas en riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con la finalidad de proteger estos recursos es que se decretó el 7 de diciembre de 2016 la reserva de la biosfera Caribe Mexicano con una superficie total de 5,754,055-36-31.60 hectáreas, de la cuales 5,725,465-86-57.50 hectáreas corresponden a la porción marina y 28,589-49-74.10 hectáreas corresponden a la porción terrestre.

El ANP está dividida en seis zonas núcleo, tres de ellas comprenden desde los 0 m de profundidad hasta el piso oceánico y son: Humedales de Boca Iglesias, Laguna Chacmochuch y la Zona Marina Xcacel-Xcacelito. Por otra parte, existen otras tres zonas núcleo que protegen la vida marina desde los 100 m de profundidad hasta el piso oceánico y son: Banco Chinchorro Profundo, Colinas Submarinas de Colmer y la Cordillera Submarina Caimán.

De acuerdo con el Art. Segundo del Decreto correspondiente, las zonas núcleo y de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano se subzonificarán en el programa de manejo. Ya que este aún no se ha publicado, se ubica el proyecto conforme al plano presentado en el mismo decreto, en donde se aprecia que se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento.

**Figura 3. 13.** Zonificación del ANP reserva de la biosfera Caribe Mexicano presentado en el decreto publicado el 7 de diciembre de 2016 en el DOF. Con un círculo rojo se señala la zona donde se ubica el proyecto.



El Art. Séptimo del decreto de esta ANP establece las actividades que pueden realizarse dentro de la zona de amortiguamiento, mientras que el art. Octavo determina las modalidades para el uso y aprovechamiento de esta misma zona. En la Tabla 3.27 se vincula el proyecto con lo establecido en dichos artículos.



**Tabla 3. 30.** Actividades permitidas y modalidades para el uso y aprovechamiento en la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano y su vinculación con el proyecto.

Decreto	Proyecto
<b>Art. 7º. Actividades permitidas</b>	
Investigación y colecta científica	El proyecto no persigue fines de investigación ni contempla la realización de colectas con fines científicos.
Monitoreo ambiental	El proyecto considera la implementación de programas de monitoreo de la biota marina, incluyendo el arrecife, del agua y de la vegetación, como parte de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, los cuales serán presentados a las autoridades para su validación previa a su implementación en caso de resultar aprobado el proyecto.
Educación ambiental.	El proyecto no incluye actividades de educación ambiental.
Turísticas	La finalidad del proyecto es mejorar la calidad de las playas para su uso turístico.
Turismo náutico	El proyecto no contempla la realización de actividades de turismo náutico durante ninguna de sus etapas de desarrollo.
Aprovechamiento no extractivo de la vida silvestre	El proyecto no contempla el aprovechamiento no extractivo de vida silvestre, ya que consiste en el mejoramiento de las playas para su uso turístico.
Aprovechamiento extractivo de la vida silvestre.	El proyecto no contempla el aprovechamiento extractivo de vida silvestre, ya que consiste en el mejoramiento de las playas para su uso turístico.
Pesca y acuicultura	El proyecto no considera actividades de pesca y acuicultura.
Restauración de ecosistemas, reintroducción y repoblación de especies.	El proyecto no considera actividades de reintroducción o repoblación de especies, aunque sí contempla actividades de restauración de vegetación de duna y matorral costero.
Eradicación o control de especies de vida silvestre que se tornen perjudiciales.	El proyecto no contempla medidas de erradicación ni control de especies de vida silvestre.
Construcción de instalaciones de apoyo a la investigación, monitoreo y educación ambientales, así como para el turismo náutico y para la administración y vigilancia del ANP.	El proyecto no incluye ninguna de las obras mencionadas en este punto.
Instalación de señalización marina	El proyecto no contempla la instalación de señalización marina ya que las estructuras que pretenden colocarse se encuentran en zonas someras y muy cercanas a la playa.
Mantenimiento de la infraestructura fija existente.	En las áreas donde pretende desarrollarse el proyecto no existe infraestructura fija actualmente. Sin embargo, se contempla el mantenimiento de todas las obras fijas y temporales del proyecto.
Mantenimiento y desarrollo de infraestructura portuaria.	El proyecto no contempla el desarrollo ni el mantenimiento de infraestructura portuaria.
Construcción de infraestructura exclusivamente cuando conforme a las atribuciones de la Secretaría de Marina, se requiera para la defensa exterior y coadyuvancia en la seguridad interior del país o para atender una situación de	El proyecto no contempla la construcción de infraestructura del tipo que se menciona en este punto.

Decreto	Proyecto
emergencia.	
Mantenimiento y dragado de los canales de navegación.	El proyecto no contempla dragado ni mantenimiento de canales de navegación.
<b>Extracción de arena, siempre y cuando cuente con la autorización en materia de impacto ambiental.</b>	<b>El proyecto considera la extracción de arena de tres bancos cercanos a la costa. Esta MIA-R se presenta para obtener la autorización de impacto ambiental correspondiente.</b>
Navegación de embarcaciones.	El proyecto requerirá de navegación de embarcaciones para la preparación y construcción de las obras, así como para su mantenimiento.
Regatas o competencias deportivas náuticas.	El proyecto no considera la organización ni implementación de regatas ni competencias deportivas náuticas.
<b>Instalación de arrecifes artificiales promotores de nuevos hábitats para la flora y la fauna marina, así como para los proyectos de recuperación de playas.</b>	<b>El proyecto consiste en el mejoramiento de las playas y obras para su mantenimiento que constituyen nuevos sitios de fijación para diversas especies de algas e invertebrados marinos.</b>
Las demás previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, de acuerdo con la subzona en donde se pretendan realizar, así como las consideradas como permitidas en las reglas de carácter administrativo contenidas en el programa de manejo correspondiente.	Aun no se ha publicado el programa de manejo del ANP, por lo que no se cuenta con la subzonificación ni con las reglas administrativas correspondientes.
<b>Art. 8º Modalidades de uso y aprovechamiento de la zona de amortiguamiento.</b>	
Las actividades de observación, investigación científica, colecta científica, monitoreo ambiental y educación ambiental, se llevarán a cabo de tal forma que no alteren los ecosistemas, los hábitats o la viabilidad de las especies de vida silvestre.	El proyecto no contempla la realización de las actividades mencionadas en esta fracción.
El desarrollo de actividades de turismo terrestre o turismo náutico pueden llevarse a cabo respetando la capacidad de carga o límite de cambio aceptable de los ecosistemas, evitando en todo momento la fragmentación o la alteración de los elementos naturales que lo conforman.	El proyecto no contempla el desarrollo de actividades de turismo terrestre o turismo náutico, ya que consiste en el mejoramiento y mantenimiento de las playas para el uso turístico.
Los aprovechamientos no extractivos distintos a los enunciados en las fracciones I y II del presente artículo, se realizarán manteniendo los procesos ecológicos esenciales y ayudando a conservar los recursos naturales y la diversidad biológica.	El proyecto no contempla el aprovechamiento no extractivo de ninguna especie.
La pesca y acuicultura en todas sus modalidades se realizarán manteniendo el equilibrio ecológico de la subzona en la que, conforme al programa de manejo, dicha actividad esté permitida y siempre que se cuente con la autorización respectiva de la dependencia	El proyecto no contempla obras ni actividades relacionadas con la pesca ni con la acuicultura.

Decreto	Proyecto
correspondiente, conforme a la legislación aplicable, respetando las épocas y zonas de veda.	
La pesca de consumo doméstico sólo podrá efectuarse con redes y líneas manuales que pueda utilizar individualmente el pescador.	El proyecto no incluye actividades de pesca de consumo doméstico.
Las actividades pesqueras se realizarán sujetándose a lo previsto en la Norma Oficial Mexicana NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013, Sobre sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, o la Norma Oficial Mexicana que la sustituya.	El proyecto no contempla la realización de actividades pesqueras.
La agricultura y ganadería se realizarán únicamente en las subzonas en que, conforme a la LGEEPA se permitan el desarrollo de tales actividades, procurando en todo momento la conservación de los ecosistemas y especies de vida silvestre existentes en el área.	El proyecto no contempla la realización de actividades agrícolas ni ganaderas.
<b>La restauración de ecosistemas se llevará a cabo con la finalidad de prevenir la afectación en la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, o de los servicios ecosistémicos o propiciar, en su caso, la recuperación de ambos.</b>	<b>El proyecto no consiste en actividades de restauración; sin embargo, contempla el mejoramiento de playas y el enriquecimiento de la vegetación de duna y matorral costero, por lo que coadyuvará en la prevención de la afectación a estos ecosistemas.</b>
La erradicación o control de especies de vida silvestre que se tornen perjudiciales se realizará conforma a las medidas que para tal efecto autorice la Secretaría, con la finalidad de prevenir la afectación en la continuidad delos procesos ecológicos y evolutivos, o de los servicios ecosistémicos o propiciar, en su caso, la recuperación de ambos.	El proyecto no contempla la erradicación ni control de especies de vida silvestre durante ninguna de sus etapas de desarrollo.
La reintroducción de vida silvestre se realizará con fines de repoblación de las especies nativas de ejemplares de la misma especie o subespecie, según sea el caso, para reforzar una población silvestre disminuida; o restituir una población desaparecida o en recuperación, siempre que con dicha reintroducción no se afecte a otras especies existentes en el área, incluidas aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo.	El proyecto no contempla la reintroducción de vida silvestre.
Respetar la señalización marítima, rutas de navegación y áreas de fondeo ya establecidas por las autoridades competentes y por el programa de manejo.	Las embarcaciones que se requieran durante todas las etapas de proyecto respetarán la señalización marítima, las rutas de navegación y las áreas de fondeo establecidas.
El mantenimiento y construcción de	Se atenderán las indicaciones establecidas en el

Decreto	Proyecto
infraestructura se realizarán únicamente en las subzonas en las que el programa de manejo lo permita y se ejecutarán conforme a las reglas específicas que dicho programa prevea.	Programa de Manejo correspondiente.
La construcción de instalaciones de apoyo para las actividades permitidas dentro de la zona de amortiguamiento, se ejecutarán de acuerdo a lo previsto en las reglas específicas para cada una de esas actividades.	Se atenderán las indicaciones establecidas en el Programa de Manejo correspondiente.
Las demás modalidades que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece para las subzonas correspondientes.	Se atenderán las indicaciones establecidas en el Programa de Manejo correspondiente.

Por último, el Art. Noveno establece las actividades prohibidas en la zona de amortiguamiento, las se analizan en la Tabla 3.28.

**Tabla 3. 31.** Vinculación del proyecto con las prohibiciones establecidas para la zona de amortiguamiento según el Art. 9º del decreto de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano.

Art. 9º	Proyecto
Arrojar, verter, almacenar, descargar o depositar desechos derivados de actividades altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, radiactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, que pueden afectar el equilibrio ecológico o el ambiente, así como desechar otras sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas o los envases que las contienen.	El proyecto no contempla el uso de sustancias corrosivas, reactivas, radiactivas, explosivas, inflamables ni biológico infecciosas. Por otra parte, el proyecto contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos. Las sustancias peligrosas que se manejarán durante el desarrollo del proyecto se limitan a los combustibles requeridos para el funcionamiento de la maquinaria, vehículos y embarcaciones. El Programa de Manejo de Residuos contempla diversas acciones que evitarán la contaminación del agua y del suelo.
Construir confinamientos o terminales de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas.	El proyecto no considera durante ninguna de sus etapas de desarrollo la construcción de confinamientos ni de terminales de almacenamiento de materiales o sustancias peligrosas.
Construir sitios de disposición final o rellenos sanitarios de residuos sólidos, salvo el mantenimiento y mejoramiento de los existentes.	El proyecto no considera durante ninguna de sus etapas de desarrollo la construcción de sitios de disposición final ni rellenos sanitarios de residuos sólidos de ningún tipo.
Emplear equipos y artes de pesca fijas permanentes o de arrastre sobre el fondo marino, salvo la pesquería de camarón en la zona Noroeste de Isla Contoy, y para la instalación del arte de pesca conocida como “casita cubana” para la pesca de langosta en la Laguna Chacmochuch.	El proyecto no considera el empleo de equipos ni artes de pesca de ningún tipo durante ninguna de sus etapas de desarrollo.
Utilizar sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013 o la Norma	El proyecto consiste en obras y actividades para el mejoramiento de playas para su uso turístico, y no considera ningún tipo de método ni técnica de captura pesquera.

Art. 9º	Proyecto
Oficial Mexicana que la sustituya.	
Introducir especies exóticas invasoras	El proyecto no contempla la introducción de especies exóticas de ningún tipo durante ninguna de sus etapas de desarrollo.
Alimentar, tocar o perseguir a los ejemplares de la vida silvestre, salvo que se cuenta con la autorización correspondiente.	El proyecto consiste en obras y actividades para el mejoramiento de playas para su uso turístico, y no considera actividades que impliquen tocar, alimentar o perseguir a la vida silvestre.
Colocar iluminación dirigida hacia el mar y las playas, que altere el ciclo reproductivo de las tortugas marinas, así como su ingreso o tránsito; a excepción del señalamiento marítimo que determine la autoridad competente.	Durante la etapa de preparación y construcción la iluminación requerida en las áreas de obra no será dirigida hacia el mar. Asimismo, durante la temporada de anidación de tortugas marinas la zona de playa se mantendrá limpia y libre de obstáculos que impidan el paso de estos organismos; asimismo, se restringirá la circulación de los trabajadores y vehículos hacia la zona de playa durante esta temporada.
Remover el fondo marino o generar la suspensión de sedimentos, aguas fangosas o limosas sobre los ecosistemas costeros, salvo para recuperación de playas y arrecifes artificiales que cuenten con la autorización correspondiente.	El proyecto consiste en el mejoramiento de playas para su uso turístico, para lo cual requerirá de la explotación de tres bancos de arena cercanos. La presente MIA-R se presenta con la finalidad de obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental.
Usar explosivos, salvo para las actividades que en el ejercicio de sus atribuciones requiera la Secretaría de Marina.	El proyecto no contempla el uso de explosivos durante ninguna de sus etapas de desarrollo.
Realizar exploración y explotación tanto minera como de hidrocarburos y extracción de material pétreo.	El proyecto consiste en obras y actividades para el mejoramiento de playas para su uso turístico, y no considera obras ni actividades relacionadas con la exploración ni explotación minera ni de hidrocarburos. Para la construcción de la caleta artificial será necesario excavar en la costa rocosa; sin embargo, la roca caliza que se genere por esta actividad será utilizada para rellenar sitios que lo requieran en áreas de desplante de proyectos cercanos autorizados, pertenecientes al mismo promovente.
Carga, descarga, recarga y almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales.	El proyecto no considera actividades de carga, descarga, recarga ni almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales. Todas las embarcaciones que se utilicen para el desarrollo del proyecto se abastecerán de combustible en áreas adecuadas cercanas, como Puerto Aventuras.
Verter aguas de lastre y achicar sentinas, salvo en situaciones de emergencia cuando se trate de embarcaciones mayores.	Como parte del Programa de Manejo de Residuos del proyecto, se incluirán medidas que prevengan el vertimiento de aguas de lastre así como el achicamiento de sentinas en áreas no autorizadas. Todas las labores de limpieza y mantenimiento de las embarcaciones que se usen durante las etapas de desarrollo del proyecto deberá realizarse en instalaciones que cuenten con el equipo adecuado para el correcto manejo de los residuos y que eviten la contaminación del agua, el aire y/o el suelo, como las ubicadas en las marinas de Puerto



Art. 9º	Proyecto
Las demás que ordenen las leyes generales del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; de vida Silvestre; de Pesca y Acuicultura Sustentables, y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.	Aventuras. El proyecto se apega a las leyes, reglamentos y normas aplicables vigentes, tal y como se analiza en el presente capítulo.

De esta forma, se da cumplimiento a lo establecido en este Decreto.

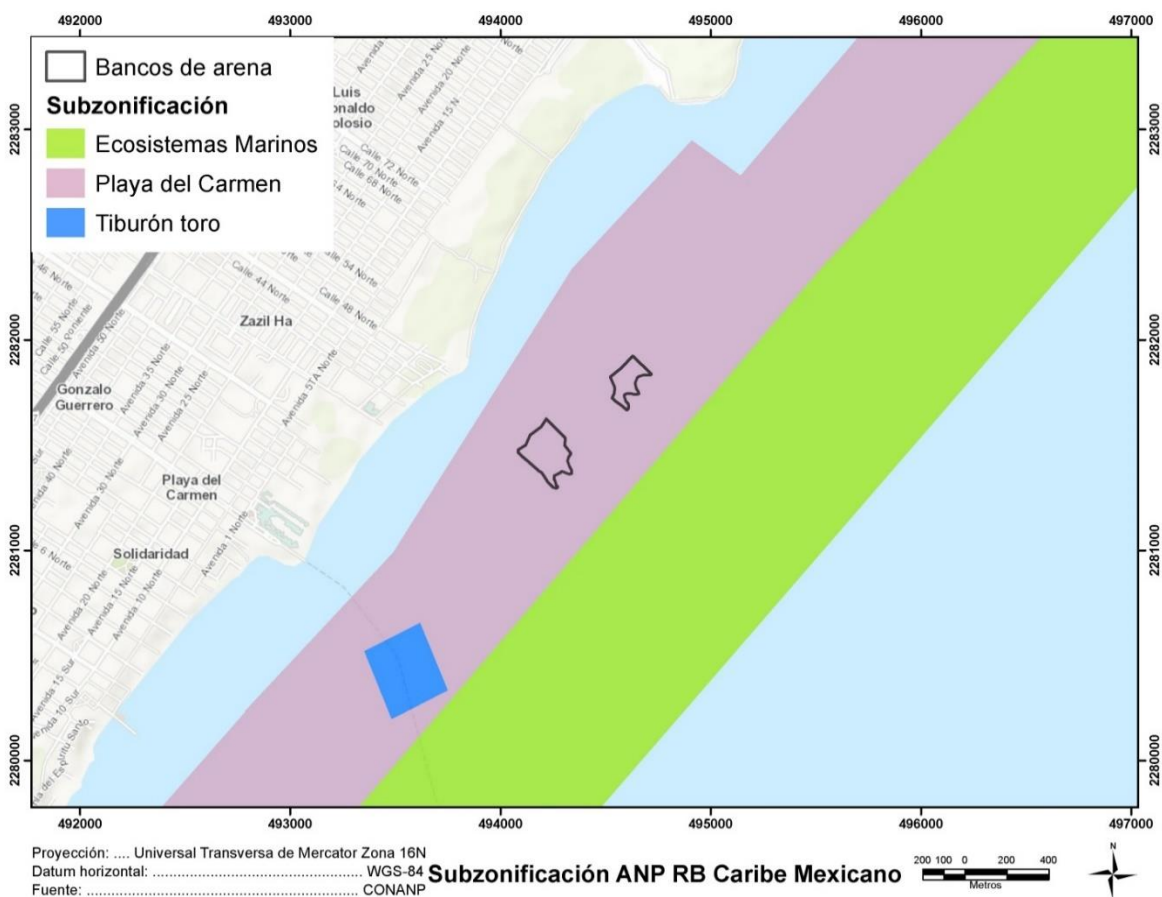
Aunado a lo anterior, es importante vincular al mismo con la reglamentación que acompaña al decreto y el Programa de Manejo de esta Área Natural Protegida. De esta forma, el Artículo Décimo Sexto del Decreto establece que la Secretaría, por conducto de la Comisión, delimitará en el programa de manejo la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, con el propósito de generar nuevos patrones de desarrollo regional sustentable acordes con la presente declaratoria y promover que las autoridades, que regulen o autoricen el desarrollo de actividades en dicha zona, consideren la congruencia entre éstas y la categoría de manejo asignada a la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.

El programa de manejo define como área de influencia para la RBCM una superficie de 3,843,737.739520 hectáreas, abarcando el estado de Quintana Roo, así como las porciones marinas entre el ANP y otras ANP y los límites con la costa del Estado, sin incluir a las ANP de carácter federal.

Ahora bien, dentro del Programa de Manejo de esta ANP, el capítulo de “Zonificación y Subzonificación” no define actividades permitidas o prohibidas para la zona de influencia, sin embargo, de acuerdo a lo señalado en el Artículo Décimo Sexto del Decreto, las obras y actividades del Proyecto ubicadas en esta zona, son congruentes y atienden lo señalado en los ordenamientos que orientan o regulan el desarrollo para esta área, tal es el caso del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, vinculación contenida en la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación.

Finalmente, se debe considerar que las actividades de extracción de arena se realizarán dentro de la porción de Playa del Carmen, de la *Subzona de Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an*, área en la que la “Extracción de arena siempre y cuando cuente con la autorización en materia de impacto ambiental, únicamente en el polígono de Playa del Carmen”, se encuentra permitida.

Figura 3. 14. Ubicación de los Bancos de Arena con relación a la Subzonificación del ANP



### Reglas administrativas

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo I, Disposiciones Generales, Regla 1, del programa de manejo, “las reglas administrativas son de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas físicas o morales **que realicen actividades dentro de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, con una superficie total de 5,754,055-36-31.60 hectáreas**”. Conforme a lo antes indicado, a continuación, se presenta la vinculación de las reglas administrativas aplicables al Proyecto, considerando la actividad de extracción de arena, la cual es la única del Proyecto, que se ubicada dentro de la poligonal del ANP.

Reglas Administrativas	
Regla 1	Las presentes reglas son de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas físicas o morales que realicen actividades dentro de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, localizada en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco, en el Estado de Quintana Roo, con una superficie total de 5, 754,055-36-31.60 hectáreas.
	El promovente en cumplimiento a la presente regla, se compromete a acatar lo establecido en estas disposiciones, para las obras y actividades que se pretenden realizar dentro de la poligonal de la presente ANP, siendo únicamente la relacionada con la extracción de arena.
Regla 4	Cualquier persona que, para el desarrollo de sus actividades dentro de la Reserva de la Biosfera, requiera de autorización, permiso o concesión, está obligada a portarla y presentarla cuantas veces le sea requerida por las autoridades competentes, con fines de inspección, supervisión y vigilancia.
	El promovente en cumplimiento de la presente regla, se compromete a portar y presentar cuantas veces le sea requerido por la autoridad competente, la autorización o permiso correspondiente,

<b>Reglas Administrativas</b>	
	para el desarrollo de las actividades que se llevarán a cabo en el ANP.
Regla 5	<p>Todos los usuarios y visitantes deberán recoger y llevar consigo los residuos sólidos generados durante el desarrollo de sus actividades, y depositarlos fuera de la Reserva de la Biosfera, en los sitios destinados para tal efecto por las autoridades competentes.</p> <p>Es responsabilidad de los prestadores de todo tipo de servicios y de aquellas personas que realicen actividades permitidas dentro de la Reserva de la Biosfera utilizar solamente contenedores, recipientes, envases o cualquier otro tipo de utensilios desechables biodegradables.</p> <p>En ningún caso se permitirá que a través de los servicios o actividades que se desarrollen en el Área Natural Protegida se utilicen materiales desechables no biodegradables tales como PET, unicel, plástico, polietileno y polietileno tereftalato; por lo tanto, cualquier tipo de contenedor, recipiente, envase o utensilio fabricados con estos materiales, deberán desecharse en los sitios de disposición que los prestadores de servicios o, en su caso, la Dirección de la Reserva establezcan previamente.</p> <p>Para dar cumplimiento a lo establecido en esta regla, se manifiesta que la empresa promovente se asegurará de que los residuos sólidos generados durante las actividades realizadas en el ANP, sean depositados fuera de ésta. La disposición y manejo de los mismos se realizará conforme a las medidas descritas en el Capítulo 6 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación, a través de su Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual atiende la legislación aplicable en la materia.</p>
Regla 6	<p>Los usuarios y visitantes deberán cumplir, además de lo previsto en las presentes Reglas Administrativas, con las siguientes obligaciones:</p> <p>[...]</p> <p>III. Respetar la señalización, rutas de navegación, áreas de fondeo, boyas o balizas y las subzonas de la Reserva de la Biosfera;</p> <p>IV. Atender puntualmente las observaciones y recomendaciones formuladas por la Dirección de la Reserva relativas a la protección de los ecosistemas;</p> <p>V. Brindar el apoyo y las facilidades necesarias para que el personal de la CONANP, la PROFEPA, la SEMAR y demás autoridades competentes realicen labores de supervisión, inspección, vigilancia, protección y control, así como en situaciones de emergencia o contingencia, y</p> <p>VI. Hacer del conocimiento del personal de la Dirección de la Reserva de la Biosfera o de la PROFEPA las irregularidades que hubieran observado durante su estancia en el Área Natural Protegida.</p> <p>El promovente manifiesta que dará cumplimiento a los criterios establecidos en esta regla respetando la señalización, rutas de navegación, áreas de fondeo, boyas o balizas y las subzonas de la Reserva de la Biosfera; atendiendo las observaciones y recomendaciones formuladas por la Dirección de la Reserva; brindando apoyo y facilidades a la CONANP, PROFEPA y SEMAR, para que realicen labores de supervisión, inspección, vigilancia, protección y control y en situaciones de emergencia o contingencia; así como haciendo del conocimiento del personal de la Dirección de la Reserva de la Biosfera o a la PROFEPA, sobre irregularidad que se pudieran observar durante el desarrollo de las actividades.</p>
Regla 13	<p>Se requerirá autorización por parte de la SEMARNAT, a través de sus distintas unidades administrativas para la realización de las siguientes actividades, en términos de las disposiciones legales aplicable:</p> <p>[...]</p> <p>v. Obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas de competencia de la Federación, que requieren de una manifestación de impacto ambiental;</p> <p>[...]</p> <p>Con el ingreso de la manifestación de impacto ambiental del Proyecto, a la SEMARNAT, llevado a cabo el 11 de marzo de 2020, se cumple con lo establecido en esta regla.</p>
Regla 34	<p>En la Reserva de la Biosfera se deberá respetar la señalización marítima, rutas de navegación y áreas de fondeo establecidas por las autoridades competentes.</p> <p>En la realización de las obras y actividades que consideren el uso de embarcaciones, se respetará la señalización marítima, se realizará su ruta de navegación por los canales autorizados y se llevará a cabo el fondeo de estas en las áreas establecidas por la autoridad competente.</p>
Regla 36	<p>El uso de embarcaciones no se podrá llevar a cabo en aguas someras, cuando el tamaño de eslora, calado y tipo de propulsión pudieran afectar al hábitat o a las especies de flora y fauna</p> <p>Las embarcaciones que participen en el Proyecto contarán con las características adecuadas para evitar daños al medio ambiente, además de que contarán con las autorizaciones requeridas y se</p>

<b>Reglas Administrativas</b>	
	cumplirá con lo señalado en estas.
Regla 40	Dentro de la Reserva de la Biosfera no podrán realizarse actividades de limpieza o mantenimiento de embarcaciones con uso de sustancias químicas, ni cualquier otra actividad que pueda alterar el equilibrio ecológico del área natural protegida. Para el abastecimiento de combustible deberán tomar las medidas necesarias para evitar el vertido de combustible al mar.
	Tampoco se podrá verter aguas de lastre y achicar sentinas, esto último, salvo en situaciones de emergencia, cuando se trate de embarcaciones mayores.
Regla 41	Tal y como se señala en el Capítulo 2 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación, el mantenimiento, limpieza y reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas se realizará fuera del mar en instalaciones portuarias.
	La reparación de motores u otros equipos que puedan tener como consecuencia derrame de combustibles o aceites, sólo podrá realizarse en casos de emergencia y deberá evitarse el vertimiento de los mismos a fin no dañar a los ecosistemas.
Regla 42	Tal y como se señala en el Capítulo 2 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación, el mantenimiento, limpieza y reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas se realizará fuera del mar en instalaciones portuarias.
	Todas las embarcaciones deberán eliminar el uso de aceites para impermeabilizarlas, y contar con dispositivos adecuados para almacenar sustancias contaminantes durante su estadía en la Reserva de la Biosfera, tales como aceites, combustibles o residuos sólidos.
Regla 43	Para dar cumplimiento a esta regla, en las embarcaciones consideradas para el desarrollo del Proyecto, se evitará el uso de aceites para impermeabilizarlas y se contará con contenedores adecuados para almacenar sustancias contaminantes, tales como aceites, combustibles o residuos sólidos.
	Se permite el fondeo de embarcaciones, únicamente en los sitios definidos por las autoridades competentes para tal efecto. El anclaje sólo se permite en áreas de arenales, sin provocar alteraciones a las áreas de pastos o estructuras arrecifales cercanas.
Regla 44	Para dar cumplimiento a la presente regla, las embarcaciones que requieran de anclaje durante sus maniobras, lo realizarán únicamente en los sitios definidos por la autoridad competente.
	Únicamente en situaciones de emergencia, se permitirá anclarse en zonas con fondo arenoso, libres de corales, responsabilizándose de que la embarcación quede fija al fondo, para evitar el garreo de la misma.
Regla 45	Para dar cumplimiento a la presente regla, las embarcaciones que requieran de anclaje durante sus maniobras, lo realizarán únicamente en los sitios definidos por la autoridad competente.
	Las actividades permitidas sólo podrán realizarse en embarcaciones que cubran las especificaciones que señalen las autoridades correspondientes, y deberán operar en condiciones mecánicas, de limpieza y de seguridad óptimas
Regla 48	Las embarcaciones que participen en el Proyecto contarán con las características adecuadas para evitar daños al medio ambiente, además de que contarán con las autorizaciones requeridas y se cumplirá con lo señalado en estas. Así mismo se asegurará de que estas operen en condiciones mecánicas, de limpieza y de seguridad óptimas.
	En el caso de captura incidental de organismos, éstos deberán ser liberados inmediatamente en el sitio de la captura.
Regla 53	Como se ha mencionado en los Capítulos 5 y 6 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación, en caso de que la malla antidispersión de sedimentos, utilizada durante la extracción de sedimentos, accidentalmente atrape ejemplares de biota marina, estos se liberarán de inmediato, en un punto alejado del área de maniobras y de la malla.
	Queda prohibida la construcción de muelles, espigones, rompeolas, escolleras, embarcaderos, plataformas o cualquier infraestructura, a excepción de arrecifes artificiales; que afecte formaciones coralinas, pastos marinos, dunas o modifique la dinámica costera.
	Como ha sido señalado con anterioridad, la obra de protección costera considerada para su construcción en el Proyecto, se ubica fuera de la poligonal establecida para la Reserva de la Biosfera, por lo que esta regla no aplica para el Proyecto, sin embargo, es preciso señalar que, tal y como fue manifestado a lo largo de los capítulos y anexos presentados en la manifestación de impacto ambiental ingresados a evaluación, la obra de protección costera no afectará formaciones coralinas, pastos marinos, ni modificará la dinámica costera, ya que éste considera las medidas requeridas para evitar o reducir al mínimo efectos adversos originados por el desarrollo del Proyecto. Aunado a lo anterior el Proyecto tiene como uno de sus principales objetivos la recuperación del perfil costero (playa y duna), afectado por el proceso de erosión permanente que registra el área. Así mismo la construcción de la obra de protección costera generará un nuevo

Reglas Administrativas	
	hábitat, que proveerá de mayor heterogeneidad al ambiente y que se espera sea colonizado por especies marinas, de acuerdo a sus cualidades adaptativas y de movilidad, funcionando como un arrecife artificial.
Regla 72	La instalación de boyas o arrecifes artificiales, y los proyectos de recuperación de playas, deberán realizarse sin afectar pastos marinos, arrecifes de coral, duna costera, manglar, o las interacciones entre ecosistemas y servicios ambientales que proveen. Y sin utilizar estructuras que puedan ser desplazadas o lanzadas, en caso de eventos hidrometeorológicos.
	Como ha sido señalado con anterioridad, la obra de protección costera considerada para su construcción, se ubica fuera de la poligonal establecida para la Reserva de la Biosfera, por lo que esta regla no es vinculante para el Proyecto, sin embargo, es preciso señalar que tal y como fue manifestado a lo largo de los capítulos y anexos presentados en la manifestación de impacto ambiental ingresados a evaluación, la obra de protección costera no afectará pastos marinos, arrecifes de coral, manglar, o las interacciones entre ecosistemas y servicios ambientales que proveen, ya que éste considera las medidas requeridas para evitar o reducir al mínimo efectos adversos originados por el desarrollo del Proyecto. Aunado a lo anterior el Proyecto tiene como uno de sus principales objetivos la recuperación del perfil costero (playa y duna), afectado por el proceso de erosión permanente que registra el área.
Regla 73	Los proyectos de protección costera, recuperación de playas, extracción de arena, instalación de arrecifes artificiales y sus obras asociadas, deberán atender lo siguiente:  I. Formar parte de proyectos integrales de recuperación, minimizando los impactos ambientales en zonas aledañas; II. Atender a una problemática natural, sustentada con estudios actualizados de dinámica costera los cuales al menos deben considerar los siguientes: a. La energía en el sistema como vientos, nivel del mar, corrientes marinas locales y de mar profundo, y eventos extremos; b. Características físicas del sistema; c. Batimetría y topografía, incluyendo forma de la costa y obstáculos; d. Estructuras artificiales existentes, y su influencia en la disipación de la energía del oleaje, la modificación de corrientes, transporte y disponibilidad de sedimentos; e. Sedimentos: volumen/cantidad, origen y sus características; f. Ecosistemas presentes, su estado de conservación, extensión y tipo de arrecifes, pastos marinos, dunas ya que son factores influyentes en la dinámica costera, y g. Todos estos factores se deben considerar una escala espacial geográfica adecuada para comprender el funcionamiento del sistema y el impacto de las obras propuestas en él. III. No afectar ni alterar las áreas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de las especies silvestres, en especial de las catalogadas en alguna categoría de riesgo, así como no afectar la alimentación, tránsito y reproducción de las tortugas marinas y otras especies; IV. No afectar los procesos de dinámica costera en el área marina, el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia; V. Contemplar un programa de contingencia ante algún derrame o demás afectaciones a los ecosistemas; VI. Los arrecifes artificiales no podrán colocarse sobre estructuras coralinas; VII. Los proyectos de arrecifes artificiales deberán contar con un plan de modificación o desmantelamiento en caso de que no se cumplan los objetivos por los cuáles fueron instalados o que genere efectos negativos en el área inmediata o aledaña, y VIII. Los proyectos de instalación de arrecifes artificiales con fines turísticos, deberán contar con estudios de capacidad de carga, senderos y señalización.
	Como fue mencionado a lo largo de los capítulos presentados en la manifestación de impacto ambiental ingresada a evaluación, la extracción de arena forma parte de un proyecto integral de recuperación de playas, que atiende a una problemática natural y antropogénica de erosión permanente que registra el área.  El Proyecto en su conjunto, el cual no se ubica en su totalidad dentro de la Reserva de la Biosfera, se encuentra sustentado en estudios actuales de dinámica costera, caracterización ambiental e hidrográficos, mismos que respaldan que éste no afectará los procesos de dinámica costera en el área marina, ni el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia, por el contrario y en particular para este último punto, el Proyecto busca como uno de sus principales objetivos la recuperación y estabilización a largo plazo del perfil costero.  De igual manera, el Proyecto considera las medidas preventivas, de mitigación y compensación que



Reglas Administrativas	
	<p>son necesarias para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos originados por su desarrollo, la cuales fueron presentadas en el Capítulo 6 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación y entre las que se consideran un plan de acción en caso de derrame de combustible. Así mismo, como medida preventiva, se contempla el realizar un monitoreo topobatimétrico, que permitirá corregir y en su caso modificar el diseño del Proyecto, en caso de que no se cumpla con los objetivos proyectados o que genere efectos negativos en el área inmediata o aledaña.</p> <p>Para la obra de protección costera, la cual no se ubica dentro del polígono del ANP, de acuerdo a la caracterización ambiental marina, será construida en la zona identificada como Arenal Somero que, de acuerdo a sus características, corresponde a extensiones de arena fina con escasa biota marina conspicua, y en la que no se registran arrecife de coral, por lo que éste no se verá afectado.</p>
Regla 74	<p>Los proyectos de colocación de hábitats artificiales y las obras y actividades asociadas a dichos proyectos, deberán atender las siguientes indicaciones:</p> <p>I. Sustentar con los estudios correspondientes la viabilidad del sitio seleccionado para la ejecución del proyecto;</p> <p>II. No afectar ni alterar las áreas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de las especies silvestres, en especial de las catalogadas en alguna categoría de riesgo, así como no afectar la alimentación, tránsito y reproducción de las tortugas marinas y otras especies;</p> <p>III. No afectar los procesos de dinámica costera en el área marina, el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia;</p> <p>IV. Contemplar un programa de contingencia ante algún derrame o demás afectaciones a los ecosistemas;</p> <p>V. Los hábitats artificiales no podrán colocarse sobre estructuras coralinas, y</p> <p>VI. Los proyectos de instalación de hábitats artificiales con fines turísticos, deberán contar con estudios de capacidad de carga, senderos y señalización.</p> <p>En cumplimiento a esta regla, la selección del sitio para la extracción de arena se sustentó en estudios de caracterización ambiental marina, hidrográficos y de granulometría, considerando como principales criterios: a) que el sustrato fuera propicio y compatible con el sitio a recuperar en la zona terrestre, b) la capacidad del banco para soportar la extracción del volumen de arena requerido, c) el encontrarse en un ambiente marino que de acuerdo a la caracterización ambiental cuenta con una comunidad biótica prácticamente nula y c) la reducción del efecto acumulativo de impactos por la extracción de arena al considerar el aprovechamiento de un solo banco marino.</p> <p>De acuerdo a los estudios actuales de dinámica costera, caracterización ambiental e hidrográficos, el conjunto de obras y actividades consideradas en el Proyecto, no afectarán los procesos de dinámica costera en el área marina, el sistema playa-duna costera, del área inmediata y de la zona de influencia.</p> <p>De igual manera, el Proyecto considera las medidas preventivas, de mitigación y compensación que son necesarias para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos originados por su desarrollo, la cuales fueron presentadas en el Capítulo 6 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación y entre las que se consideran un plan de acción en caso de derrame de combustible.</p> <p>Para la obra de protección costera, la cual no se ubica dentro del polígono del ANP, de acuerdo a la caracterización ambiental marina, será construida en la zona identificada como Arenal Somero que, de acuerdo a sus características, corresponde a extensiones de arena fina con escasa biota marina conspicua, y en la que no se registran arrecife de coral, por lo que éste no se verá afectado.</p>
Regla 75	<p>Para obras de dragado se deben implementar medidas para minimizar la dispersión del sedimento y evitar el daño a los ecosistemas costeros y marinos, así como realizar acciones preventivas para el manejo y disposición del material producto del dragado.</p> <p>Para dar cumplimiento a la presente regla, durante la actividad de extracción de arena se colocarán mallas antidispersión de sedimentos, para evitar que estos viajen durante el proceso de succión, la mallas serán retiradas una vez que los sedimentos en suspensión se establezcan y se depositen en el fondo sin ocasionar alteraciones en las áreas cercanas.</p>
Regla 76	<p>No se permite la descarga directa de ningún tipo de sustancia de desecho, desagüe o drenaje en los cuerpos de agua, lagunas o mar.</p> <p>Para dar cumplimiento a la presente regla, como medida preventiva ha sido integrada en el Programa de Supervisión Ambiental, el contar con un reglamento para obreros, contratistas, prestadores de servicios y demás personal, que contendrá las prácticas ambientales permitidas y no permitidas durante la realización de las actividades, entre ellas el no arrojar desechos de ningún</p>

Reglas Administrativas	
	tipo al mar.
Regla 81	<p>La instalación de infraestructura, obras y actividades, incluyendo el dragado y mantenimiento de canales, que por su naturaleza puedan provocar impactos derivados de la suspensión de sedimentos, solo podrán autorizarse cuando: a través de estudios de dispersión de sedimentos y la aplicación de medidas de mitigación correspondientes se demuestre la no afectación a especies en categoría de riesgo, arrecifes de coral y a los pastos marinos; así como a los servicios ambientales que estos proveen.</p> <p>[...]</p> <p>De acuerdo a los cálculos realizados para conocer la dispersión de arena en el banco marino de extracción, la longitud de la pluma de dispersión fue estimada en 1.4025 m, esta información puede ser consultada en el Capítulo 2 de la manifestación de impacto ambiental sometida a evaluación. Como medida de mitigación para evitar que los sedimentos en suspensión viajen y puedan ocasionar alteraciones en las áreas cercanas, previo al inicio de la actividad se colocaran mallas antidispersión de sedimentos, que serán retiradas una vez que los sedimentos en suspensión se estabilicen y se depositen en el fondo marino.</p>
Regla 82	<p>Quienes pretendan realizar obras o actividades dentro de la Reserva de la Biosfera deberán contar, en su caso, y previamente a su ejecución, con la autorización en materia de impacto ambiental correspondiente en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, independientemente del otorgamiento de permisos, licencias y autorizaciones que deban expedir otras autoridades, conforme a las disposiciones jurídicas que correspondan.</p> <p>Con el ingreso de la manifestación de impacto ambiental del Proyecto, a la SEMARNAT, llevado a cabo el 11 de marzo de 2020, se cumple con lo establecido en esta regla.</p>

De esta forma, se demuestra el cumplimiento del Proyecto con el del ANP reserva de la biosfera Caribe Mexicano.

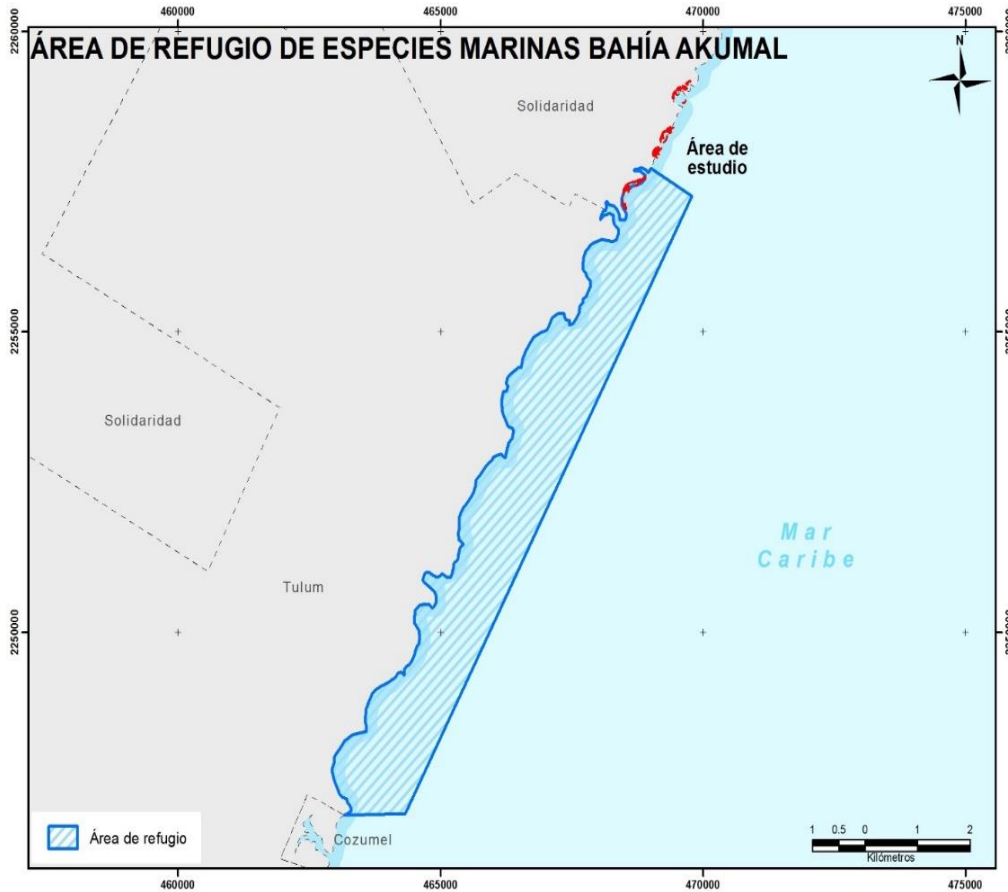
### 3.3.9.2. Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas Bahía de Akumal.

En el artículo 67 de la Ley General de Vida Silvestre se encuentra el fundamento legal para establecer las áreas de refugio con el objeto de proteger especies acuáticas. Publicándose en el Diario Oficial de la Federación de fecha 7 de marzo del año 2016, el “Acuerdo por el que se establece con el nombre de la Bahía de Akumal el área de refugio para la protección de las especies que se indican, la porción marina que se señala en el Estado de Quintana Roo”.

El presente Acuerdo define un polígono de zona marina a partir de la línea de costa, que parte desde la playa frente al poblado de San Miguel, en el municipio de Solidaridad, la Bahía de Akumal Aventuras, Bahía Príncipe, Chemuyil y abarca hasta las playas de Xcacel-Xcacelito y La Esperanza, en el municipio de Tulum. En las costas de los municipios de Solidaridad y Tulum, ambos en el Estado de Quintana Roo, teniendo una superficie de 1,653-43-33.47 hectáreas. La zona conocida como Bahía de Akumal, de enorme riqueza natural por la confluencia de especies y ecosistemas que la distinguen como son los pastos marinos de las especies *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, acompañadas de algas rizofíticas y las tortugas marinas de las especies *Chelonia mydas*, *Caretta caretta* y *Eretmochelys imbricata*.

La promovente del proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” cumplirá con la protección de las especies señaladas en el párrafo anterior apegándose a lo establecido en el artículo tercero del acuerdo de fecha 7 de marzo del año 2016 que señala la administración del Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas denominada Bahía de Akumal, estará a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

**Figura 3. 15.** Señala la Ubicación del proyecto en relación a la localización del Área de Refugio de Especies Marinas Bahía de Akumal ubicado en la zona costera del estado de Quintana Roo.



### 3.3.10. Regiones Prioritarias

De acuerdo a lo señalado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe en el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de este organismo, el cual se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos. Al respecto, la CONABIO ha identificado Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP, ámbitos acuáticos continentales) y Regiones Marinas Prioritarias (RMP, ámbitos costeros y oceánicos).

Las RTP corresponden a unidades físico-temporales estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica y una presencia de especies endémicas comparativamente mayor que en el resto del país, así como por una integridad biológica significativa y una oportunidad real de conservación. Esto último implicó necesariamente considerar las tendencias de apropiación del espacio por parte de las actividades productivas de la sociedad a través del análisis del uso del suelo.

Por su ubicación, el proyecto se encuentra aledaño a algunas regiones prioritarias, tal y como se puede observar en las figuras que se insertan más adelante, no obstante, es necesario indicar que el desarrollo del mismo no perjudicará las condiciones de estas zonas, además de que no existen instrumentos normativos que restrinjan actividades en las diversas regiones prioritarias indicadas por la CONABIO, por lo que no existe impedimento legal para realizar proyectos. No obstante, la designación de un sitio como una región prioritaria debe considerarse como un compromiso intrínseco de conservación, de tal forma que cualquier desarrollo en estas áreas deberá contemplar medidas adicionales que reduzcan el impacto directo o indirecto a la biodiversidad.

### **3.3.10.1.** *Regiones Marinas Prioritarias.*

El proyecto “Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”, Se localiza en la **Región Marina Prioritaria número 64** denominada **Tulum-Xpu ha**, perteneciente al estado de Quintana Roo, con una extensión de 743 Km<sup>2</sup> en la cual se pueden resaltar sus aspectos económicos consistentes en la zona de pesca media, artesanal y cooperativa con grandes desarrollos hoteleros y áreas turísticas crecientes.

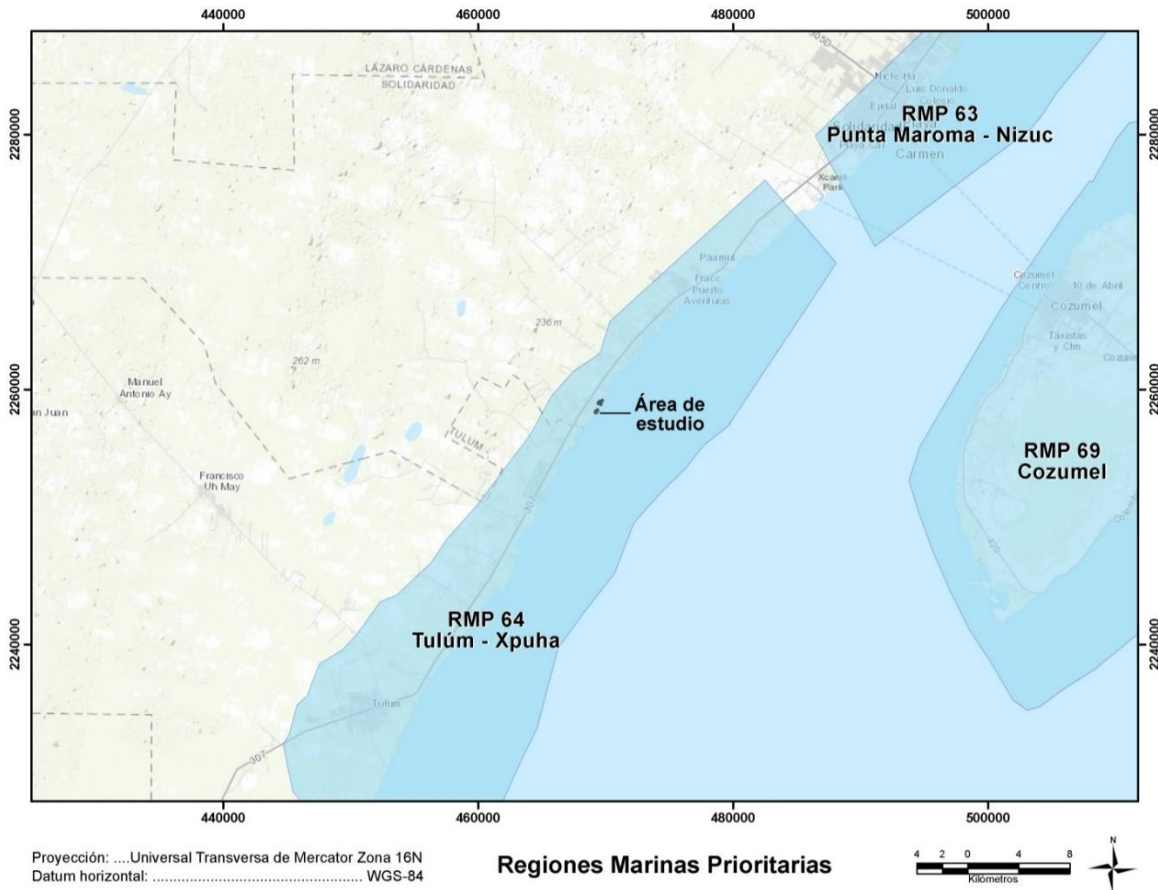
120

De las problemáticas que presenta esta Región Marina Prioritaria es la modificación del entorno, contaminación, uso de recursos y falta de regulación.

Dentro de las medidas de conservación establecidas en el proyecto, se encuentran apegadas a las disposiciones sugeridas en la Región Marina prioritaria 64, como es la aplicación del Plan de Manejo para Realizar Actividades de Aprovechamiento No Extractivo del Desarrollo Turístico Sirenis, el cual fue autorizado Dirección de Vida Silvestre, mediante el oficio SGPA/DGVS/11332/16 de fecha 28 de octubre del 2016. Así mismo el proyecto cumplirá con las disposiciones que sean emitidas por la CONANP, quien es la encargada de administrar el Área de Refugio para la Protección de Especies Marinas denominada Bahía de Akumal.

Para concluir el proyecto demuestra el cumplimiento a las medidas de conservación señaladas en la presente región Marina legal para la conservación de humedales acreditándolo, a través de las vinculaciones con la Norma-022-Semarnat-2003 “Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar”.

**Figura 3. 16.** Señala la ubicación donde se desarrollará el proyecto respecto a las Regiones Marinas Prioritarias localizadas en el estado de Quintana Roo.



Con lo anterior en consideración, se vinculan las problemáticas de esta RMP con el Proyecto.

**Tabla 3. 32.** Vinculación de la RMP con el proyecto

PROBLEMÁTICA	PROYECTO
Modificación del entorno: Dragas, relleno de áreas inundables, deforestación. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras y turísticas. Blanqueamiento de corales.	El Proyecto de ningún modo pretende afectar a los ecosistemas presentes y realizar las actividades descritas en esta problemática.
Contaminación: Por basura y aguas residuales.	El SMGA establece distintas medidas de mitigación y compensación para hacer frente a estas problemáticas.
Uso de recursos: Presión sobre manatí y tortugas.	No se realizarán actividades de pesca en el Proyecto. Asimismo, no se prevé el aprovechamiento de ninguna especie enlistada en esta problemática.



PROBLEMÁTICA	PROYECTO
Regulación: Falta de normatividad en caletas y cenotes por parte del sector turístico.	La regulación y reglamentación de estos elementos son obligaciones dirigidas a las autoridades correspondientes.

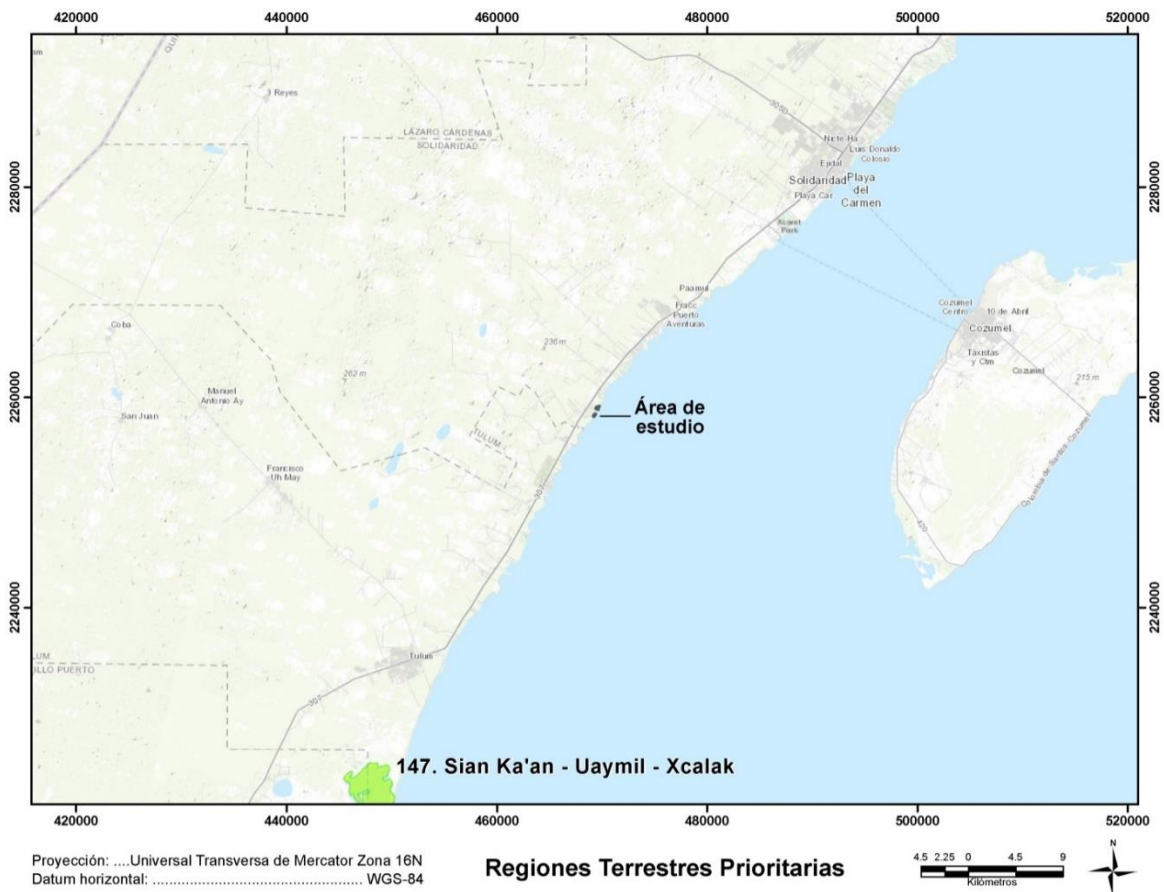
De esta forma, se es compatible con lo establecido para esta RMP.

**3.3.10.2. Regiones Terrestres Prioritarias**

Las Regiones Terrestres Prioritarias, destacan por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

De acuerdo a la ubicación del predio, éste no se ubica dentro de ninguna RTP.

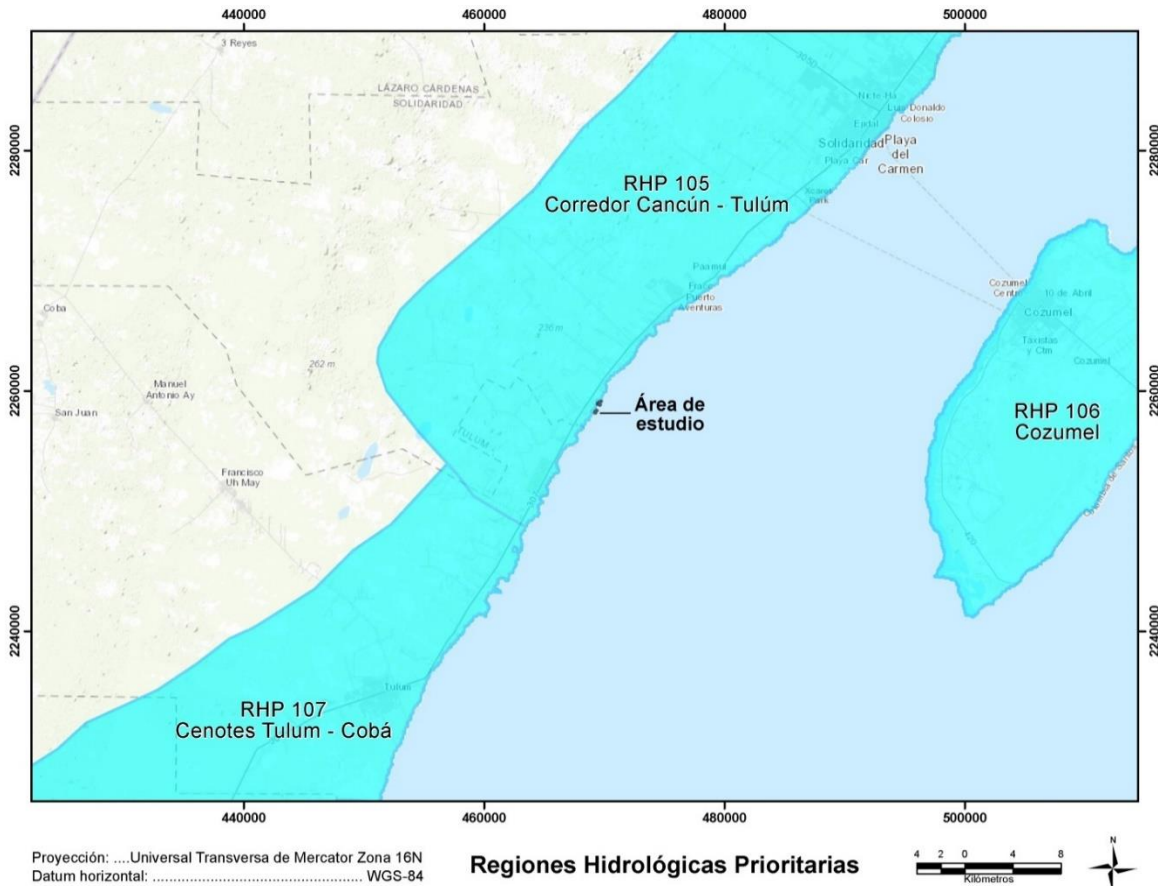
**Figura 3. 17.** Señala la ubicación de las Regiones Terrestres Prioritarias cercanas al proyecto.



**3.3.10.3. Regiones Hidrológicas Prioritarias**

La CONABIO formuló el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido.

**Figura 3. 18.** Señala la ubicación de las Regiones Hidrológicas Prioritarias cercanas al proyecto.



Las Problemáticas identificadas en esta Región son las siguientes:

1. Modificación del entorno: Perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, deforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
2. Contaminación: Aguas residuales y desechos sólidos.
3. Uso de recursos: Pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera tasiste*.

Al respecto, la promovente manifiesta lo siguiente:

1. Si bien el Proyecto considera la modificación del entorno, ya que se realizarán afectaciones a la vegetación y línea de costa, estas modificaciones serán en general positivas, recuperando la playa adyacente al predio. Asimismo, se llevarán a cabo acciones de mitigación que contribuyan a disminuir las afectaciones al SAR y, por consiguiente, a la RHP. Dentro de estas acciones se llevará a cabo un programa de rescate de las especies prioritarias y de las catalogadas en la NOM059-SEMARNAT-2010 identificadas en las áreas del proyecto y el establecimiento de áreas de conservación. Aunado a lo anterior, el Proyecto no contempla las actividades señaladas en esta problemática, por lo que no contribuirá al incremento de la misma.

En añadidura, es importante señalar que el proyecto no representa una obra de ingeniería de gran impacto y, aunado a lo anterior, no se talarán especies de manglar, ni se realizará el relleno de áreas inundables ni se generarán canales.

2. Se cumple, ya que el Proyecto, bajo ningún motivo realizará descargas de aguas residuales y desechos sólidos.
3. Se cumple, en consideración de que no se prevén ejecutar las acciones enlistadas en esta problemática.

Con base en lo anterior, se destaca que el Proyecto no aumentará los problemas existentes en dichas esta Región, ya que considera la aplicación de medidas de mitigación que y prevención para mantener las condiciones ambientales que prevalecen en la zona. Con la debida observación y cumplimiento de lo que las normas oficiales mexicanas establecen en materia de agua, así como las leyes que en la materia aplican, no existe contravención alguna entre el proyecto y lo que se considera para la RHP en que el mismo se ubica.

#### **3.3.10.4.** *Sitios Prioritarios*

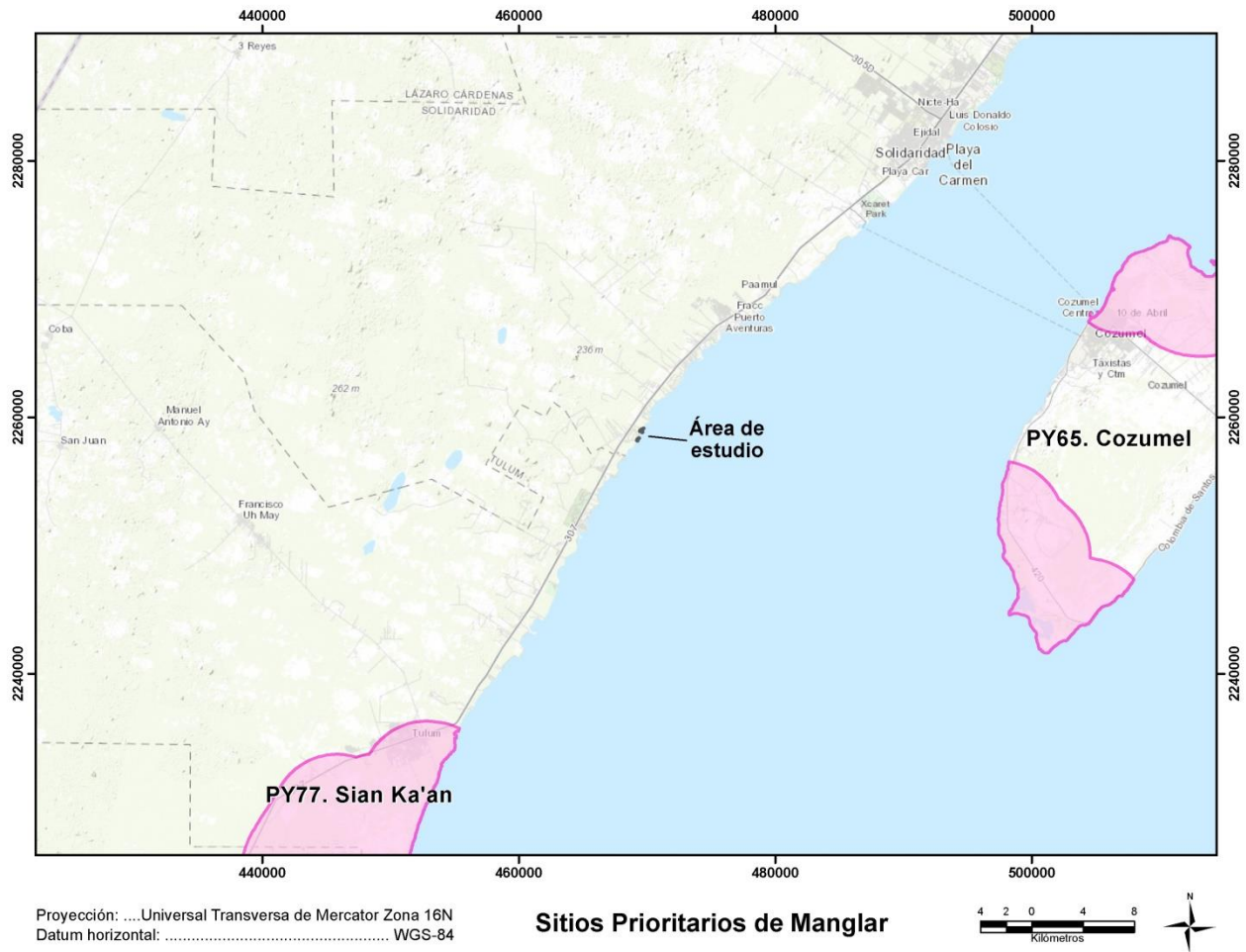
A continuación, se presentan tres tipos de Sitios Prioritarios reconocidos por la CONABIO.

#### **3.3.10.5.** *Sitios Marinos Prioritarios*

Estas son áreas designadas por contener ecosistemas de importancia crítica, ya que en ellos habitan una gran cantidad de especies tanto endémicas como de distribución amplia y al mismo tiempo son sitios importantes de reproducción, anidación, descanso y alimentación de la fauna marina y aves migratorias.

La delimitación de estos Sitios constituye un avance con respecto a las Regiones Marinas Prioritarias (RMP), debido principalmente a que se realizó una delimitación más detallada y de mayor resolución de los sitios costeros y oceánicos en comparación con las RMP que son áreas generalizadas.

**Figura 3. 19.** Señala la ubicación donde se desarrollará el proyecto respecto a los sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad.



El sitio prioritario para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México número 75, denominado “Ríos Subterráneos y Caletas de Akumal-Tulum” es un sitio calificado como “Muy Importante”. Esto se debe a la presencia de las especies conocidas como dama blanca ciega (*Typhliasina pearsei*) y anguila ciega de Yucatán (*Ophisternon infernale*); también es la zona con mayor aporte de agua dulce al mar, es el último hábitat de manatí (*Trichechus manatus*) hacia el norte y representa la conexión de estas poblaciones con las del Sur; asimismo, es el lugar donde se reporta el número más importante de anidaciones en el estado y en México para las especies de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) y tortuga caguama (*Caretta caretta*). Este es el único sitio prioritario para la conservación colindante con el proyecto.

### 3.3.10.6. Sitios Terrestres Prioritarios

Estos sitios permiten definir a los sitios prioritarios en la República Mexicana para la conservación de su biodiversidad terrestre.

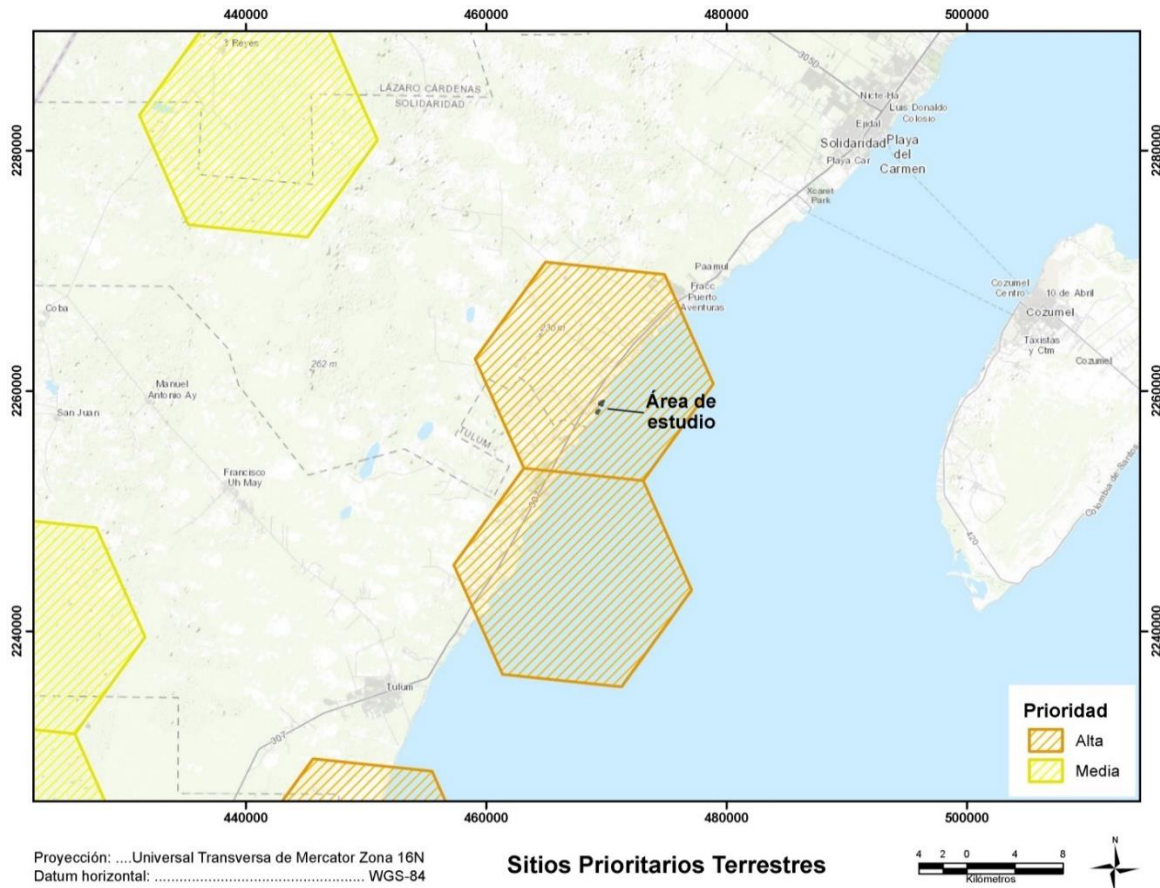
La delimitación de estos constituye un avance con respecto a las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), debido principalmente a que en este ejercicio se hizo una delimitación más



detallada y de mayor resolución de los sitios terrestres en comparación con las RTP que son áreas generalizadas.

El proyecto se ubica dentro de un Sitio Prioritario de prioridad alta, por lo que se establecerán medidas de conservación para el desarrollo de la biodiversidad dentro del proyecto, mismas que se encuentran descritas en el Capítulo 6 de esta MIA-R.

**Figura 3. 19.** Señala la ubicación donde se desarrollará el proyecto respecto a los sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad.

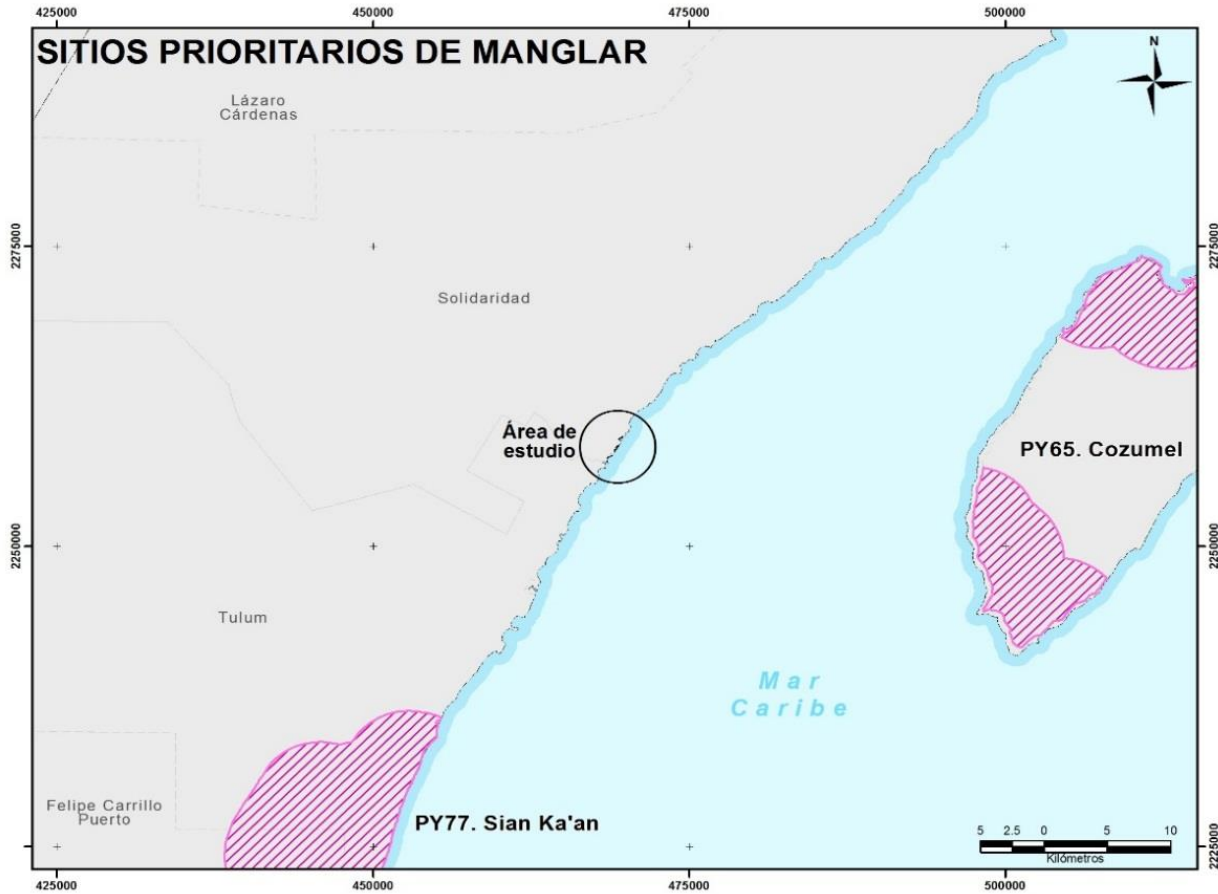


**3.3.10.7. Sitios Prioritarios de Manglar**

El área del Proyecto no se encuentra dentro de ningún Sitio Prioritario de Manglar.



**Figura 3. 20.** Señala la ubicación del proyecto respecto a los Sitios Prioritarios de Manglar.

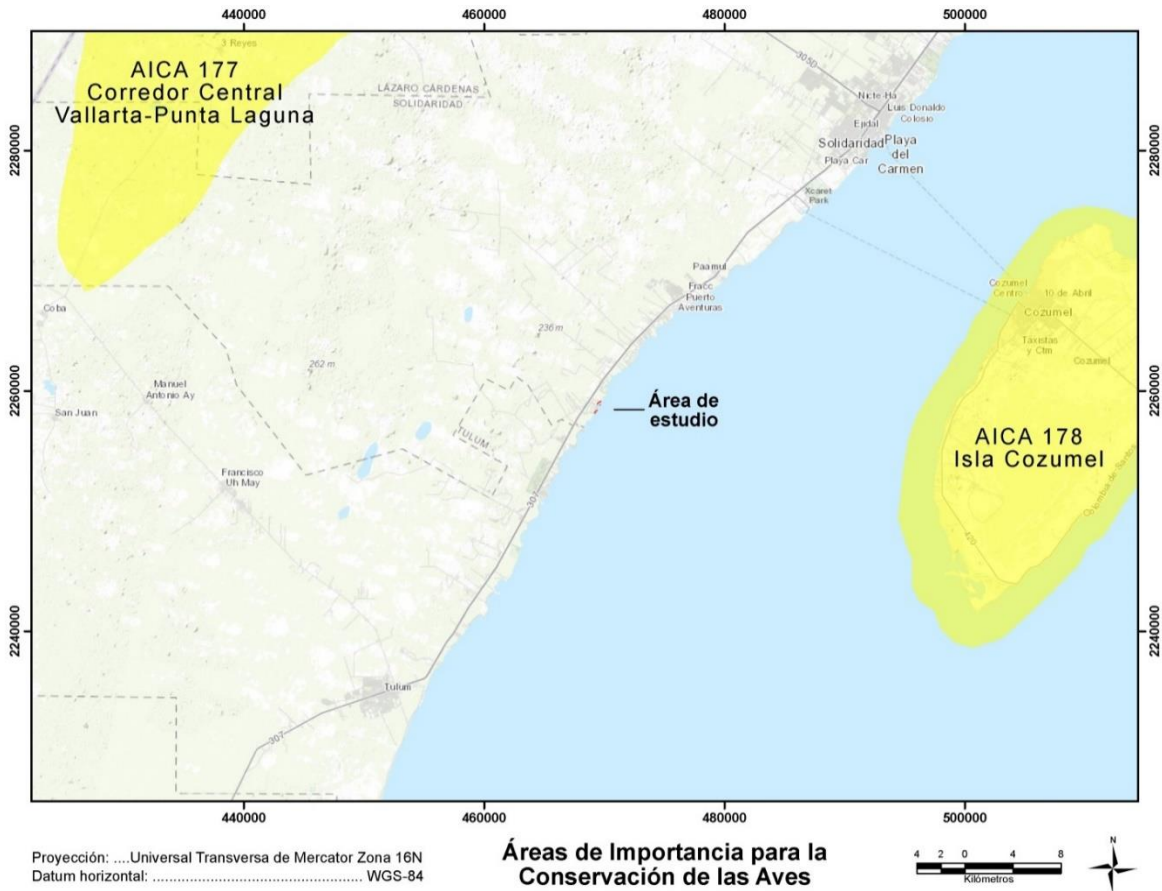


**3.3.10.8.** *Áreas Prioritarias para la Conservación de las Aves (AICAS)*

El programa de las AICA'S surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

El predio no se ubica dentro del ámbito de aplicación de alguna AICA.

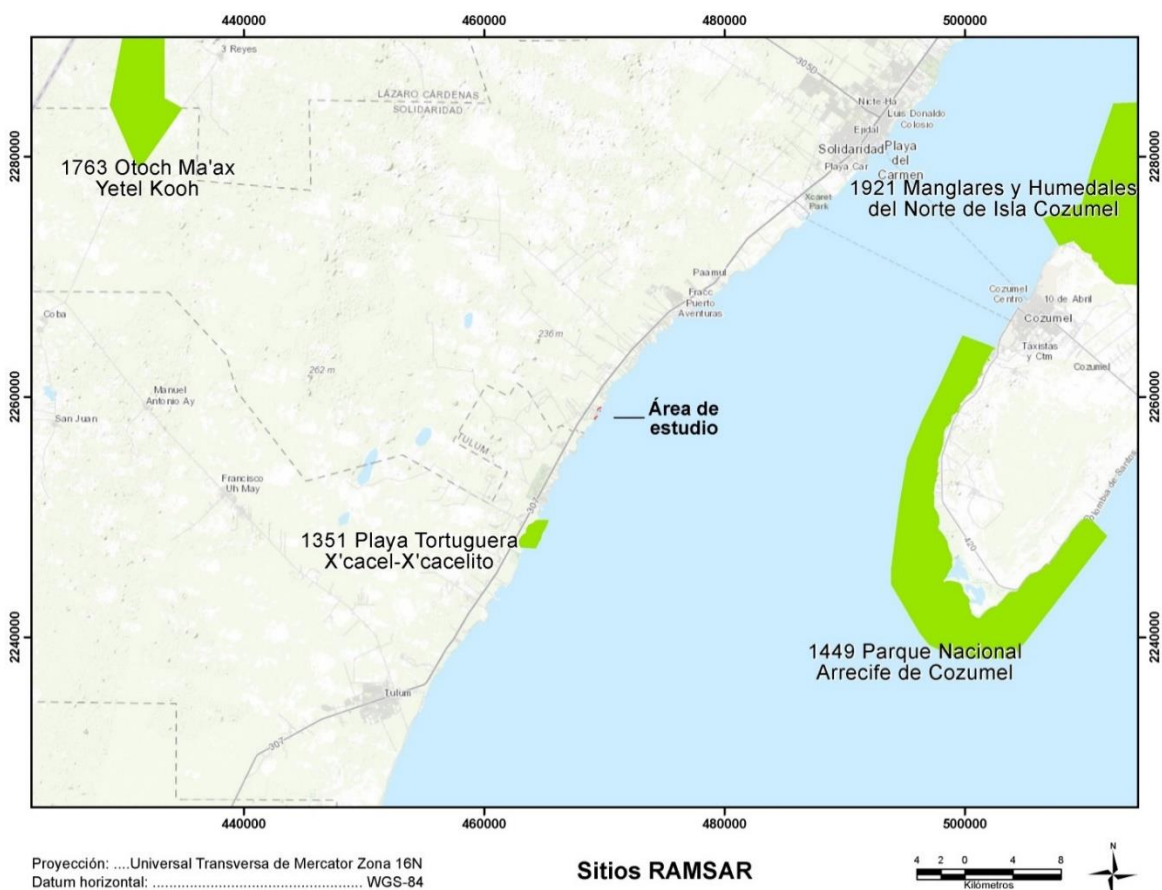
**Figura 3. 21.** Señala la ubicación del proyecto respecto a las AICAS cercanas al mismo.



**3.3.10.9. Sitios RAMSAR**

Los Humedales de Importancia Internacional, mejor conocidos como Sitios Ramsar, son áreas que han sido reconocidas internacionalmente al asignarles una designación de acuerdo a los criterios establecidos por la “Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas” (Convención Ramsar), tratado internacional del que México es parte. En México hay 142 Humedales de Importancia Internacional, ocupando el segundo lugar a nivel mundial.

**Figura 3. 22.** Señala la ubicación del proyecto respecto a los Sitios Ramsar.



### 3.4. Conclusiones legales

El proyecto **“Mejoramiento y Estabilización de Playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis”**, tiene por objeto principal mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, lo que permitirá el uso seguro y cómodo por parte de los visitantes que arriben al lugar.

De conformidad con el análisis realizado a lo largo del presente capítulo puede observarse que el proyecto garantiza el cumplimiento y apego estricto a lo dispuesto en las Leyes, Reglamentos, Decretos, así como los instrumentos normativos de planeación y ordenamiento territorial que le son aplicables. Después de un exhaustivo estudio del marco jurídico ambiental antes citado, la Promovente ha demostrado mediante el presente Capítulo 3, que el Proyecto da cumplimiento a todos los criterios de regulación ecológica aplicables. Teniendo contemplado que los impactos ambientales negativos a generarse por la realización de las acciones operativas que integran el proyecto son mitigables. Durante la etapa de construcción y/o ejecución se aplicará el Sistema de Manejo y Gestión Sostenible, diseñado de manera específica para el proyecto, entendiéndose que al ser concluido el proyecto generará varios beneficios al medio ambiente marino como terrestre. Finalmente se resalta que mediante la implementación del Proyecto. La Promovente generará acciones necesarias para proteger la seguridad de sus huéspedes, empleados y cualquier individuo que se encuentre en la zona del proyecto incluyendo los ecosistemas marinos y terrestres para cuales se tiene la obligación legal, la convicción ecológica y el

compromiso social de ser conservados. Por último; se puede apreciar que, por la naturaleza propia del proyecto, pretende mejorar la playa que se encuentran frente al Desarrollo Turístico Sirenis, permitiendo el uso seguro y cómodo por parte de los visitantes, generando condiciones más favorables para el uso del litoral por parte del turismo, cuyos resultados positivos podrán ser evaluados a través de la observación de sus efectos en el tiempo.



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:  
DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 4**



---

## CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

---

### 4.1. Introducción

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico en materia de Impacto Ambiental (REIA) establece en el artículo 13 que la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) deberá contener la “*descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región*”. Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en dicho artículo se presenta este capítulo, el cual tiene como objetivo delimitar, describir y analizar de manera integral el Sistema Ambiental Regional (SAR) que constituye el entorno en donde se plantea la inserción del Mejoramiento y estabilización costera: Desarrollo Turístico Grand Sirenis (en adelante el Proyecto), así como identificar los principales procesos relacionados a la estructura y función de los componentes ecológicos presentes y con ello detectar los posibles efectos tanto positivos como negativos que pudiera generar el desarrollo del Proyecto en la región.

El SAR se define como el “espacio geográfico descrito, delimitado e integrado estructural y funcionalmente por varias unidades ambientales”. En este sentido, el calificativo regional se manifiesta como parte de la región ecológica, concepto que se encuentra definido en el Artículo 3, fracción IV de la LGEEPA como: “*la unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes*”. Bajo esta premisa, el SAR constituye la región geográfica donde los impactos acumulativos<sup>1</sup>, sinérgicos<sup>2</sup> y residuales<sup>3</sup>, generados en las diversas etapas del proyecto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, tal y como se establece en el inciso IV del artículo 11 del REIA.

A través de la descripción del SAR se analizan las características y circunstancias de los componentes ambientales, que potencialmente interactuarán con el proyecto en un contexto ecosistémico, conforme se establece en el artículo 30 de la LGEEPA y la evaluación de impactos en el capítulo 5 de esta MIA-R.

Para la delimitación, descripción y análisis del SAR se consideró información técnica generada por diversos especialistas tanto del medio biótico como del abiótico, quienes han fundamentado su opinión en el análisis de antecedentes en la región, estudios de campo y laboratorio, así como estudios de gabinete. Es importante destacar que la información obtenida se utilizó como parte fundamental para el planteamiento y diseño del Proyecto.

Tanto para la parte terrestre como para la marina se eligió cuidadosamente la escala apropiada para analizar cada componente. De esta forma toda la información relativa a la descripción del medio natural se analizó según los siguientes niveles de extensión geográfica:

---

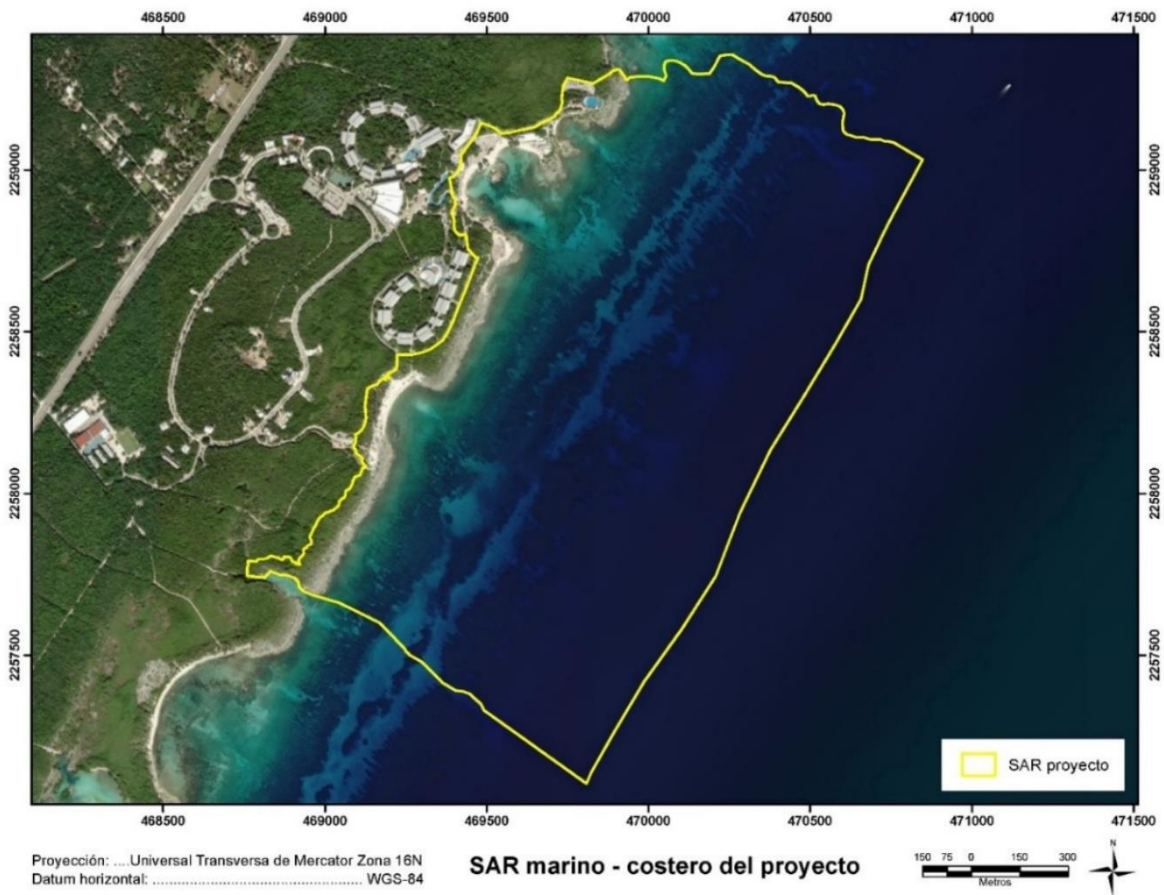
<sup>1</sup> Impacto ambiental acumulativo.- El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (REIA, Artículo 3, fracción VII).

<sup>2</sup> Impacto ambiental sinérgico.- Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente (REIA, Artículo 3, fracción VIII).

<sup>3</sup> Impacto ambiental residual.- El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación (REIA, Artículo 3, fracción X).

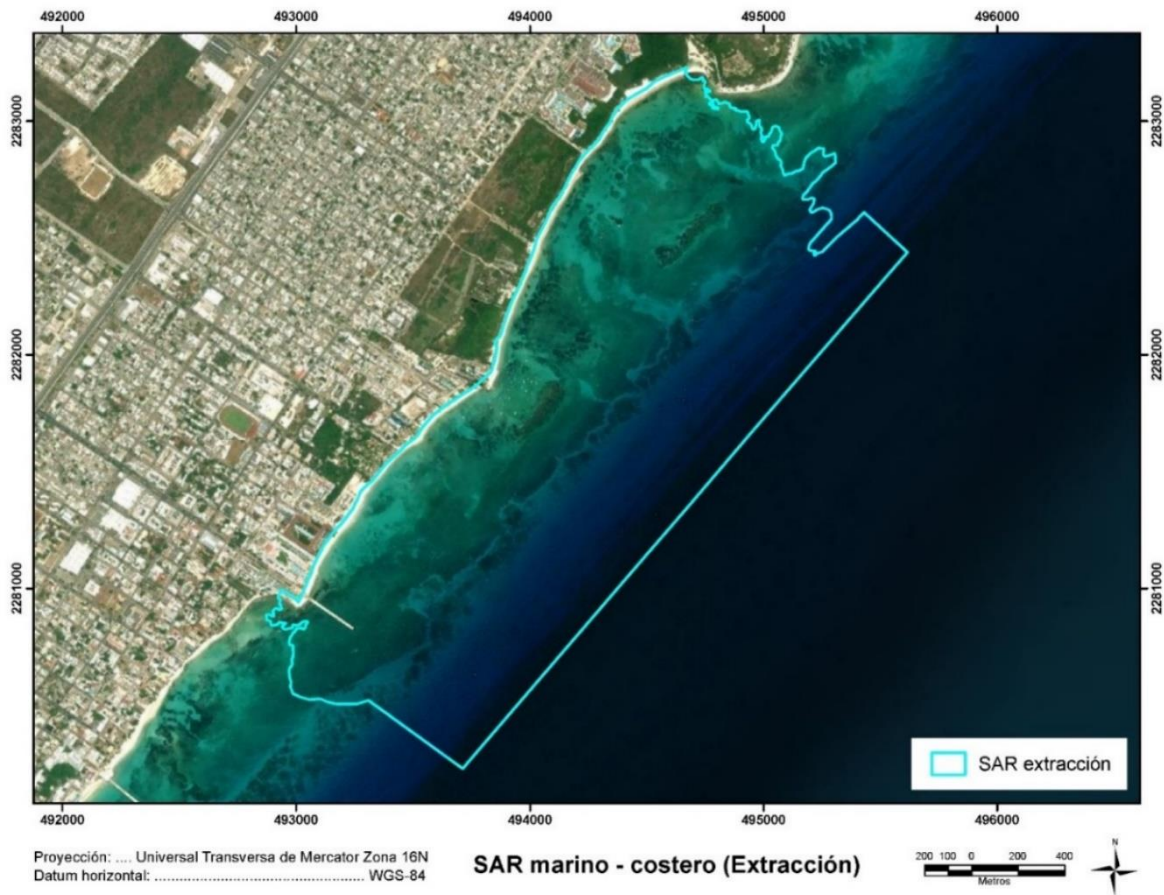
a) El Sistema Ambiental Regional Marino Costero del Proyecto (SAR), Figura 4.1.

**Figura 4. 1.** Sistema Ambiental Regional Marino Costero del proyecto.



b) El Sistema Ambiental Regional Marino Costero de extracción (SAR), Figura 4.2.

**Figura 4. 2.** Sistema Ambiental Regional Marino Costero de extracción.



Por otra parte, se realizaron estudios particulares para temas o puntos importantes detectados, los cuales se señalan a continuación:

Anexo	Estudio / Tema	Responsable / Empresa	Especialidad
4.1.	Cuadro de coordenadas SAR marino costero proyecto.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Geografía, cartografía, SIG
4.2.	Cuadro de coordenadas SAR marino costero extracción.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Geografía, cartografía, SIG
4.3.	Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Ingeniería costera, hidrogeología, geofísica, procesos costeros y estudios oceanográficos
4.4.	Descripción Técnica de Estudios Hidrográficos para el Proyecto de Mejoramiento de Playas frente a Grand Sirenis Riviera Maya Resort.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Servicios Científicos y Tecnológicos; Servicios de análisis e Investigación Industrial
4.5.	Recomendación de la alternativa estructural para la restauración de playas frente al complejo turístico "Grand Sirenis"	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Estabilidad de playas y diseño y evaluación de la hidrodinámica de estructuras marítimas

Anexo	Estudio / Tema	Responsable / Empresa	Especialidad
4.6.	Caracterización florística del predio Sirenis, Quintana Roo.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en vegetación, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos.
4.7.	Informe de monitoreo de vegetación del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis”.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en vegetación, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos.
4.8.	Informe de monitoreo de fauna del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya”.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en fauna terrestre, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos, edición técnica del informe.
4.9.	Informe de monitoreo de fauna del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya”. Segundo Semestre.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en fauna terrestre, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos, edición técnica del informe.
4.10.	Informe de Monitoreo de Calidad del Agua. Alberca Grand Sirenis.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Gerente de Estudios Ambientales, coordinación del monitoreo, análisis de datos, edición técnica del informe.
4.11.	Caracterización-zonificación ambiental y actividades turísticas potenciales para la zona costera y marina del Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en ecología de arrecifes coralinos, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos, edición técnica del informe.
4.12.	Quinto informe del Subprograma de Monitoreo Ambiental Marino del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en ecología de arrecifes coralinos, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos, edición técnica del informe.
4.13.	Estudio Hidrogeológico Para El Proyecto Grand Sirenis, Riviera Maya, Quintana Roo.	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en hidrogeología.
4.14.	Caracterización biológica marina para dos bancos de arena. Desarrollo Turístico Grand Sirenis	INFOERMACIÓN CONFIDENCIAL	Especialista en ecología de arrecifes, trabajo de campo, coordinación de datos y reporte, análisis de datos, edición técnica del informe.

En este capítulo no se incluye la información completa de todos los estudios técnicos realizados, sino sólo la que es relevante para la descripción del entorno del Proyecto y la identificación y evaluación de sus impactos. Los estudios íntegros se ubican en los Anexos 4.1 a 4.14.

En la siguiente Tabla 4. 1, se muestra la estructura bajo la cual se presenta la información generada y los distintos niveles de extensión geográfica que comprendieron los estudios ambientales realizados.

**Tabla 4. 1.** Estructura general del Capítulo 4.

CONTENIDO			NIVEL DE EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO
Delimitación del área de estudio	Fundamento técnico	Caracterización del medio físico, caracterización ambiental terrestre y marina.	SAR marino costero del proyecto SAR marino costero de extracción

CONTENIDO		NIVEL DE EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	
Descripción Ambiental	<b>Caracterización del SAR</b>		
	Aspectos abióticos	Clima	Península de Yucatán
		Fenómenos climatológicos	SAR
		Radiación solar	Península de Yucatán
		Calidad atmosférica	Península de Yucatán
		Geología, geomorfología y fisiografía	Península de Yucatán, Municipio y SAR
		Suelos	Península de Yucatán y SAR terrestre
		Hidrología	Península de Yucatán
		Geohidrología	Península de Yucatán
		Microtopografía	Frente costero del predio DTS.
	Aspectos bióticos	Hidrografía y oceanografía costera (batimetría, modelación numérica, mareas, oleaje, granulometría)	Costa de Quintana Roo, SAR marino
		Vegetación terrestre	SAR terrestre Predio DTS
		Fauna (vertebrados terrestres)	SAR terrestre Predio DTS
	Unidades ambientales	Biota marina	SAR marino Bancos de arena
		Contexto regional	SAR terrestre SAR marino
Aspectos socioeconómicos	Contexto regional	Municipal	
Análisis ambiental	<b>Diagnóstico Ambiental Regional</b>		
	Estructura y función del SAR	Clima	SAR terrestre SAR marino
		Geología, geomorfología y fisiografía	SAR terrestre
		Suelo	SAR terrestre
		Hidrología y geohidrología	SAR terrestre
		Hidrografía y oceanografía costera	SAR marino
		Vegetación terrestre	SAR terrestre
		Fauna terrestre	SAR terrestre
		Biota marina	SAR marino
		Uso del suelo	Municipal
	<b>Tendencias de Desarrollo y/o Deterioro</b>		
	Pronóstico ambiental	Escenarios futuros	SAR terrestre SAR marino Frente costero del DTS
		Flora y fauna	Predio DTS
		Humedales	Predio DTS
		Biota marina	SAR marino
		Hidrografía y oceanografía costera	SAR marino
		Paisaje	SAR terrestre SAR marino Frente costero del DTS



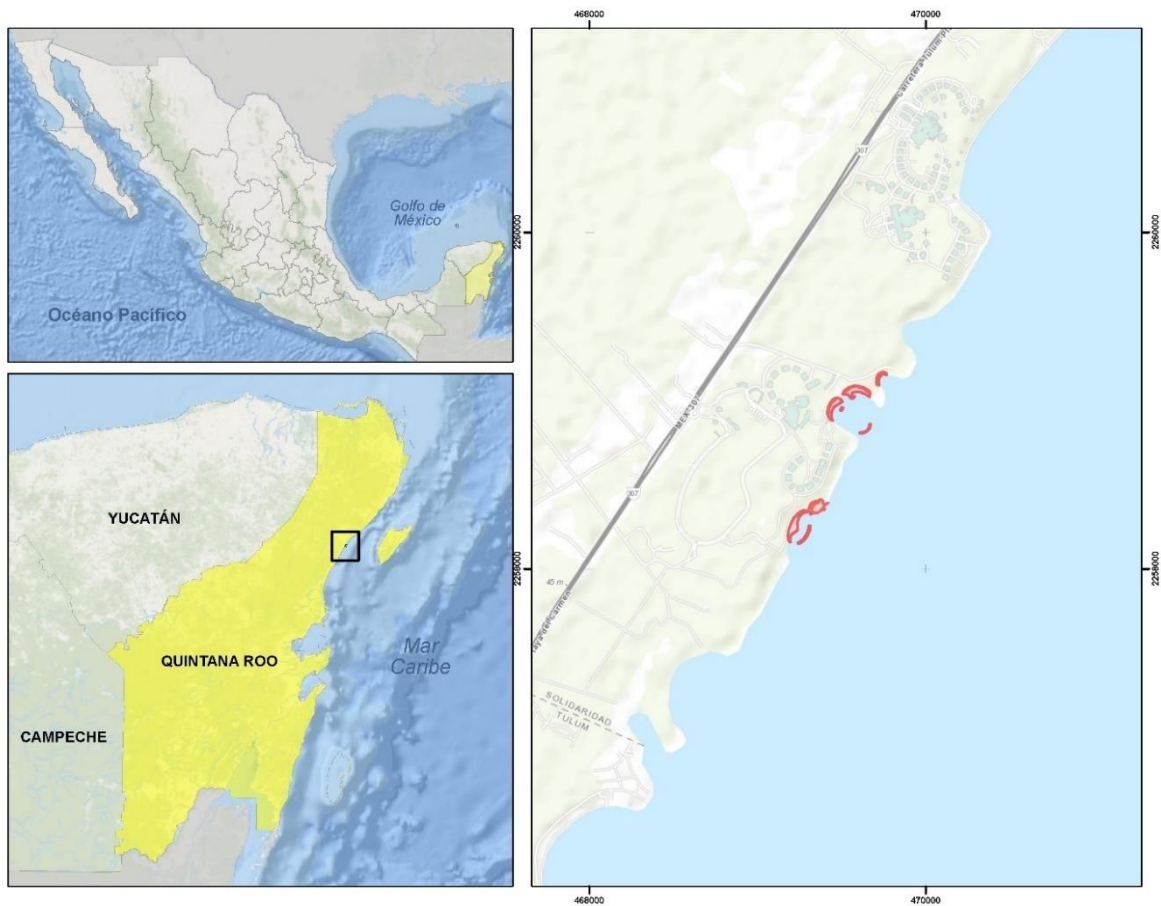
## 4.2. Delimitación del área de estudio

### 4.2.1. Ubicación del predio del Proyecto

El área donde pretende desarrollarse el proyecto se encuentra aproximadamente a 30 km al suroeste de Playa del Carmen, a 29 km al noreste de la Ciudad de Tulum y a 2.5 km al noreste del poblado de Akumal, en Quintana Roo.

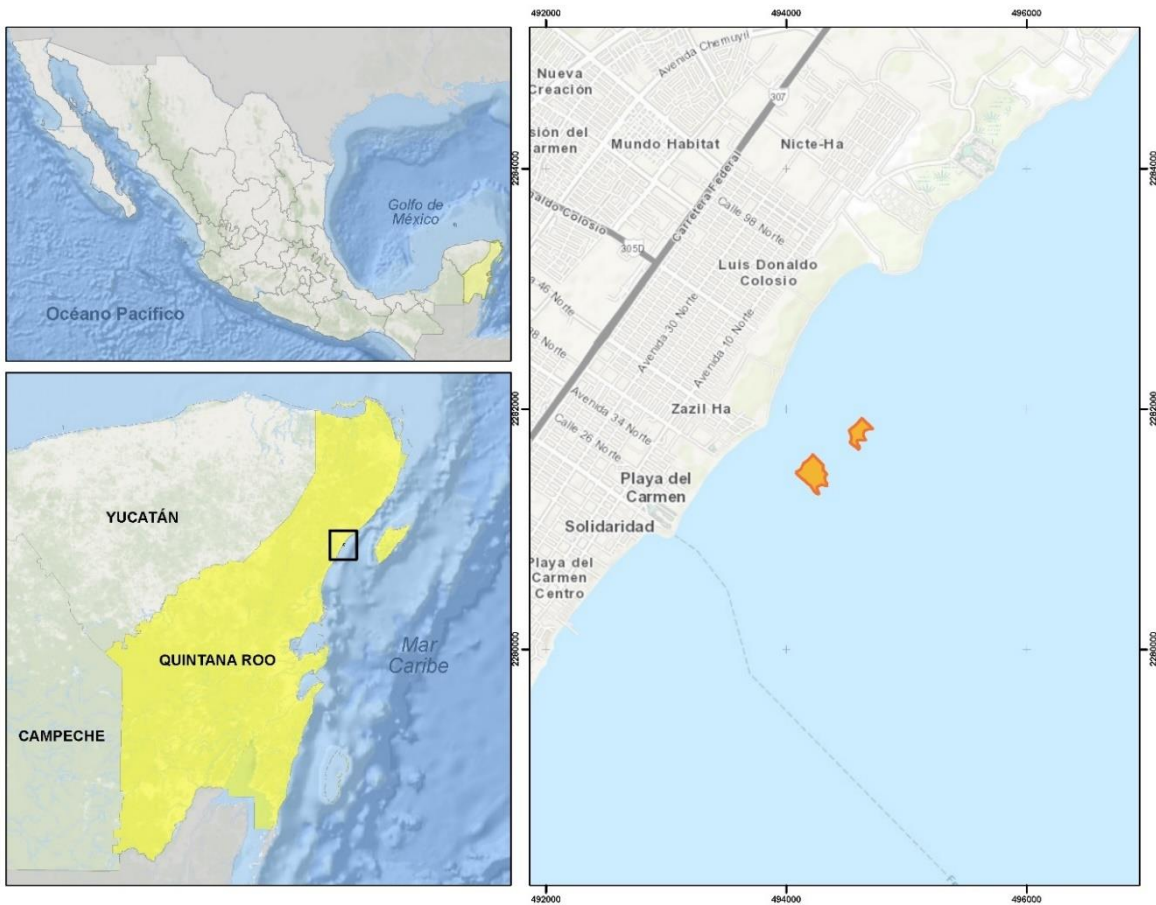
Consiste en una porción terrestre, que se delimita con el matorral costero presente en el interior del predio Grand Sirenis y desde la línea de costa hasta la cota de los 200 m, en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. (Figura 4. 3).

**Figura 4. 3.** Ubicación del proyecto



El Proyecto también pretende aprovechar de forma temporal dos bancos de arena, ubicados frente a la ciudad de Playa del Carmen, también en el Municipio de Solidaridad en Quintana Roo (Figura 4.4)

**Figura 4. 4** Ubicación de los bancos de arena.



Las coordenadas extremas del polígono donde pretende desarrollarse el proyecto se presenta en la Tabla 4. 2.

**Tabla 4. 2.** Coordenadas extremas del polígono donde pretenden desarrollarse las obras y actividades que conforman el Proyecto (Para más detalle ver el Anexo 4.1 ).

Vértice	X	Y
1	470847.17	2259032.24
2	470656.40	2258600.81
3	470208.03	2257744.83
4	469808.73	2257104.29
5	469362.64	2257416.81
6	468760.66	2257745.86
7	468761.57	2257792.07
8	469131.65	2258321.80
9	469224.65	2258429.02
10	469384.12	2258973.73
11	469483.03	2259144.31
12	469748.53	2259283.78
13	470067.97	2259339.16
14	470238.63	2259355.03

#### 4.2.2. Definición del Sistema Ambiental Regional marino costero de Proyecto y Extracción

Para efectos de esta MIA-R, el Sistema Ambiental Regional o SAR se entiende como la unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental. Su extensión se basó en el concepto de Unidades Naturales, definidas a partir de los límites de los ecosistemas presentes en el área donde va a establecerse el proyecto. Es una herramienta objetiva, inventariable y cartografiable que constituye el sistema de referencia para analizar el efecto del proyecto en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

La metodología para la delimitación del SAR (según lo solicita el artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental), consistió en su delimitación preliminar tanto marina como terrestre, basada en la información disponible de documentos oficiales. Asimismo, un equipo de especialistas en materia ambiental y de desarrollo analizaron, desde sus ópticas, esta delimitación ajustándola para obtener el SAR final. Tal y como se menciona con anterioridad, conforme a las características de la región los niveles de aproximación y/o escala obedecen a las extensiones territoriales que se expresan en la Tabla 4. 1, es decir, los análisis correspondientes al SAR son considerablemente diferentes en escala a los desarrollados para las áreas de aprovechamiento del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, para la delimitación y definición del SAR se tomaron en cuenta criterios técnicos, normativos y de planeación, que permitieron incrementar la certidumbre jurídica y técnica del proyecto. Los aspectos considerados en cada uno fueron los siguientes:

- Diferentes instrumentos de planeación.- Se consideraron instrumentos de ordenamiento territorial como el POEL del Municipio de Solidaridad, que lo ubica dentro de la UGA 15, con una política de conservación y el PDU del Municipio de Solidaridad, que le asigna un uso Urbano.
- Instrumentos regulatorios o normativos.- Se consideró lo establecido en el POEMGMyMC para la UGA 139 y 178 donde se encuentra el proyecto. También se analizaron los Programas de Manejo o decretos de áreas naturales protegidas cercanas al área del proyecto, entre otros instrumentos.
- Estudios previos realizados en la zona.- Se consideraron los resultados obtenidos de los estudios de monitoreo y caracterización realizados en años anteriores para el proyecto "Desarrollo Turístico Sirenis", así como estudios científicos realizados por diversas instituciones en áreas cercanas a la zona donde pretende ubicarse el proyecto.
- Condiciones ambientales actuales.- Se analizaron imágenes de satélite y se realizaron recorridos de campo para identificar las zonas perturbadas o los elementos que fragmentan el paisaje actualmente, y que pueden constituir límites para los ecosistemas. Se realizaron estudios de campo para actualizar las descripciones de los ambientes marinos.
- Resultados de modelos sobre la dinámica litoral y dispersión de sedimentos.- Se consideraron los resultados de análisis de diferentes aspectos de la dinámica litoral, tales como modelos de oleaje y dispersión de sedimentos en diferentes condiciones climáticas, realizados específicamente para el proyecto.

**4.2.2.1. Sistema Ambiental Regional marino costero del Proyecto**

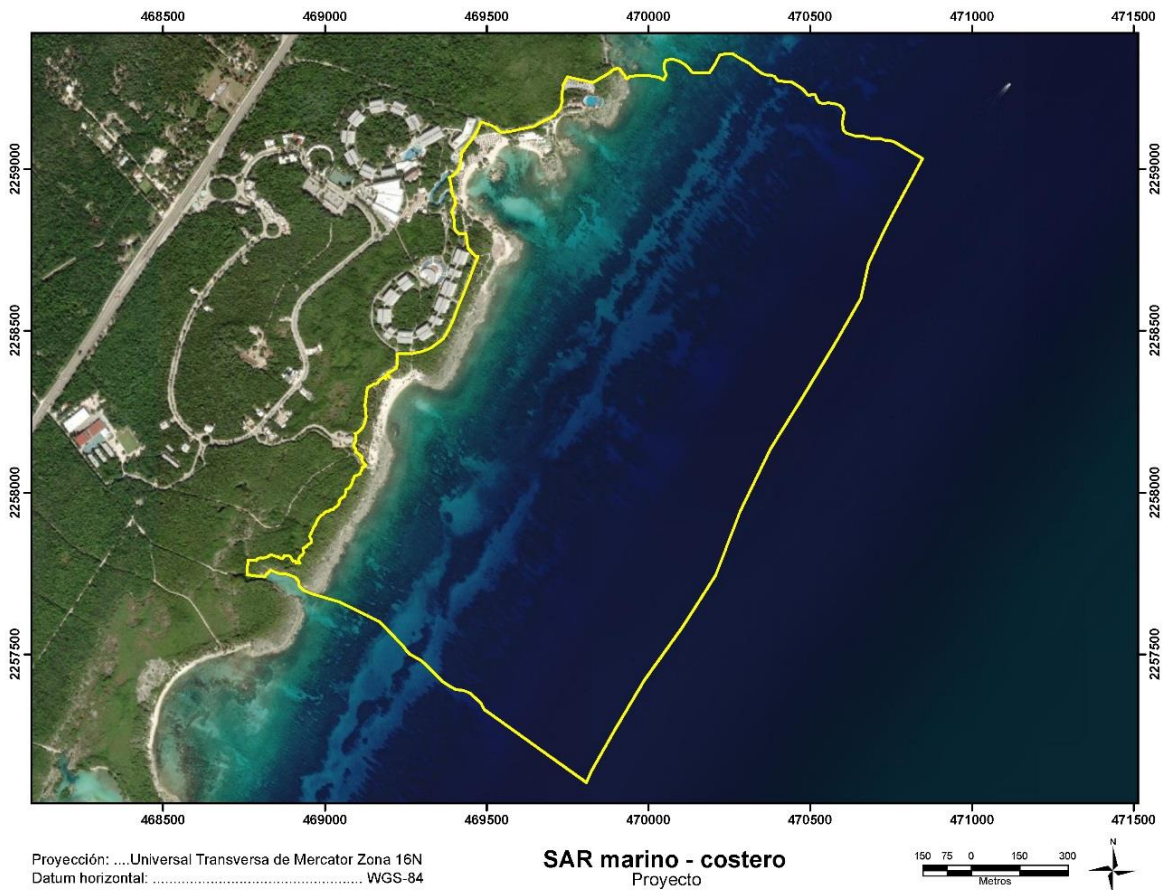
El SAR marino costero del Proyecto es el área donde se realizarán las obras y actividades propuestas. Abarca desde el delfinario hasta la Caleta Yalkuito, su límite terrestre incluye el matorral costero y la playa arenosa y rocosa. En la porción marina, se extiende hasta la isobata de los 30 metros aproximadamente.

Con el fin de tener una visión a detalle y actualizada del área de estudio, se obtuvo material fotográfico en formato digital (Figura 4. 5), con las siguientes características (Tabla 4. 3).

**Tabla 4. 3** Características de la fotografía satelital.

Fecha de toma	Resolución espacial
Febrero de 2019	0.5 m por celda

**Figura 4. 5** Fotografía satelital usada para la delimitación del SAR del proyecto.



El SAR marino costero del proyecto cuenta con una superficie de 233.99 ha. Su delimitación se basó en la distribución de los ambientes naturales que se desarrollan en el área así como en la dirección de las corrientes marinas predominantes, de tal forma que se abarcara la superficie que tuviera mayor probabilidad de ser influenciada por el proyecto o a la inversa. La delimitación de un ambiente marino es más compleja debido a sus características homogéneas, no presentan



intermitencias o cambios abruptos como en la zona continental. Sin embargo, es posible identificar algunos cambios en los sedimentos.

Para delimitar el Sistema Ambiental marino costero del proyecto, donde se llevarán a cabo las obras y actividades del mismo, se tomó en cuenta la ‘Caracterización biológica marina’ (Anexo 4.14) y la representación cartográfica que resultó de ella, para encontrar posibles áreas que nos ayudaran a observar alguna discontinuidad. El resultado de la delimitación fue el siguiente (Figura 4.6).

Al norte: se tomó en cuenta el límite del predio, en su porción rocosa, se extendió hacia el noreste delimitando áreas de transición de barlovento y los arrecifes frontales, tanto interior como exterior, además de un canal de arena que se ubica entre estos últimos.

Al noreste: el límite es la isobata de 30 metros, la cual se extiende casi en una línea recta hacia el suroeste.

Al suroeste: es un trazo casi lineal y de forma perpendicular a la línea de costa, que se extiende hasta la caleta Yalkuito desde este punto de la isobata de los 30 metros.

Al noroeste, toca la línea de costa y bordea la caleta Yalkuito, su límite es el matorral costero, mismo por el que avanza hacia el noreste, guiándose por los caminos y senderos del complejo Grand Sirenis, hasta llegar al delfinario.

En el SAR, en su porción marina, existe una laguna arrecifal incipiente que se encuentra exclusivamente frente a la playa Kantenah (caleta Centro), donde se alterna con parches de pastos marinos, “blanquizales arenosos”, algunos cabezos de coral y agregaciones de gorgonáceos. La cresta arrecifal está poco desarrollada y está representada casi exclusivamente por la transición barlovento, que se forma a continuación del acantilado. El arrecife frontal es continuo y está bien desarrollado. Los macizos más grandes se encuentran en el centro de esta región frente a la bahía Xaac y Xaac chico, donde algunos alcanzan hasta 50 m de ancho y 6 m de altura y se observan colonias muy grandes de *Montastrea annularis* y *Colpophylla natans*. Los canales arenosos entre los macizos coralinos son angostos. Después del arrecife frontal exterior, ubicado a 45 m de profundidad y aproximadamente a 100 m de la costa se encuentra el cantil, donde la profundidad aumenta de forma abrupta a 60 o 70 m (Gutiérrez *et al.* 1995 citado en Loreto y Gómez 2006).

Existen numerosos aportes de agua dulce y fría hacia el arrecife, los cuales se manifiestan como ojos de agua o bocas de las caletas de Yalku y Yalkuito, en donde provocan una mezcla con el agua tibia y salada del mar (SEMARNAT S/A).

El SAR, en su porción terrestre, presenta, como la mayor parte de la Península de Yucatán, un paisaje cárstico, por lo que no hay ríos superficiales. Los escurrimientos pluviales suceden a través de la red de drenaje subterráneo, que aflora en ciertos puntos como cenotes o las caletas de Yalku y Yalkuito.

La morfología de la porción costera en el SAR, también presenta un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa. A partir de la playa se forman una serie de cordones paralelos al mar, entre 3 y 4 m de altura, donde se desarrolla matorral de dunas y palmas. (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

En el SAR no existen dunas costeras. Sólo se encuentran dunas frontales incipientes, de menos de 50 m de ancho frente a las pequeñas bahías. La arena de las playas en el SAR está compuesta



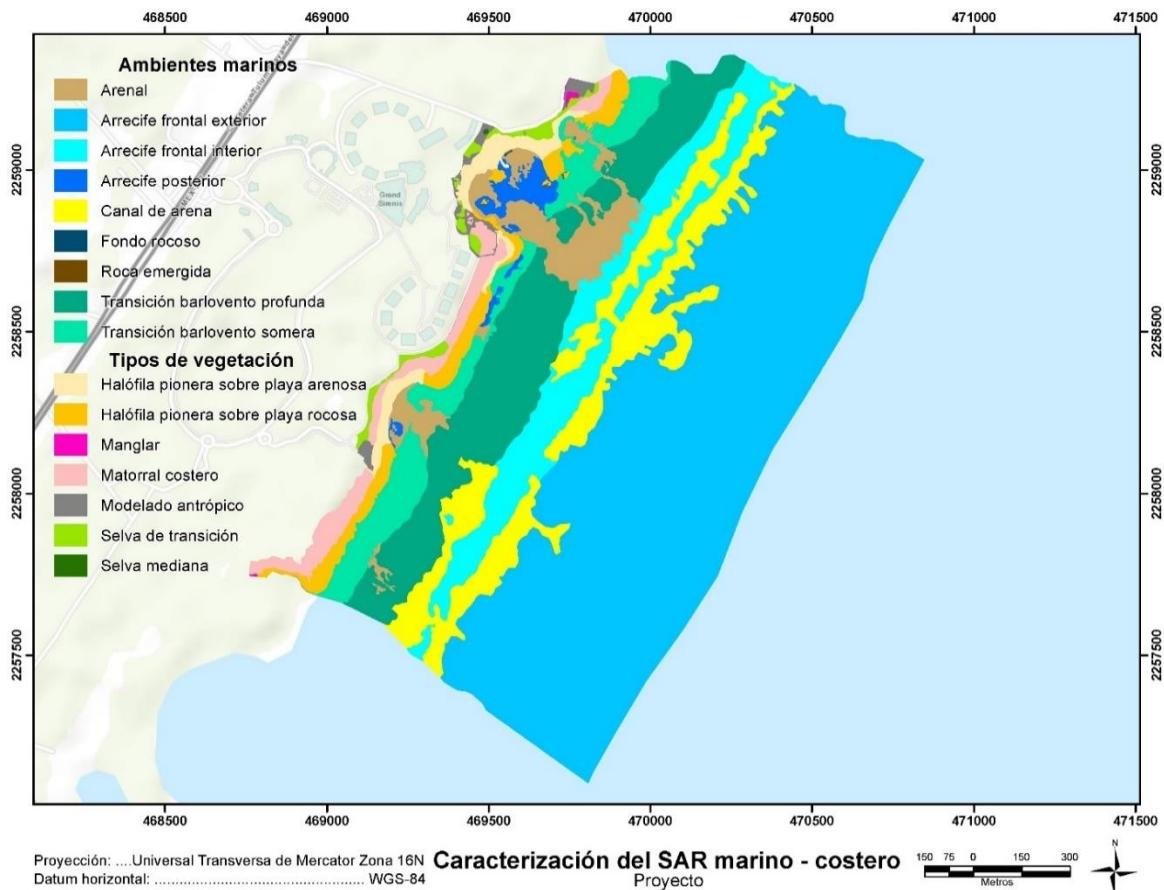
por abundantes fragmentos de conchas marinas, moderadas cantidades de cuarzo y pocas cantidades de feldspatos y minerales densos. Presenta formas de grano de subredondeados a subangulosos, por lo que se clasifica como arena de grano medio con tamaños de granos que van desde los 0.2 a los 2 mm. Su color es blanco y carece de limos, arcillas o materia orgánica (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

El resto del litoral del SAR presenta playas rocosas en donde crece vegetación de dunas costeras de forma achaparrada en pequeñas oquedades (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

Las playas arenosas del SAR son sitio de anidación de tres especies de tortugas marinas: *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Caretta caretta* (tortuga caguama) (SEMARNAT S/A).

Asimismo, en el SAR se desarrollan cuatro especies de corales que se encuentran en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Acropora palmata* (cuerno de alce), *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo), *Plexaura homomalla* y *Plexaura dichotoma* (SEMARNAT S/A).

**Figura 4. 6.** Ambientes terrestres y marinos en el SAR marino costero delimitado para el proyecto.



**Tabla 4. 4** Superficies de los ambientes marinos y tipos de vegetación presentes en el SAR marino costero donde se inserta el proyecto.

	Caracterización	Superficie (ha)
Ambientes Marinos	Arenal	10.53
	Arrecife frontal exterior	112.94
	Arrecife frontal interior	19.83
	Arrecife posterior	2.76
	Canal de arena	25.18
	Fondo rocoso	0.01
	Roca emergida	0.03
	Transición barlovento profunda	29.00
	Transición barlovento somera	13.25
Tipos de vegetación	Halófila pionera sobre playa arenosa	4.03
	Halófila pionera sobre playa rocosa	6.42
	Manglar	0.13
	Matorral costero	6.39
	Modelado antrópico	1.45
	Selva de transición	2.01
	Selva mediana	0.02
<b>Total</b>	<b>233.99</b>	

**4.2.2.2. Sistema Ambiental Regional marino costero de extracción**

Este SAR comprende toda la Zona Federal Marítimo Terrestre que va desde Playa Punta Esmeralda hasta Terminal Marítima de Playa del Carmen, extendiéndose mar adentro hasta la isobata de los 30 metros aproximadamente Tiene una superficie total de 341.3 ha.

En este SAR se encuentran los bancos de arena definidos para el proyecto Recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.

La prospección que se realizó en todo este canal de arena permitió definir una clasificación del tipo de ambiente presente, de acuerdo a sus características del tipo de sustrato, y condiciones de la biota marina conspicua. Siendo así, se reconocieron 5 tipos de ambientes dentro de los bancos de arena identificados como posibles áreas donadoras de arena. La ubicación y distribución de los mismos se presenta en la Figura 4. 7.

En cuanto al ambiente terrestre, está compuesto de playa arenosa y, en su minoría, de algunas zonas con vegetación inducida y modelado antrópico (Tabla 4. 5).

Figura 4. 7 Ambientes terrestres y marinos en el SAR marino costero de extracción.

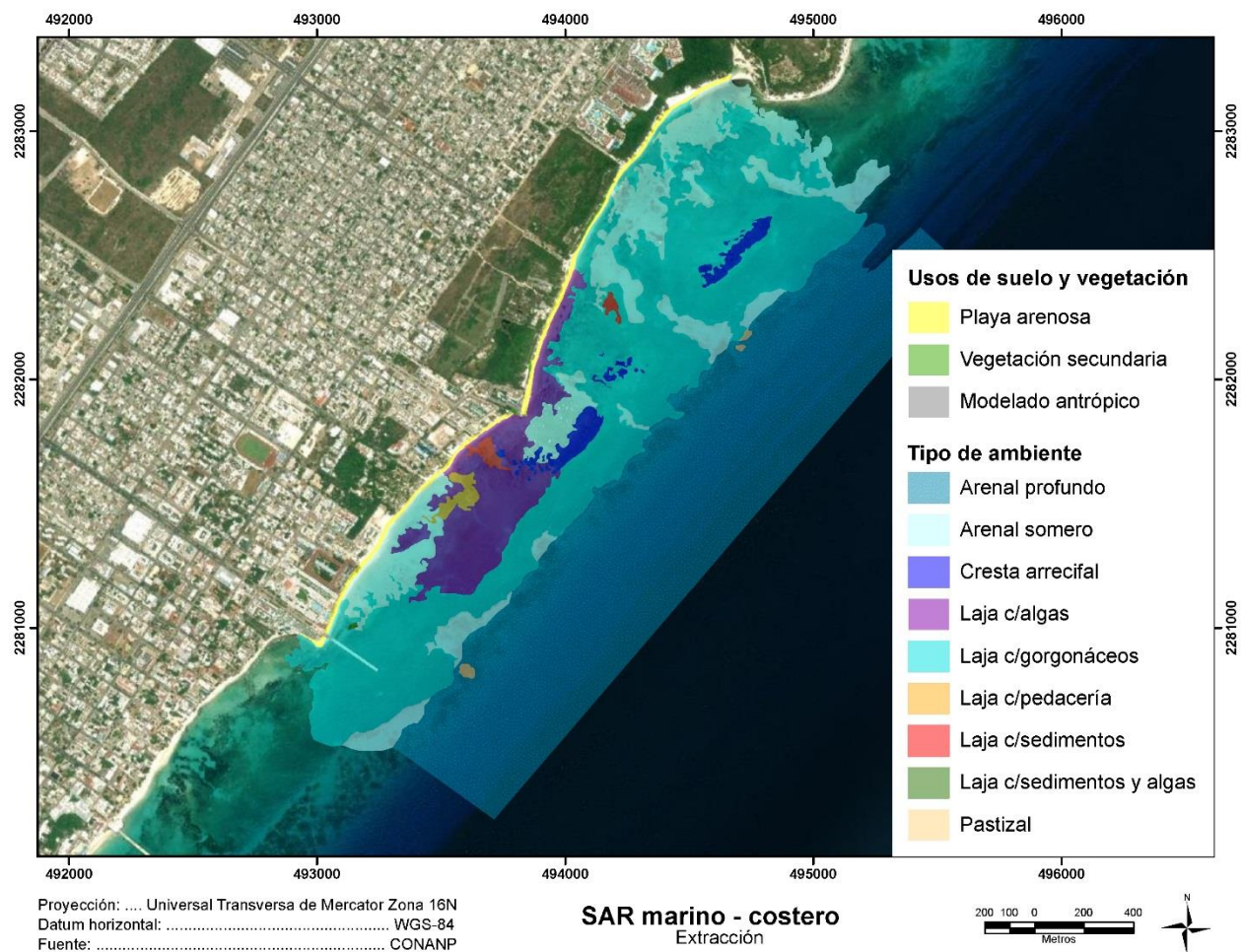


Tabla 4. 5 Superficies de los ambientes marinos y tipos de vegetación presentes en el SAR marino costero donde se localizan los bancos de arena SIR 1 y SIR 2

	Caracterización	Superficie (m2)	Superficie (ha)
Ambientes Marinos	Arenal profundo	1466040.35	146.60
	Arenal somero	442335.21	44.23
	Cresta arrecifal	61339.48	6.13
	Laja c/algas	239453.26	23.95
	Laja c/gorgonáceos	1110702.05	111.07
	Laja c/pedacería	15146.82	1.51
	Laja c/sedimentos	12123.16	1.21
	Laja c/sedimentos y algas	911.07	0.09
	Pastizal	5620.05	0.56
Tipos de vegetación	Modelado antrópico	3327.49	0.33
	Playa arenosa	52888.66	5.29
	Vegetación secundaria	3123.55	0.31
<b>Total</b>		<b>3413011.14</b>	<b>341.30</b>

### 4.2.3. Área de influencia del proyecto

El área de influencia directa se define como el área que será aprovechada por el proyecto o donde serán ubicados sus componentes. Aquí es donde se prevé tengan lugar el mayor número de impactos ambientales inducidos por el desarrollo del proyecto.

Por la naturaleza y ubicación del proyecto, su área de influencia directa afecta tanto a ambientes terrestres como a ambientes marinos y corresponde a 233.99 ha.

Por otra parte, el área de influencia indirecta es el área fuera de la zona de influencia directa en donde el proyecto pudiera tener efectos. Esta área no se limita a la superficie en la cual se ubicarán los componentes del proyecto, sino que se extiende a las áreas adyacentes que pudieran resultar afectadas por las obras y actividades. Para delimitarla en el ámbito marino se consideraron los modelos de dispersión de sedimentos generados para el proyecto a través de modelos específicos presentados en el Proyecto Ejecutivo (ver Anexo 2.2), mientras que en el ambiente terrestre se consideraron las barreras naturales o artificiales existentes en la actualidad en la zona.

También existe un área de influencia del proyecto a nivel socioeconómico que, para el caso particular del Proyecto, abarcando el municipio de Solidaridad, en Quintana Roo.

En los capítulos 5 de esta MIA-R se describen y analizan detalladamente los impactos en las áreas de influencia directa e indirecta, mientras que en el Capítulo 6 se presentan las medidas de prevención, mitigación o compensación de dichos impactos.

## 4.3. Caracterización y análisis del Sistema Ambiental Regional (marino - costero)

En este apartado se describen los principales elementos y factores que componen el medio biótico y abiótico del SAR identificado, así como el contexto socioeconómico donde se ubica el Proyecto.

### 4.3.1. Aspectos Abióticos

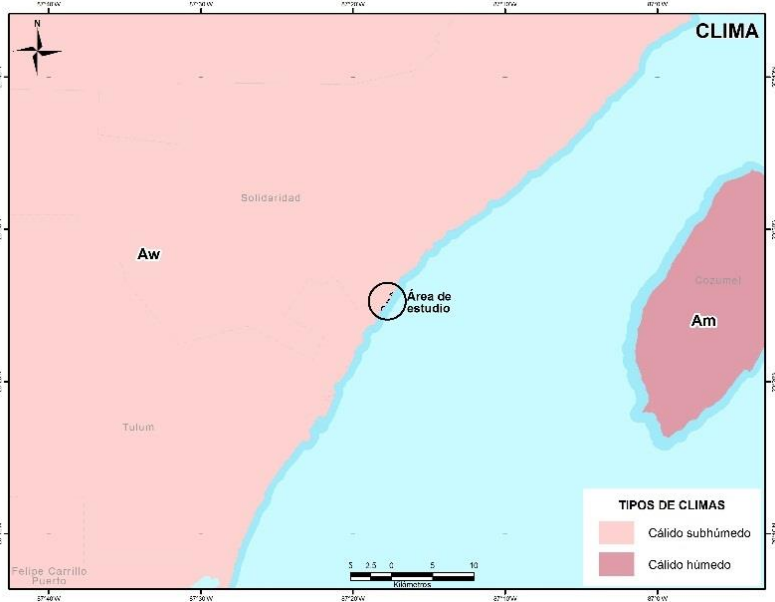
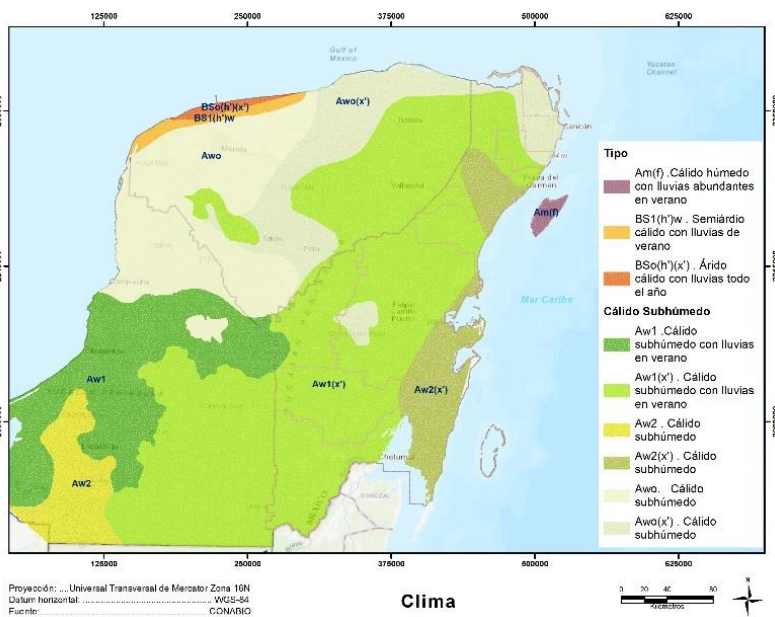
#### 4.3.1.1. *Clima*

La región Noreste de la Península de Yucatán se caracteriza por presentar un clima *Aw* cálido subhúmedo con lluvias en verano. En la región Norte de Quintana Roo cuenta con los subtipos de clima *Aw1(x')* y *Aw2(x')*, las cuales se diferencian por el grado de humedad que se presenta en la región a la que pertenecen (Figura 4. 8).

El clima en el SAR del proyecto es del tipo *Aw2(x')*, este se caracteriza por ser del tipo cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor a los 22°C, temperatura del mes más frío mayor a 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm lluvias de verano mayores al 10.2% anual (García, 2004).



Figura 4. 8 Arriba: Climas en la Península de Yucatán. Abajo: Clasificación climática en el SAR del proyecto.



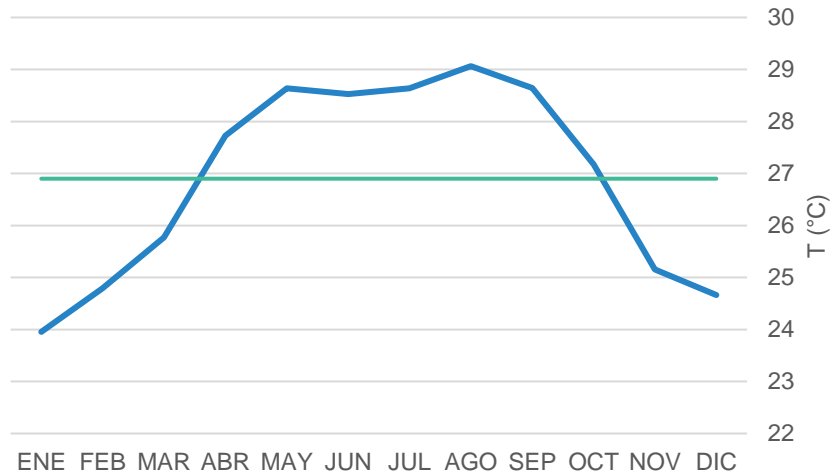
FUENTE: Elaboración propia con datos de INEGI 2013.

#### 4.3.1.1.1. Temperatura

Conforme a datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en el 2015, la temperatura media anual en el Estado de Quintana Roo fue de 27.7 °C. En los últimos 10 años, las temperaturas más altas se presentaron principalmente entre los meses de abril y octubre, alcanzando los valores más altos en el mes de agosto, con un máximo promedio de 34.2°C, en tanto que las temperaturas más bajas se presentaron entre los meses de noviembre a marzo, siendo el mes de enero en el que se registraron las más bajas temperaturas, con un valor mínimo promedio de 18.8°C. En la gráfica que se presenta a continuación (Figura 4. 1Figura 4. 9) se observa la temperatura anual promedio registrada para el Estado de Quintana Roo en el periodo 2005-2015 (SMN).



**Figura 4. 9** Gráfica de temperatura promedio anual en el Estado de Quintana Roo, elaborada a partir de los datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional para el periodo 2005-2015.

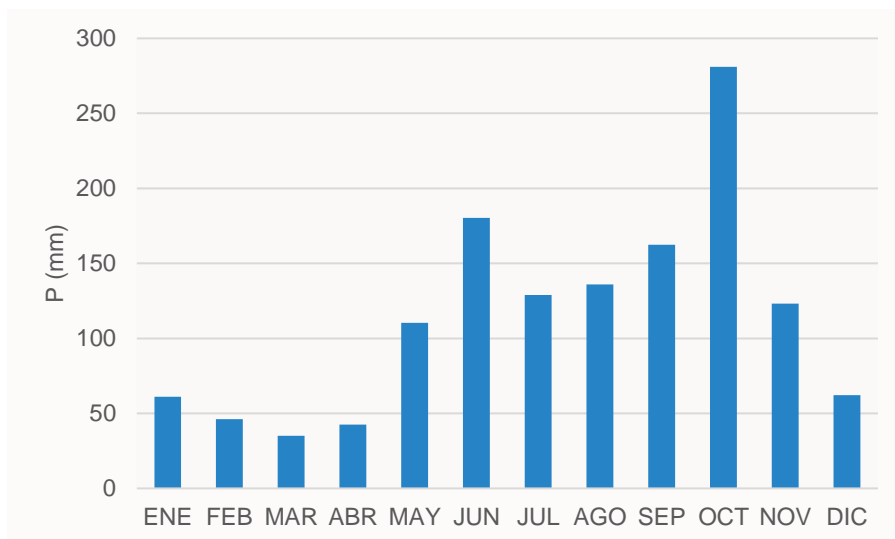


**4.3.1.1.2. Precipitación**

De acuerdo con datos obtenidos del INEGI, la precipitación promedio anual en el Municipio de Solidaridad es de 1500 mm.

En los últimos 10 años (2005-2015) en el Estado de Quintana Roo se ha registrado una precipitación promedio anual de 1369.4 mm, conforme a los datos obtenidos del SMN. Estos datos indican que la temporada de lluvias inicia en mayo y termina en noviembre, siendo octubre el mes más lluvioso con un valor promedio de 271.1 mm, en comparación con el mes de marzo, que es el más seco, con tan solo 35.1 mm en promedio (Figura 4. 10).

**Figura 4. 10** Gráfica de precipitación promedio anual (2005-2015) elaborada a partir de los datos obtenidos del Sistema Meteorológico Nacional para el Estado de Quintana Roo



#### 4.3.1.1.3. Fenómenos climatológicos

La temporada de huracanes en la región del Caribe mexicano abarca los meses de junio a noviembre, y ocasionalmente pueden presentarse fuera de la temporada. En los meses de agosto a octubre se originan el 80% de los huracanes de la temporada y en septiembre tiene lugar el 40% de los que alcanzan las categorías mayores y con efectos más destructivos (Morales, 1993). La intensidad de los vientos durante un huracán varía según las condiciones climáticas que se presenten y pueden ir de los 120 a los 300 km/h, con ráfagas incluso superiores a la última cifra.

En 1955, el Huracán Janeth afectó las costas del Estado, sus efectos se observaron claramente en la erosión de las playas y en la afectación de la vegetación; éste fenómeno fue considerado como de los más intensos y fatales del siglo pasado. El Huracán Gilberto incidió sobre las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988 con categoría 5 y fue considerado entonces como el huracán con mayor intensidad que había impactado en esta zona hasta antes del paso del Huracán Wilma en 2005, el cual causo grandes pérdidas materiales y daños al medio ambiente debido a sus potentes vientos, el oleaje de tormenta, la elevación del nivel de agua y su duración. Este huracán sido registrado como el décimo ciclón tropical más intenso en todo el mundo.

En el caso del huracán Mitch en 1998, aun cuando su trayectoria no tuvo incidencia directa en el Estado, sus efectos sobre la costa fueron severos por el oleaje de tormenta que generó. De forma similar, el huracán Emily afecto las costas de Quintana Roo en el 2005, principalmente desde Puerto Morelos a Tulum. Recientemente en agosto de 2007, el huracán Dean azoto la zona Sur del estado pero afectó considerablemente la zona costera de todo el Estado. En la Tabla 4. 6 y Figura 4. 11, se presentan los huracanes que más han incidido sobre las costas de Quintana Roo desde 1955 hasta el 2013.

Otros fenómenos meteorológicos que afectan al Estado y la región, son las tormentas tropicales, los nortes y las suradas. Las tormentas tropicales se caracterizan por presentar vientos inferiores a los 120 km/hr sin llegar a la categoría de huracán. Los nortes son característicos de noviembre a marzo y se refieren a las masas de aire polar con velocidades altas que hacen descender la temperatura y ocasionan precipitaciones; generalmente van acompañadas por rachas de vientos que alcanzan los 100 km/hr. Las suradas son fenómenos meteorológicos de poca frecuencia y corta duración en los que el viento dominante proviene del Sureste y se desplaza al Noroeste con velocidades que llegan a alcanzar los 60 km/h y rachas de 80 km/h; estos fenómenos se presentan principalmente en primavera y verano.

**Tabla 4. 6** Lista de algunos de los huracanes que se han presentado en la región de la península de Yucatán.

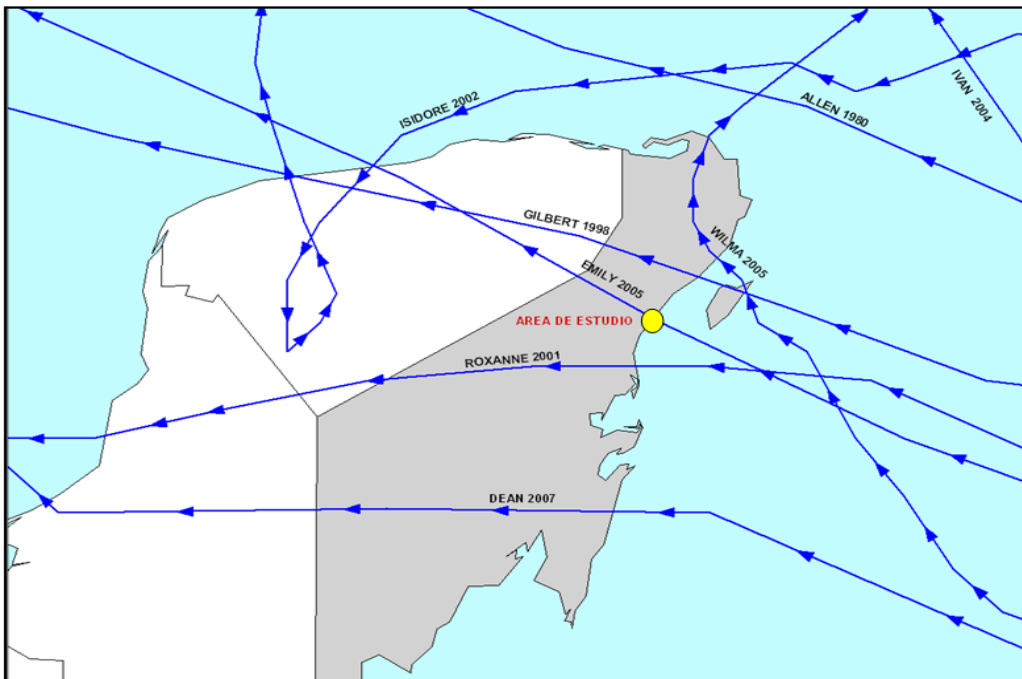
Año	Océano	Nombre	Cat*	Lugar de Entrada a Tierra	Estados Afectados	Periodo (inicio- fin)	Vmax imp	Lluvia Máx. en 24 h (mm)
							(km/h)	
2012	Atlántico	Ernesto	H1	Mahahual, Qroo	Qroo, Yuc, Cam, Tab, Chia, Ver, SLP, Hid, Qro, Gua, Pue, Tlax, Mex, DF, Mor, Mich, Gue, Oax	1-10 Ago	140	344.00 mm en Jacatepec, Oax.
2011	Atlántico	Rina	TT	Playa del Carmen, Q Roo	Quintana Roo y Yucatán	23-28 oct	175	234.5 mm en Cozumel, Q Roo
2009	Atlántico	Ida			Norte de Quintana Roo	4-9 nov	165	98.6 mm en Cancún, Q Roo.
2007	Atlántico	Dean	H5	Mahahual, Qroo	Península de Yucatán, Veracruz, estado de México	13-22 Ago	270	391 mm en Requetemu, SLP
2005	Atlántico	Emily	H4	Is. Cozumel y 20 km al	Qroo, Yuc, Tam, NL, Coahuila	10-21 Jul	250	350.0 mm en Cerralvo, NL

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Año	Océano	Nombre	Cat*	Lugar de Entrada a Tierra	Estados Afectados	Periodo (inicio- fin)	Vmax imp	Lluvia Máx. en 24 h (mm)
							(km/h)	
				Norte de Tulum, Q. Roo				
	Atlántico	Stan	T1	Felipe Carrillo Puerto	Qroo, Ver, Chia, Tab, Oax	01-05 Sept	75	307.0 mm en Novillero, Chis
	Atlántico	Wilma	H4	Puerto Morelos Q. Roo	Qroo	15-25 Oct	275	1082 mm Isla Mujeres
2004	Atlántico	Iván	H5	165 km al E-NE de Cancún, QR. Canal de Yucatán	Qroo, Yuc.	02-24 Sept	270	
2003	Atlántico	Claudette	H1	25 km al Suroeste de Cancún Q.R	Qroo, Yuc	8-16 Jul	140	
2002	Atlántico	Isidore	H3	Telchac Puerto, Yuc	Qroo, Yuc, Camp, Tab	18-25 sep	205	250 Becanchen, Yuc
2001	Atlántico	Chantal	TT	Chetumal, Qroo	Qroo, Yuc, Camp, Tab	15-22 Ago	115	211 Chetumal, Qroo
2000	Atlántico	Gordon	DT	Tulum, Qroo	Qroo, Yuc, Camp	14-18 Sep	55	230 Cancún, Qroo.
1998	Atlántico	Mitch	H5		Centroamérica, Península de Yucatán	22 oct-9 nov	250	
1995	Atlántico	Roxanne	H3	Tulum, Qroo	Campeche, Qroo, Tabasco	7-18 oct	160	
1995	Atlántico	Opal	DT	Felipe Carrillo puerto, Qroo	Campeche, Qroo, Tabasco	27 sep-10 oct	35	
1988	Atlántico	Gilberto	H5	Cozumel, playa del Carmen	Península de Yucatán, Tamaulipas, Monterrey	8-19 sep	296	
1980	Atlántico	Allen	H5		Isla del Caribe, México y Estados Unidos	31 jul-11 agos	305	
1967	Atlántico	Beuhla	H2	Cozumel, playa del Carmen	Campeche, Qroo y Yucatán	5-16 sep	209	
1955	Atlántico	Janeth	H4	Chetumal, Qroo	Campeche, Qroo y Tamaulipas	21-30 sep	240	

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

\* Se refiere a la intensidad al momento de impacto en tierra en México no a la intensidad del ciclón Tropical en mar abierto. H = Huracán el número es la categoría, DT = Depresión Tropical, TT = Tormenta Tropical.

**Figura 4. 11.** Paso de huracanes en el Estado de Quintana Roo.

#### 4.3.1.1.4. Radiación e incidencia solar

Los valores más altos de radiación solar total para la Península de Yucatán se presentan en los meses de abril a julio, con 525 ly/día, donde ly = Langley = constante solar = 1.4, Cal/gr/cm<sup>2</sup>/min. En cuanto a los valores mínimos absolutos de radiación solar total, existe una diferencia entre el Norte y Sur de la región; para la Porción Norte los valores mínimos se presentan en diciembre y enero, con 375 ly/día; para la Porción Sur, se trata de los mismos meses y la variación es de 400 ly/día o sea que los valores registrados para la Porción Norte son ligeramente más bajos que los de la Porción Sur, debido a la nubosidad provocada por los nortes que llegan al territorio. A partir de noviembre el valor registrado para la parte Norte es menor que para el Sur. También para el Norte se han registrado un número menor de días despejados (de 50 a 100 días al año).

En el invierno la radiación solar promedio en el Norte es de 400 ly/día y en el Sur es un poco mayor de 425 ly/día, los registros para las demás estaciones son iguales en toda la región, así tenemos que la mayor intensidad se presenta durante el verano, con 525 ly/día, en el otoño es de 450 ly/día y en la primavera de 500 ly/día.

Por todo lo anterior, se deduce que la distribución de la radiación total en la región durante el año, depende tanto de la posición del sol como de la distribución de la nubosidad en las diferentes estaciones. Los máximos de energía que se reciben en los meses de abril a julio, coincidentes con el desplazamiento aparente del sol hacia el norte, lo que se traduce en días más largos, de creciente energía, distribuida en forma homogénea cuando no existe orografía importante en la región (Ilizaliturri, 1999), como ocurre en la Península de Yucatán.

#### 4.3.1.2. Geología y Geomorfología

Las características y propiedades físicas de los sedimentos que se encuentran en una playa dependerán de la litología del material y de la forma en cómo la composición química y física de la roca se ven modificadas por los agentes y procesos que las afectan, así como la manera en que los sedimentos se transportan y depositan sobre las playas. Por lo anterior, resulta importante reconocer la historia y las características geológicas de los sedimentos para comprender el comportamiento de los mecanismos que controlan la línea de costa y se pueda analizar el comportamiento y la susceptibilidad que tiene un sistema litoral, costa o playa.

##### 4.3.1.2.1. Geología de la Península de Yucatán

El proyecto se encuentra dentro de la Península de Yucatán, cuya composición geológica consiste de carbonatos autogénicos y anhidritas, originados desde el Comancheano (Cretácico Medio-Aptiano) hasta el Mioceno y se encuentra cubierta casi en su totalidad por sedimentos del Terciario (López Ramos 1973).

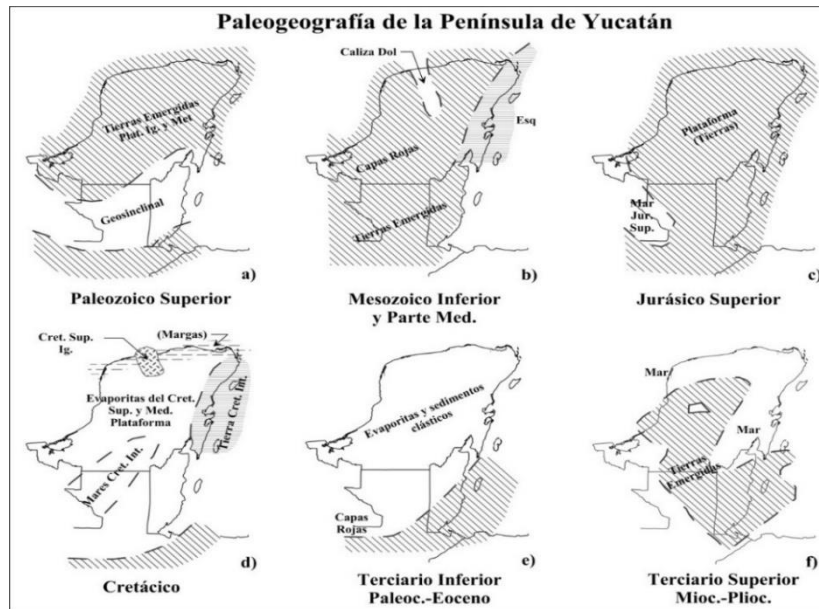
Gran parte de la península tenía un carácter platafórmico en el Paleozoico la cual estuvo emergida hasta el Triásico-Jurásico. A partir del Cretácico Inferior se inicia el depósito de grandes masas de evaporizas, llegando a realizarse en ocasiones una evaporación total que originó la formación de masas salinas que se identifican en el subsuelo. Durante el Cretácico se formaron cuencas de circulación restringida, generando condiciones propicias para el desarrollo de sedimentación evaporítica (Figura 4. 12).

Los materiales asociados con este evento son margas y horizontes de bentonita en áreas alejadas de las antiguas costas y dolomías, areniscas y derrames andesíticos en las zonas poco profundas. Al final del Plioceno y Cuaternario la Península adquiere la forma actual, observándose alineamientos de arrecifes de tipo biostromal al Norte del Banco de Campeche, los cuales se encuentran formados esencialmente de material calcáreo ya que la carencia de ríos en la península limita al máximo la presencia de material terrígeno (López Ramos, 1973).

Como consecuencia de su historia geológica en la Península se distinguen dos unidades morfológicas principales: planicies de rocas neogénicas en el norte y lomeríos bajos de rocas oligocénicas en el sur (Lugo et. al., 1992). Las rocas más antiguas se localizan al Sur y Centro de la península y conforme se avanza rumbo al Norte y Este, se localizan las más jóvenes, las cuales fueron depositadas en el Plioceno y el Reciente. Estas últimas afloran en áreas dispersas y corresponden a coquinas, calizas, calcarenitas y depósitos de litoral areno-arcillosos en la faja costera con material residual arcillo-calichoso, producto de alteración (Figura 4. 13, Tabla 4. 7).



Figura 4. 12. Paleogeografía de la Península de Yucatán.



FUENTE: López Ramos (1973).

Figura 4. 13 Geología de la Península de Yucatán

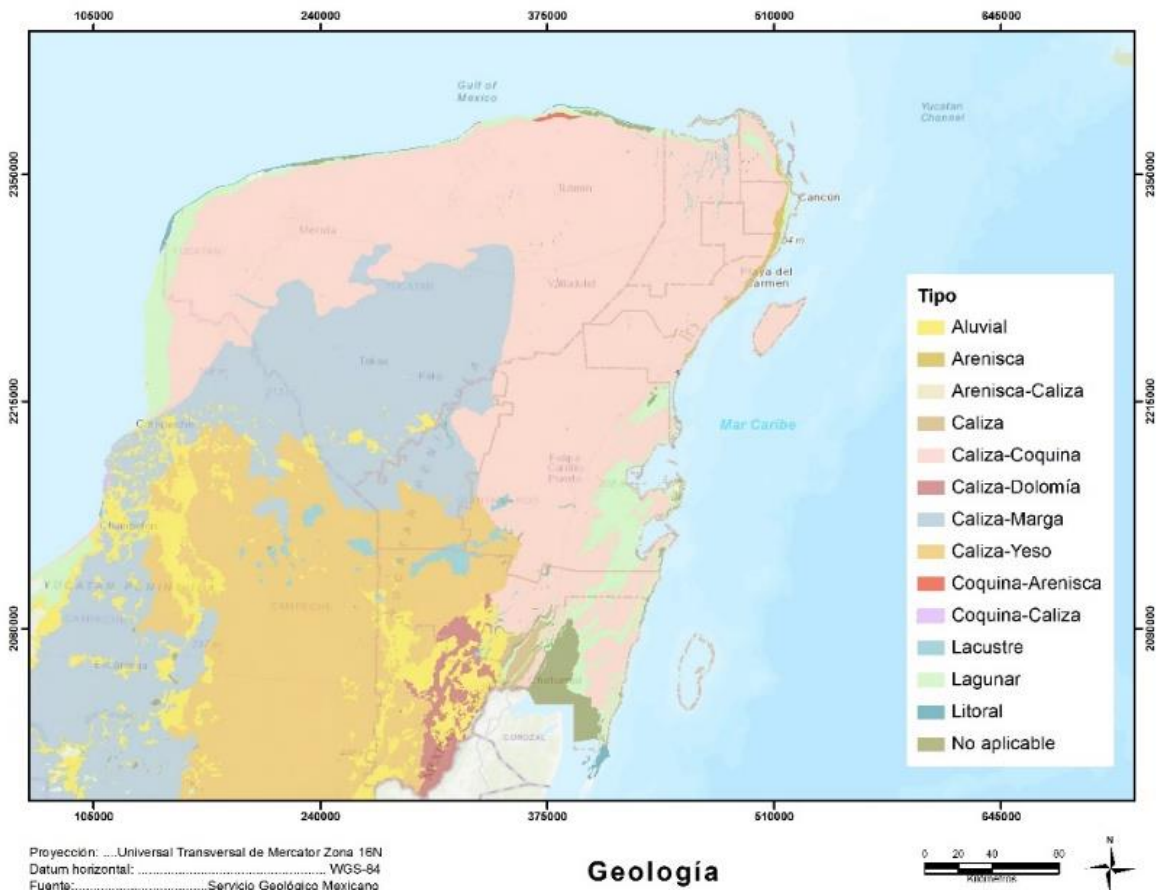


Tabla 4. 7 Descripción de la columna geológica de la Península de Yucatán.

Edad (Millones de años)	Espesor (m)	Formación y Litología		
Reciente y Pleistoceno (1.5)	100	Calizas de Moluscos blanco a crema, con pelecípodos		Norte y noroeste
Plioceno y Mioceno (23 a 1,5)	200	F. Carrillo Puerto; caliza coquinoidal, blanco amarillento, dura y masiva, con arena		Norte, Noroeste y Este
		F. Estero Franco; calizas y dolomitas amarillas, cristalinas y sacaroide		Sureste
		F. Bacalar; caliza cretosa, margas blancas, con yeso		Sureste
Oligoceno (36 a 23)	260	Caliza blanco a crema, con capas de marga arcillosa y bandas de cuarzo		Noroeste
Eoceno Superior (43 a 36)	100	Itzá	Miembro Chumbec; caliza blanca, cristalina, masiva, sacaroide	Centro norte
Eoceno Medio (52 a 43)	185	Chichén	Miembro Pisté; caliza blanca o amarillenta, masiva o en capas, microcristalina y capas arcillosas	Centro y oeste
Eoceno Inferior Paleoceno (66 a 52)	100-350	F.	Miembro Xbacal; caliza cristalina, blanca, dolomitizada y silicificada	Suroeste
Paleoceno		Formación Icaiché; margas, calizas, dolomitas y evaporitas		Centro sur
Cretácico (144 a 66)		Petén (?); calizas, andesitas, evaporitas		

De acuerdo con Lesser y Weidie (1988), la Península de Yucatán presenta un relieve sensiblemente plano y con escasas elevaciones, las rocas calcáreas se encuentran afectadas por una serie de fallas de tipo normal y con orientación NNE que han provocado la existencia de horst y graben, los cuales solamente en ciertos lugares se manifiestan hacia la superficie y en diferentes dimensiones.

En la franja noreste de la Península de Yucatán, región en donde se ubica la zona de estudio, afloran desde el continente y hacia la línea de costa las unidades litológicas calizas prepleistocénicas y materiales o sedimentos calcáreos (sascab), cuya descripción se presenta a

continuación:

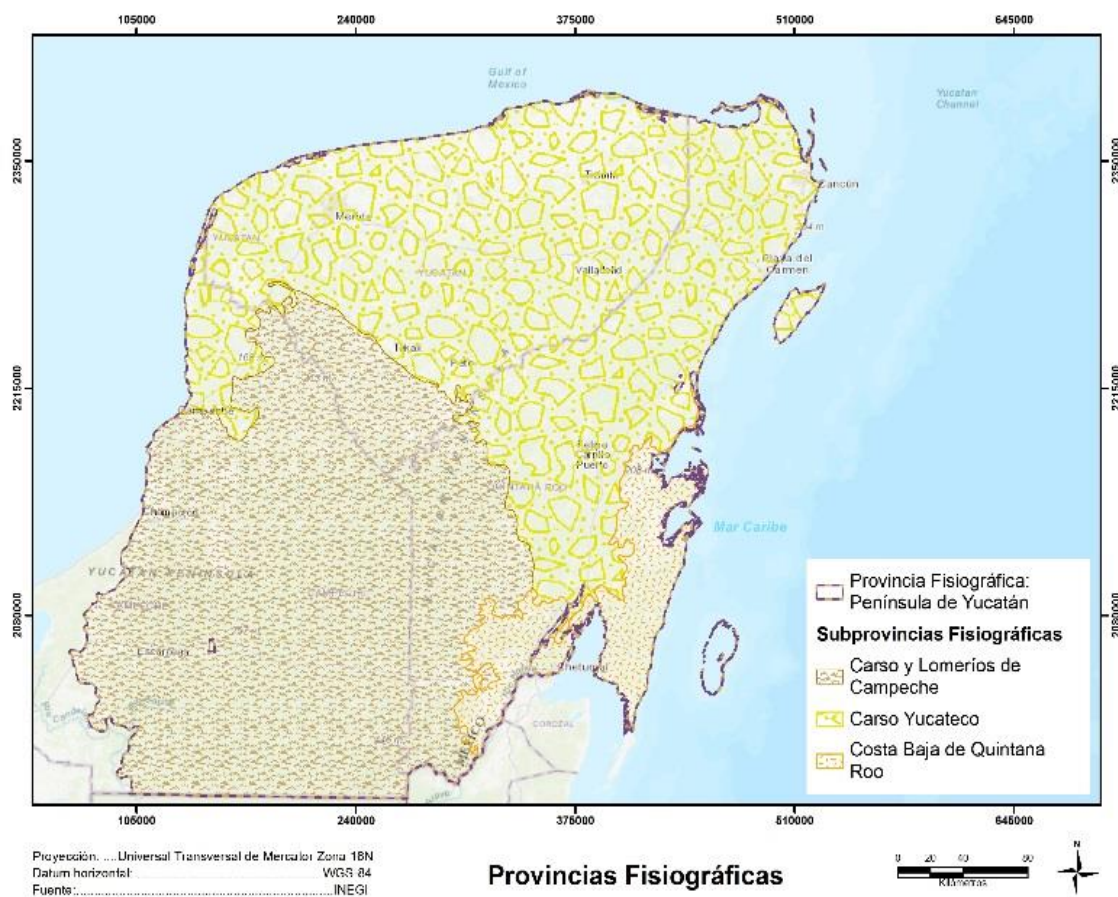
- Calizas pre-pleistocénicas: Se encuentran en la parte continental y conforman una terraza carstificada, que se ha correlacionado con la Formación Carrillo Puerto (Bonet y Butterlin, 1962). Los espesores de esta Formación se han reportado desde 240 m en el Norte del Estado de Yucatán (Pemex, pozo Sacapuc -1) y entre 8 y 60 m en el corredor turístico de Quintana Roo (CNA, 1991). Esta formación está constituida por calizas fosilíferas en su base, y calizas compactas y calizas arenosas hacia su cima. El gran desarrollo de conductos de disolución le proporciona un carácter acuífero muy elevado. A continuación, se enlista cada unidad:
  - ♦ Formación Carrillo Puerto.
  - ♦ Estructuras Calcáreas (Pleistoceno – Holoceno).
  - ♦ Unidades de Rocas (Mioceno – Plioceno).
- Materiales o sedimentos calcáreos (sascab): Se encuentran cubriendo a las rocas calizas de la formación Carrillo Puerto. Asociado con el sascab se encuentran materiales carbonatados depositados a lo largo de la línea de costa, tanto por los vientos como por la acción del oleaje y los cuales corresponden a eolianitas de edad reciente, sin nombre geológico formal, que recubren a las rocas calizas de la formación Carrillo Puerto (Lesser 1991). A continuación, se enlista cada unidad:
  - ♦ Terciario formación Carrillo Puerto (Mioceno Superior – Plioceno)
  - ♦ Sedimentos calcáreo-arcillosos (sascab).
  - ♦ Cuaternario turba o lodo manglar.
  - ♦ Cuaternario arenas de costa y eolianitas.
  - ♦ Cuaternario lodo lagunar
- Formaciones recientes: Las zonas Norte y Este de la Península son las formaciones más recientes, se caracterizan por la existencia de cordones litorales formados por acarreo marino y por acción eólica, estos cordones arenosos generalmente separan las aguas marinas de zonas bajas palustres y lacustres. Estas áreas mantienen una fuerte influencia de las variaciones históricas en el nivel del mar desde el Terciario y a lo largo de las diferentes glaciaciones y eras interglaciales, tal es el caso del descenso (regresión) de 110 m al final del Pleistoceno y la posterior transgresión hace aproximadamente 18,000 años, durante la cual el nivel aumentó e inundó diferentes zonas de la Península de Yucatán (Lugo, et al. 1992).

#### 4.3.1.2.2. Geomorfología de la Península de Yucatán

La Península de Yucatán se divide en cuatro provincias fisiográficas (Figura 4.14):

- ♦ Colinas y valles
- ♦ Zona Costera
- ♦ Cuencas escalonadas
- ♦ Planicie interior

Figura 4. 14 Provincias fisiográficas de la Península de Yucatán, se señala la ubicación del Proyecto.



El SAR marino costero del Proyecto se ubica dentro de la subprovincia “Zona Costera”, la cual comprende las costas norte, noroeste y este de la Península de Yucatán que contienen playas rocosas y angostas, costas abruptas, playas semicirculares, caletas y manantiales submarinos (Velázquez, 1986). En la Tabla 4. 8, se presentan las características de la subprovincia geomorfológica en la cual se encuentra el SAR del Proyecto.

Tabla 4. 8 Subdivisiones, geoformas, ubicación y características geológicas de la provincia geomorfológica a la que pertenece la zona de estudio del Proyecto.

Unidad Geomórfica	Subdivisiones	Geoformas	Ubicación	Geología
I Costera	a) Playas	Playas de barrera largas y angostas.	A lo largo de las costas norte y noroccidentales.	Depósitos del reciente asociados a erosión marina.
	b) Área de mareas	Lagunas de inundación	Detrás de las playas separándolas del continente.	Depósitos actuales, debidos a la acción de las mareas.
	c) Costera del Caribe	Playas rocosas y angostas, costas abruptas. Playas semicirculares, caletas y manantiales submarinos.	A lo largo de las costas de la margen oriental.	Depósitos de alta energía asociada a zonas afalladas y fracturadas.

El desarrollo geomorfológico de esta región comenzó durante el Terciario Superior, con la formación de una planicie calcárea que ha sido modelada por una intensa disolución. Así la región se caracteriza por la presencia de rasgos de disolución como son las dolinas, la acumulación de arcillas de descalcificación, el relieve en proceso de decadencia y los “cenotes” (CAPAGHC, 2013). Durante el Cuaternario esta planicie fue modificada por la formación de pantanos y lagunas, así como por la acumulación de abundantes depósitos del litoral. Por las características que presenta el área de interés, esta se puede ubicar en una etapa geomorfológica correspondiente a la madurez.

Según López Ramos (1981) el área donde se ubica el proyecto se encuentra dentro de la subprovincia Llanuras con Dolinas, la cual ocupa las porciones Norte y Oriente del estado de Quintana Roo. Es una planicie formada por una losa calcárea, con ligera pendiente descendente hacia el oriente, altura media de 5 m.s.n.m. y relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones. Esta subprovincia se distingue por su topografía cárstica, que presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones (cenotes), en algunas de las cuales asoma la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de un sistema de drenaje superficial y sólo en algunas áreas se ha formado una red hidrográfica desintegrada y mal definida; otras áreas son inundables, localizándose la más extensa de ellas en la Porción Norte del Estado.

La abundancia de los diferentes tamaños de las gravas en las secciones de la playa sugiere que los depósitos de material por tormenta, tiene un papel relevante en los materiales que forman la planicie costera. En las facies de los asentamientos transversales se encuentran mezclados vestigios de corales y moluscos que fueron modificados por la abrasión así como conchas, caliche y calcarenitas intraclásticas. El ensamblaje de los fósiles y de los fragmentos de roca sugiere que oleajes extraordinarios barrieron el material de la zona exterior de la playa y fuertes corrientes de retorno transportaron el material a la playa (Ward y Brady, 1979).

Las costas del estado de Quintana Roo han sido tectónicamente estables desde el último periodo interglacial. Los eventos eustáticos del nivel del mar durante el Pleistoceno y el Holoceno se pueden resumir de la siguiente manera:

1. A fines del Pleistoceno, en el Sangamoniano, el nivel del mar subió 5 metros (tomando como referencia el nivel actual) originando un depósito de sedimentos de playa, lo cual puede evidenciar hacia el sur y hacia el Noroeste de Puerto Juárez (hoy en día, zona metropolitana de la ciudad de Cancún).
2. En el Wisconsiniano, el nivel del mar bajo 2 ó 3 metros con respecto al nivel actual, por lo que la línea de costa se retiró mar adentro. Al estabilizarse el nivel, se formaron varias terrazas de sedimentos de forma paralela a la línea costera actual. El nivel del mar siguió descendiendo lentamente y dejó como testigos de este hecho, una serie de terrazas escalonadas que fluctúan entre los 10 y los 140 metros por debajo del nivel actual.
3. Durante el período post-glacial, hace 18,000 años, el nivel del mar osciló con franca tendencia transgresiva, formándose varias terrazas que se encuentran entre los 60 y 70 metros o los 30 y 40 metros bajo el nivel del mar actual.
4. Hace 5,000 ó 6,000 años, el nivel del mar estaba 4 o 5 metros por debajo del nivel actual, el cual ha ido ascendiendo gradualmente hasta alcanzar la cota actual.



### 4.3.1.3. Suelos

#### 4.3.1.3.1. Tipos de suelo a nivel regional (SAR)

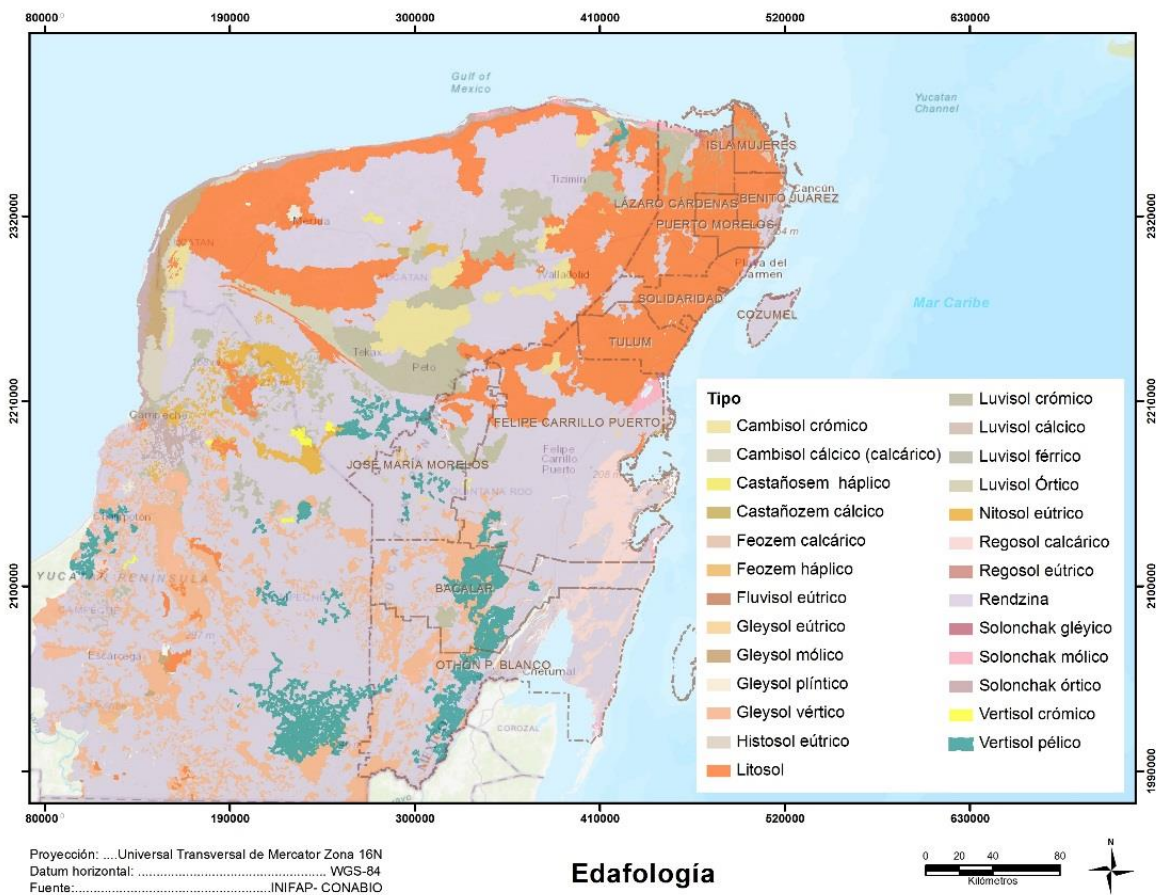
Las unidades de suelo que conforman a la Península de Yucatán, de acuerdo con la clasificación de suelos FAO-UNESCO, son: acrisol, arenosol, cambisol, fluvisol, gleysol, histosol, litosol, luvisol, regosol, rendzina, solonchak y vertisol; estas a su vez pueden ser divididas en subunidades dependiendo de los elementos dominantes.

A continuación, se presenta una breve descripción de las unidades de suelo antes mencionadas, y en la , se presenta el mapa edáfico de la Península y se señala la zona en donde se ubica el SAR del Proyecto.

- ♦ **Acrisol:** suelo con acumulación de arcilla en el subsuelo, ácido y/o muy pobre en nutrientes, de color rojo o amarillo claro, en él se encuentra la selva mediana caducifolia, en la Península solo existe una pequeña porción al noroeste de la ciudad de Campeche.
- ♦ **Arenosol:** son suelos de textura arenosa, con hundimiento muy bajo, en ellas se distribuye una parte de selva alta perennifolia y tíntales, existe una pequeña porción en el municipio de Palizada, Campeche.
- ♦ **Cambisol:** es suelo joven y poco desarrollado, el subsuelo está formado de capas con terrones, en ellos se localiza la selva mediana subcaducifolia. En relación con el tipo de roca subyacente con acumulaciones de arcillas y calcio, presentan cambios. Los suelos de la parte central de Yucatán, del norte de Campeche y algunas islas como banco Chinchorro, carecen de la fase física, son crómicos y de poca cobertura, en ellos se distribuye la selva mediana subcaducifolia.
- ♦ **Fluvisol:** Los fluvisoles acomodan suelos azonales genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales. El nombre de Fluvisoles puede ser confuso en el sentido de que estos suelos no están confinados sólo a los sedimentos de ríos (latín fluvius, río); también pueden ocurrir en depósitos lacustres y marinos.
- ♦ **Gleysol:** se le encuentra en todo tipo de climas y zonas donde se estanca el agua en épocas de lluvias. La parte saturada con agua presenta color azul verdoso o gris con manchas rojas por la desecación, a veces con acumulaciones de suelos, especialmente cuando están cerca de la costa, casi siempre tiene gramíneas e hidrófitas como taludes o vegetación de aguadas, sin fases físicas y químicas y por lo general no son buenos para el cultivo. En la península se ubican rodeando la parte sur de la laguna de Términos, Campeche y algunas zonas de las bahías la Ascensión y Espíritu Santo en Quintana Roo, los tipos de asociaciones que encontramos son de hidrófitas, manglares y selva baja inundable (tíntales).
- ♦ **Histosol:** es propio de climas húmedos y cálidos, se localiza en zonas pantanosas, generalmente en lugares donde se estancan aguas y desechos de plantas sin descomponerse, con grandes cantidades de materia orgánica en forma de hojarasca, fibras, maderas o humus. Cubre la parte norte de Campeche y de Quintana Roo, en donde rodea la bahía la Ascensión y la base de Punta Herrero, el tipo de vegetación es de duna costera y manglar.

- ♦ **Litosol:** Suelo de distribución muy amplia, se le encuentra en todos los climas, sin desarrollo, con profundidades de 10 cm, tiene características muy variables, según el material que lo forme, se le encuentra cubriendo en la zona norte de Campeche, centro y norte de Quintana Roo, parte central y norte de Yucatán y algunas islas como la de Alacranes. En él encontramos selva baja caducifolia, baja caducifolia espinosa, mediana subcaducifolia, mediana subperennifolia y algunos manglares achaparrados.
- ♦ **Luvisol:** son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente la migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico. Los luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades.
- ♦ **Regosol:** las capas de este tipo de suelo son semejantes a la roca que le dio origen. Son suelos calcáreos privativos de lugares con climas del tipo Aw0, Aw1 y Aw2, se encuentran en la parte sureste de Campeche, el tipo de vegetación que presentan es de selva mediana subperennifolia y petenes.
- ♦ **Rendzina:** cubre la mayor extensión peninsular y junto con los suelos litosol y luvisol es considerado de gran importancia; ocupa el centro, norte y sur de la península de Yucatán, llegando a la frontera con Guatemala; abarca la mayor parte de los estados de Quintana Roo y Yucatán. La vegetación está constituida principalmente por selvas.
- ♦ **Solonchak:** son suelos que poseen un alto contenido de sales que pueden ser encontradas, tanto en la totalidad como en algunas partes de los mismos, son propios de los lugares con clima Aw. Se les localiza bordeando la Laguna de Términos, en el norte de Campeche, en Yucatán y en la costa del mar Caribe en Quintana Roo; hay manglares, aguadas, sabana, selva baja caducifolia y vegetación de duna costera.
- ♦ **Vertisol:** es un suelo muy duro que presenta grietas anchas en época de sequía, de tipo arcilloso y masivo; frecuentemente negro, gris y rojizo. Es de clima cálido húmedo con diferentes tipos de vegetación, principalmente selva mediana subcaducifolia y perennifolia se le encuentra en Campeche y Quintana Roo.

Figura 4. 15. Unidades de suelo en la Península de Yucatán.

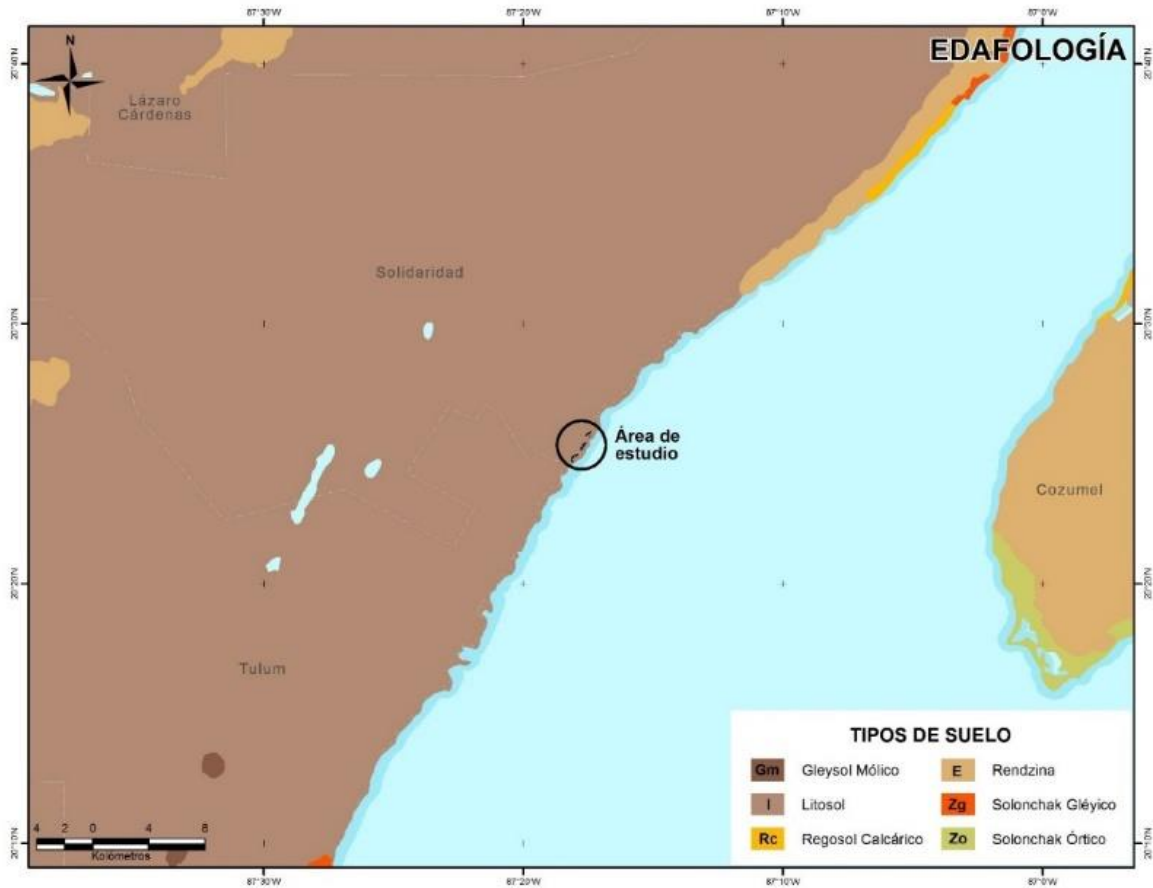


FUENTE: Elaboración propia con datos de INEGI.

4.3.1.3.2. Tipos de suelo a nivel local

En el área del proyecto predomina el tipo de suelo I+E+Zo/2 de textura media, conformado por litosol como unidad predominante y por rendzina como unidad secundaria (Figura 4. 16).

Figura 4. 16 Tipos de suelo en el área del proyecto.



#### 4.3.1.4. Hidrología

La Comisión Nacional del Agua (CNA) divide al país en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA) formadas por agrupaciones de cuencas. La Península de Yucatán pertenece a la Región XII denominada *Península de Yucatán*. A su vez ésta se encuentra dividida en tres Regiones Hidrológicas (RH): RH-31 *Yucatán Oeste*, RH-32 *Yucatán Norte* y RH-33 *Yucatán Este* (Figura 4. 17).

**Figura 4. 17** Regiones hidrológicas de la Península de Yucatán.



La Península de Yucatán se caracteriza por presentar una hidrología de tipo subterránea, propia de los paisajes cársticos con ríos subterráneos, cenotes, ojos de agua cavernas y grutas. La relativamente alta precipitación y la gran capacidad de infiltración del sustrato son propicias para la renovación del agua subterránea y la recarga en grandes porciones del territorio, los pocos escurrimientos superficiales suelen ser de corto recorrido.

El acuífero de la Península de Yucatán es de tipo freático y heterogéneo, la mayor parte de la superficie es de llanuras, que presentan notable desarrollo cárstico al que debe su gran permeabilidad secundaria, manifestándose en la forma de cenotes. En el área de lomeríos la permeabilidad es menos marcada que en la llanura, y no muestra manifestaciones importantes en la superficie del terreno.

El SAR se localiza en la Región RH-32, que abarca todo el norte de la Península incluida una parte norte del estado de Quintana Roo. Este estado se caracteriza por su naturaleza cárstica y por pocos flujos superficiales; sin embargo, existen cuerpos de agua como lagunas, aguadas, y cuerpos intermitentes. Cuenta con 51 lagunas, siendo las más importantes: Bacalar con 50 Km de longitud, Chichancanab y el Sistema Lagunar Nichupté con 12 Km.

Hacia la zona costera se tiene la presencia de humedales que conforman zonas bajas o cuencas de manglar y cenotes abiertos. A su vez, es evidente la existencia de bocas que conectan los humedales con el mar, dando lugar a un efecto de salinización estacional; no obstante, también



se tiene salinización por medio de filtraciones subterráneas a través de la duna costera y a profundidad debido a las calizas cársticas.

El acuífero de la Península de Yucatán es explotado por medio de miles de captaciones, aproximadamente 16,165 aprovechamientos, principalmente ubicadas en el Norte, Oriente y Sur Poniente (CNA, 2015). La mayoría de éstos son de caudales pequeños (norias y pozos) para uso doméstico, agrícola y abrevadero. Para el suministro de poblaciones mayores se implementan pozos a profundidades entre 40 y 100 m con gastos promedio de 50 L/s, también se extrae agua directamente de depósitos naturales como los cenotes, con caudales promedio de entre 10 y 30 L/s. En total se extraen alrededor de 1,300 millones de m<sup>3</sup> al año, el 63% de este volumen es destinado al uso agropecuario, el 31% a uso doméstico y el 6% para uso Industrial y de Servicios (CNA, 2015).

En el estado de Quintana Roo se extraen aproximadamente 219 millones de m<sup>3</sup>, es decir, el 17% del volumen total que es extraído en la Península. La extracción total representa apenas poco más del 3% de la recarga del acuífero, por lo que está considerado como sub-explotado, aunque existe el riesgo de salinización principalmente en la zona del litoral con asentamientos humanos o, establecimientos turísticos y en la Isla de Cozumel.

#### 4.3.1.5. Geohidrología

##### 4.3.1.5.1. Geohidrología a nivel regional (SAR)

La información presentada en este apartado es en parte obtenida del documento “*Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto “Caletas Artificiales” del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo*”, elaborado por la empresa Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente en octubre de 2016.

La Península de Yucatán está constituida por sedimentos calcáreos de origen marino del período Terciario y Reciente. Las rocas más antiguas se localizan al sur y centro de la misma, mientras que en el Estado de Quintana Roo se encuentran al suroeste y se constituye por calizas dolomitizadas, silicificadas o recristalizadas del Paleoceno-Eoceno Indiferenciado, que incluye a rocas evaporitas de la formación Icaiché, constituida por yeso y anhidrita ricas en sulfatos, esta composición da pie a que se cuente con drenaje subterráneo por la disolución de la roca.

Las condiciones geológicas y sedimentológicas de la región, y la precipitación, actúan conjuntamente en el proceso de disolución de la roca caliza causado por el agua a través de la red de drenaje subterráneo, creándose de esta manera un paisaje cárstico típico de ríos subterráneos, cavernas, grutas, cenotes y ojos de agua o manantiales. el drenaje subterráneo funciona de manera directamente proporcional a la magnitud de la precipitación que ocurre en las diversas temporadas climáticas.

En la Península de Yucatán, dadas las condiciones de alta precipitación pluvial que existen en esta zona, la gran capacidad de infiltración del terreno y una reducida pendiente topográfica, se favorece la renovación del agua subterránea provocando que funcione como zona de recarga, lo que genera grandes depósitos subterráneos contenidos en las calizas, dolomitas y materiales evaporíticos.

Prácticamente todo el agua se infiltra pasando a los acuíferos, siendo el agua subterránea la única fuente de agua dulce como recurso para actividades humanas. Las salidas de agua del acuífero

tienen lugar por evapotranspiración desde la superficie y por descarga directa en el litoral marino, además por bombeos desde los pozos de abastecimiento a las poblaciones.

La unidad acuífera del norte y noreste de la península (acuífero miocénico), que es donde se ubica el Proyecto, se caracteriza por una muy alta permeabilidad y transmisividad, que permite un rápido movimiento lateral del agua subterránea, obviamente con poca carga hidráulica, bajo gradiente hidráulico y nivel freático estable. El agua subterránea es esta unidad acuífera, se presenta como un cuerpo o lente delgado de agua de al menos de 70 m de espesor tierra adentro y unos cuantos metros cerca de la línea de costa, flotando sobre un cuerpo regional de agua salina de composición cercana a la del mar.

El esquema conceptual de funcionamiento hidrogeológico en la península de Yucatán se caracteriza por un flujo subterráneo radial, desde la zona interior continental hacia las zonas de borde a lo largo de toda la costa por donde es drenado (Dohering y Butler, 1974).

Hacia las costas de la península se presenta a poca profundidad la intrusión de agua de mar y se manifiesta como disminución o desaparición de la cuña de agua dulce y en ausencia de esta se tiene agua salobre la cual es producto de la mezcla con el agua de mar más profunda. La zona de Xel-Ha, al oriente de la península, es un ejemplo de lo antes mencionado en donde la cima de la zona de mezcla alcanza el nivel freático y no se encuentra agua dulce, esto manifiesta que el acuífero en esa región es altamente permeable además de que debe presentar un alto grado de heterogeneidad.

Las primeras investigaciones efectuadas en 1967 en la península por la New Orleans Geological Society encontraron tres zonas principales de fracturas y fallas, que caracterizan estructuralmente a la región, estas son: a) Zona de Rio Hondo con orientación preferencial NE-SW, caracterizada por una serie de fallas normales, b) Sierrita de Ticul con dirección NW-SE y c) Fracturas Holbox presentando una tendencia N-S.

Sin embargo en Noviembre de 2003, Amigos de Sian Ka'an A.C. (ASK), The Nature Conservancy (TNC) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), organizaron el taller "Construyendo las bases para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la Península de Yucatán". Uno de los productos de dicho taller fue el primer mapa esquemático de los flujos subterráneos de la Península de Yucatán (Figura 4.18), donde se muestra en términos generales flujos de todos los puntos de la península, a partir del cual se definen los principales sistemas de estructuras que controlan la dirección del flujo subterráneo:

- 1) Una tendencia NE-SW, es la que se presenta con más densidad hasta la porción oriental del área de estudio y disminuye hacia el poniente. Su manifestación es mediante formas kársticas como dolomitas, cenotes y uvales principalmente, elongadas y alineadas en esta dirección, así como llanuras de inundación de formas muy similares y paralelas a la línea de costa, las cuales presentan dimensiones muy variables, hasta 50 km de longitud. Es de hacer notar que más del 80% de las depresiones están alineadas en este sentido, y este sistema se presenta en la zona donde pretende desarrollarse el proyecto.
- 2) Una orientación NW-SE. Este sistema de fracturamiento se presenta distribuido principalmente en la porción oriental del área estudiada.
- 3) Un sistema N-S, este sistema de fracturamiento se presenta principalmente en la parte norte de la península, en el área de estudio no se presenta.

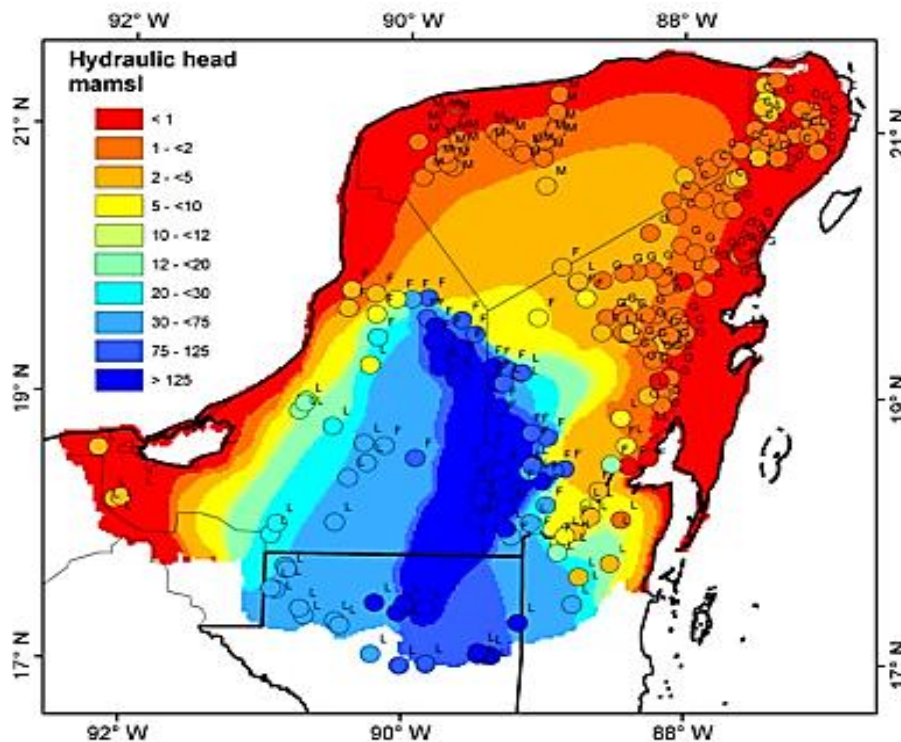
Figura 4. 18 Mapa esquemático de los flujos de agua subterráneos en la Península de Yucatán.



FUENTE: Construyendo las bases para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la Península de Yucatán, Noviembre 2003.

Relacionado a lo anterior, en general los puntos con mayor carga hidráulica se encuentran en la zona central de la Península de Yucatán y van disminuyendo hacia la costa en donde se registran valores menores a 1 m por encima del nivel medio del mar. Es decir, que el potencial hidráulico de la zona costera donde pretende desarrollarse el Proyecto, alcanza valores no mayores a 1 msnm, como se muestra en la Figura 4. 19. Es de suponer que el comportamiento estacional de la zona de estudio es similar en la temporada de lluvias y secas.

Figura 4. 19 Modelo del potencial hidráulico de la Península de Yucatán.



Fuente: Gondwe et. al, 2011.

Debido al origen cárstico del área de estudio; la hidrogeoquímica está definida por la disolución de las rocas carbonatadas presentes, el contenido iónico del agua subterránea y los tipos de agua. Para la región de estudio se han descrito 4 grupos de agua (EXYCO S. A.):

1. Tipo I. Pertenece al grupo de aguas bicarbonatadas-cálcicas representativas de área de recarga e incipiente circulación, asociadas a las áreas de Nuevo Xcan, Leona Vicario y Tres Reyes.
2. Tipo II. Representa aguas con procesos de disolución de rocas; generalmente llamadas mezclas o aguas mixtas; estas son representativas del área de Cobá, Macario Gómez y Héroes de Nacozari, también se pueden mencionar Central Vallarta, y la zona de captación de Cancún.
3. Tipo III. Pertenece a aguas con bajas y altas concentraciones de sólidos totales disueltos, identificado por procesos de incipiente circulación y aguas de reciente infiltración; representado por el acuífero costero norte (Cancún), formado en su mayoría por acuíferos colgados.
4. Tipo IV. Este tipo de aguas está asociado a aguas salobres y salinas con mezcla de agua oceánica y descargas costeras. Esta agua es representativa de la zona costera centro y sur (desde Puerto Morelos hacia Tulum).

La caracterización hidrogeoquímica del mismo estudio (EXYCO S. A.) hace mención de que la recarga del acuífero regional se encuentra en la zona con agua Tipo I. La zona de Nuevo Xcan muestra una evolución de agua de reciente infiltración a incipiente disolución de yesos y mezcla.

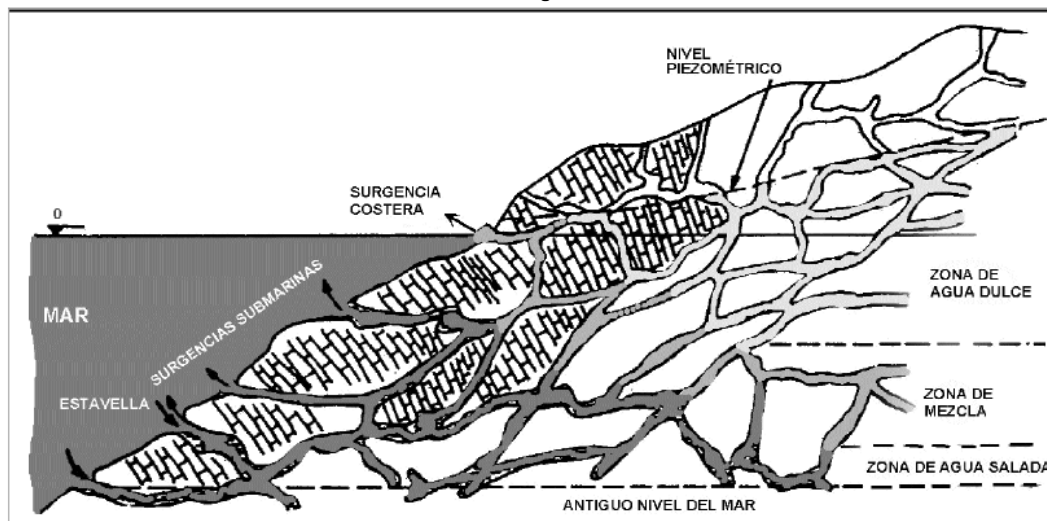


La zona costera sur de la península indica una trayectoria de agua salobre a agua con influencia netamente marina. Finalmente el estudio de EXICO, menciona que durante el viaje del agua subterránea hacia la costa se observa un aumento paulatino de la conductividad eléctrica con zonas que van de 1500 hasta 3000 micromhos/cm. Es importante destacar que existe una invasión de agua marina en la porción sur del área de estudio, representada por la curva de 4000 micromhos/cm entre las poblaciones de Tulum y Paamul, logrando ingresar hasta 24 Km hacia el continente entre Xel-ha y Xpuha; esta manifestación es constante en temporada de lluvias y de sequías.

La formación y el funcionamiento de los humedales en las costas de la Península de Yucatán depende en gran medida de la dinámica freática que determina la intrusión de la cuña salina en forma de capas (Figura 4. 20 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), de tal forma que sobre la capa salina existe una de agua dulce de menor densidad y entre ellas una zona de mezcla.

La variación diaria en la componente vertical derivada de la influencia de la marea es un segundo factor crítico que determina el grosor y profundidad de dichas capas, y es independiente a la variación del nivel freático determinada por la precipitación.

**Figura 4. 20** Modelo conceptual del flujo y descarga de agua dulce para el estado de Yucatán y su relación con la intrusión de agua marina.



Fuente: Fernández et. al. 2003.

#### 4.3.1.5.2. Geohidrología a nivel local

En la zona costera oriental de la Península de Yucatán, existen dos principales tipos de sistemas de flujo en el acuífero costero. Estos presentan gradaciones entre ellos: un sistema en medios granulares el cual está integrado por las rocas del Cuaternario (Pleistoceno-Holoceno) y un sistema en fracturas y cavidades cársticas en los materiales del Terciario (Pre-Pleistoceno, Formación Carrillo Puerto).

En el proyecto en estudio, se tiene la presencia de un acuífero de tipo libre o freático, con marcada heterogeneidad respecto a sus características hidráulicas. En la llanura el acuífero presenta un



notable desarrollo cárstico, al que se debe su gran permeabilidad secundaria y es donde se localizan los cenotes.

En el acuífero del área de estudio no existe agua dulce, en los primeros 20 m se presenta una agua salobre con conductividad eléctrica entre 2,000 y 4500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  la cual, a su vez, sobreyace al agua de mar que proviene de la intrusión. Esto se debe a que el suelo del predio está formado por calizas de características variadas y depósitos de litoral.

Entre Akumal y Xel-ha, en donde las manifestaciones cársticas encuentran su mayor expresión y se han reportado la presencia de grandes cavernas en el subsuelo. En estas regiones por lo general no se encuentra agua dulce solo se tiene agua salobre en donde las menores concentraciones salinas se presentan al final de la temporada de lluvias y las mayores durante el estiaje.

La porosidad y permeabilidad primarias del acuífero dependen de su litología. Sus valores son altos en los estratos constituidos por conchas de esqueletos y organismos, mientras que son bajos en los estratos de caliza masiva. A lo largo del tiempo, estas características originales han sido modificadas por fracturamiento, disolución y abrasión, dando lugar a la porosidad y permeabilidad secundarias que varían dentro de un amplio rango de valores altos; además de presentar una distribución espacial muy irregular tanto horizontal como verticalmente, a causa del errático curso y variado tamaño de los conductos.

Con base en la revisión de los estudios previos proporcionados, se hace notar que no existe información hidrogeológica para definir las direcciones de flujo subterráneo de la zona, por lo cual para determinar la dirección del flujo subterráneo se recopiló información en el Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA, el cual proporcionó datos de profundidad del nivel estático de la red piezométrica Cancún-Tulum (Tabla 4. 9).

**Tabla 4. 9** Profundidad y elevación del nivel estático de la red piezométrica Cancún-Tulum.

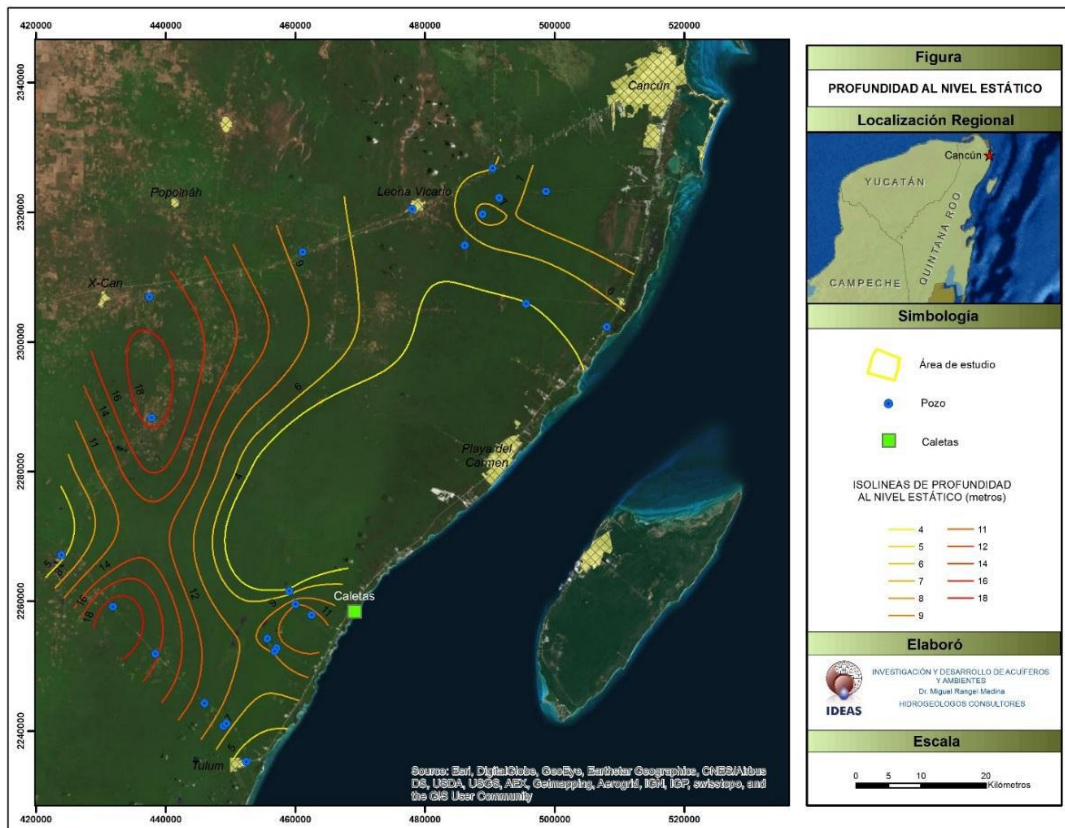
NO	POZO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	CORDENADAS UTM		COTA BROCAL (MSNM)	ALTURA BROCAL (M)	PROFUNDIDAD (M)		MAYO DEL 2016	
				X	Y			TOTAL	ACTUAL	PROF. (m)	ELEVACION (msnm)
1	Zona Agrícola	21.041944	-87.091389	490,516	2,326,845	7.862	0.20	38.45	38.00	6.01	1.852
2	Santo Domingo	20.924722	-87.373056	461,202	2,313,891	10.636	0.28	41.10	11.00	8.10	2.536
3	Nuevo Xcán	20.861667	-87.600556	437,538	2,307,026	20.490	0.18	48.35	45.62	17.16	3.330
4	Tres Reyes	20.693611	-87.596111	437,930	2,288,428	23.021	1.26	80.00	78.00	18.36	4.661
5	Cobá	20.501667	-87.729167	423,956	2,267,233	7.862	0.30	34.25	24.65	4.34	3.522
6	Rancho Viejo	20.295556	-87.516667	446,092	2,244,372	13.566	0.28	23.35	22.60	10.73	2.836
7	Chemuyil Caseta	20.372778	-87.410278	457,180	2,252,878	12.669	0.84	18.25	15.87	9.96	2.709
8	Chemuyil-2	20.368333	-87.413056	456,892	2,252,366	11.517	0.24	12.15	10.50	9.34	2.177
9	Chemuyil 3 Reyes	20.385833	-87.424167	455,784	2,254,377	7.011	0.28		5.40		
10	Uxuxubi-1	20.419167	-87.358889	462,548	2,257,975	13.895	0.36	20.55	20.00	11.54	2.355
11	Akumal 1	20.452222	-87.391667	459,156	2,261,621	6.887	0.17	44.55	44.30	4.80	2.087
12	Akumal 2	20.433889	-87.382500	460,083	2,259,595	12.776	0.10	52.95	52.80	10.79	1.986
13	Rancho Loma Bonita	20.820833	-86.921944	508,120	2,302,387	6.277	0.25	13.15	13.26	5.27	1.007
14	Central Vallarta	20.853333	-87.041389	495,697	2,306,916	5.575	0.30	28.75	10.50	3.97	1.605
15	Km. 10	20.934444	-87.132500	486,220	2,314,950	6.915	0.18	35.25	34.25	5.29	1.625
16	Aeropuerto 17	21.000556	-87.081667	491,523	2,322,300	8.425	0.12	22.50	17.50	6.69	1.735
17	Aeropuerto 23	20.977778	-87.106111	488,971	2,319,751	8.916	0.12	55.95	50.00	7.22	1.696
18	Aeropuerto 92	21.010000	-87.012222	498,732	2,323,325	9.277	0.15	22.95	23.00	7.56	1.717
20	Pozo 3 SAP Tulum	20.263833	-87.488667	448,972	2,240,551		0.70				
23	Leona Vicario	20.984861	-87.210889				0.15	80.00	78.00	4.58	
24	Manuel Antonio Ay	20.429994	-87.652736			20.600	0.33	50.00	52.00	18.90	1.700
25	Francisco Uh May	20.364500	-87.589736			17.460	0.42	50.00	51.00	16.23	1.230
26	SAP Tulum	20.267596	-87.484371			3.595		30.00	30.60		
27	Cárcamo Tulum	20.214497	-87.454694			5.492		30.00	30.62	3.94	1.552

FUENTE: CONAGUA.

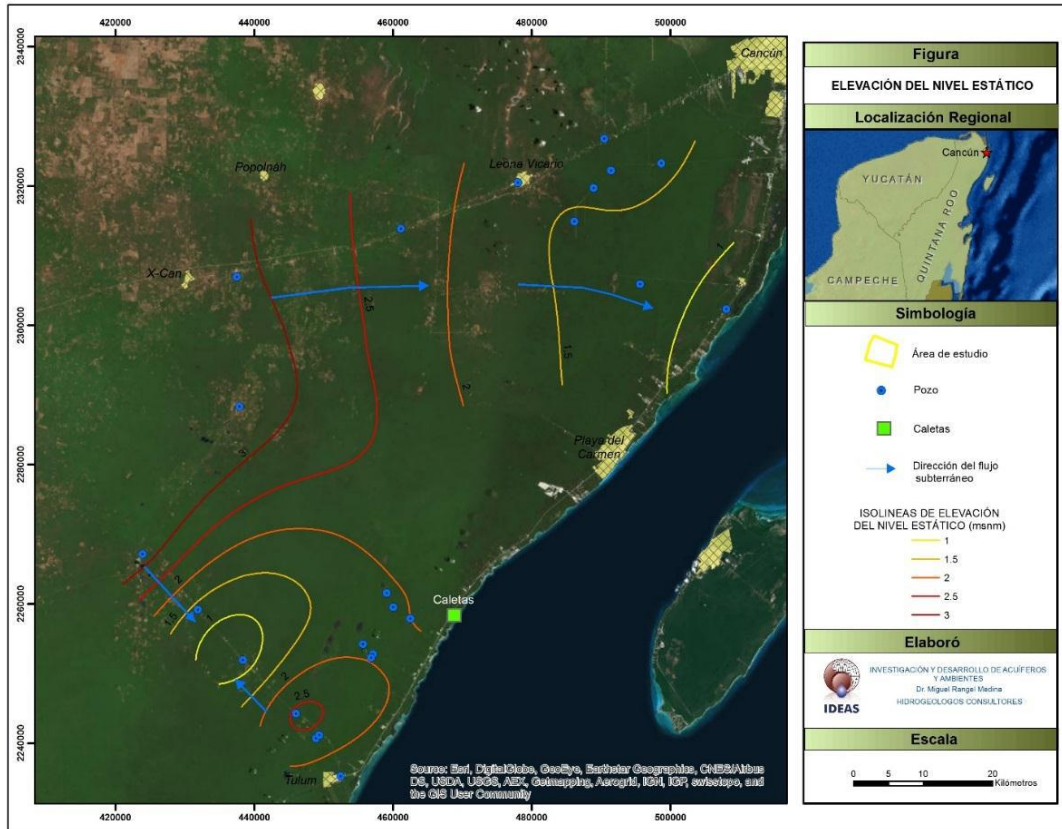
De acuerdo a la información recopilada, la profundidad al nivel freático de la zona, varía de 3.97 a 18.9 metros, las mayores profundidades se localizan al noroeste de Tulum y las menores al noroeste de Akumal y de Playa del Carmen (Figura 4. 21).

La elevación del nivel estático varía entre 4.66 a 1.0 msnm, por lo tanto la dirección del flujo del agua subterránea tiene varias componentes, la primera que es de oeste a este, de la parte alta de Xcan hacia la parte norte de Playa del Carmen. En la porción oeste de Tulum, debido a la extracción de agua subterránea el flujo subterráneo se ha invertido del sureste al noroeste. Por lo tanto, la zona de recarga para la zona de estudio se encuentra al oeste (Figura 4.22).

**Figura 4. 21** Profundidad al nivel estático para el área donde se ubica el proyecto.



**Figura 4. 22** Dirección del flujo hídrico subterráneo en la región donde se ubica el Proyecto.



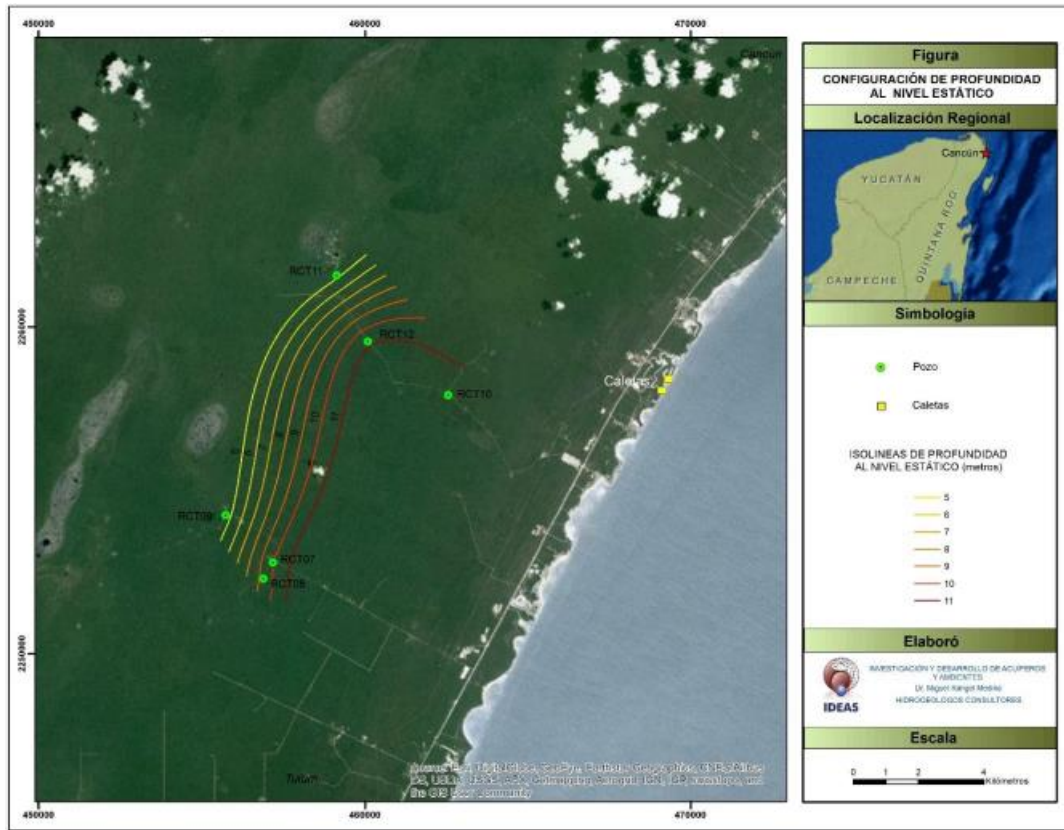
Para conocer más a detalle la zona donde se ubica el proyecto de las “Caletas Artificiales”, se seleccionaron 6 aprovechamientos de la red piezométrica de CONAGUA, localizados a una distancia entre 11 a 15 km al oeste del Proyecto. En estos se observa que la profundidad oscila entre 5 a 12 m, y las elevaciones del nivel estático varía entre 1.9 a 2.7 msnm (Tabla 4. 10, Figura 4. 23).

**Tabla 4. 10** Profundidad y elevación del nivel estático cerca del área de estudio.

No.	POZO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	CORDENADAS UTM		COTA BROCAL (MSNM)	ALTURA BROCAL (M)	PROFUNDIDAD (M)		MAYO DEL 2016	
				X	Y			TOTAL	ACTUAL	PROF. (m)	ELEVACION (msnm)
7	Chemuyil Caseta	20.372778	-87.410278	457,180	2,252,878	12.669	0.84	18.25	15.87	9.96	2.709
8	Chemuyil-2	20.368333	-87.413056	456,892	2,252,366	11.517	0.24	12.15	10.50	9.34	2.177
9	Chemuyil 3 Reyes	20.385833	-87.424167	455,784	2,254,377	7.011	0.28		5.40		
10	Uxuxubi-1	20.419167	-87.358889	462,548	2,257,975	13.895	0.36	20.55	20.00	11.54	2.355
11	Akumal 1	20.452222	-87.391667	459,156	2,261,621	6.887	0.17	44.55	44.30	4.80	2.087
12	Akumal 2	20.433889	-87.382500	460,083	2,259,595	12.776	0.10	52.95	52.80	10.79	1.986

FUENTE: CONAGUA

**Figura 4. 23** Configuración de profundidad al nivel estático para el área donde se ubica el Proyecto.



Con los datos de la elevación del nivel estático se elaboraron las líneas de isovalores, para determinar la dirección del flujo subterráneo (Figura 4. 24). Las elevaciones oscilan entre 1.9 a 2.4 msnm, con una dirección del flujo subterráneo de oeste a este principalmente; sin embargo, existe un dirección del flujo en sentido contrario que va de este a oeste, pero no se observa que esto sea ocasionado por un bombeo excesivo que este provocando un abatimiento del nivel estático.

De igual manera este tipo de dirección del flujo subterráneo se observa en el zona de Xel Ha, ubicado al 10 km aproximadamente al sur de la zona de estudio, donde se observa que la fuente de descarga de agua subterránea en la Caleta de Xel Ha, proviene de la zona de los Cenotes de la Zona Arqueológica de Xel-Ha, formando un flujo radial una dirección hacia la línea de costa (sureste) y otra dirección hacia el continente (noroeste), donde converge con otro flujo subterráneo en dirección sureste (Figura 4. 25).



Figura 4. 24 Elevación del nivel estático y dirección del flujo subterráneo.

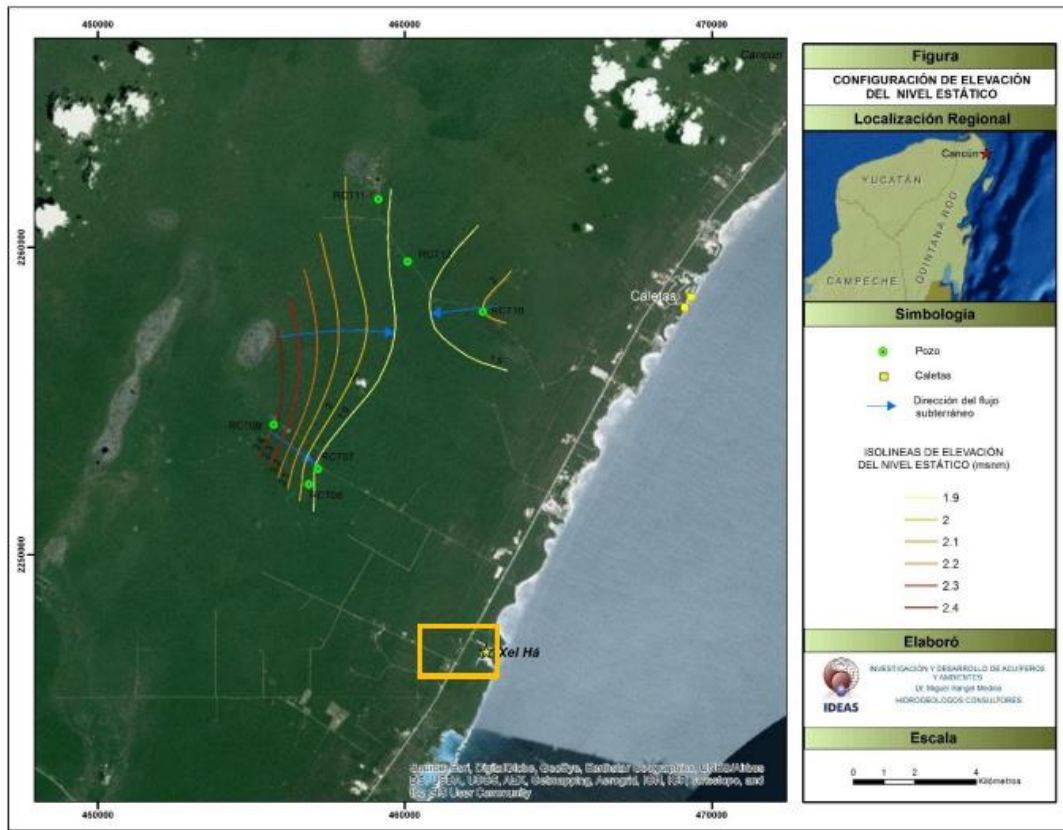
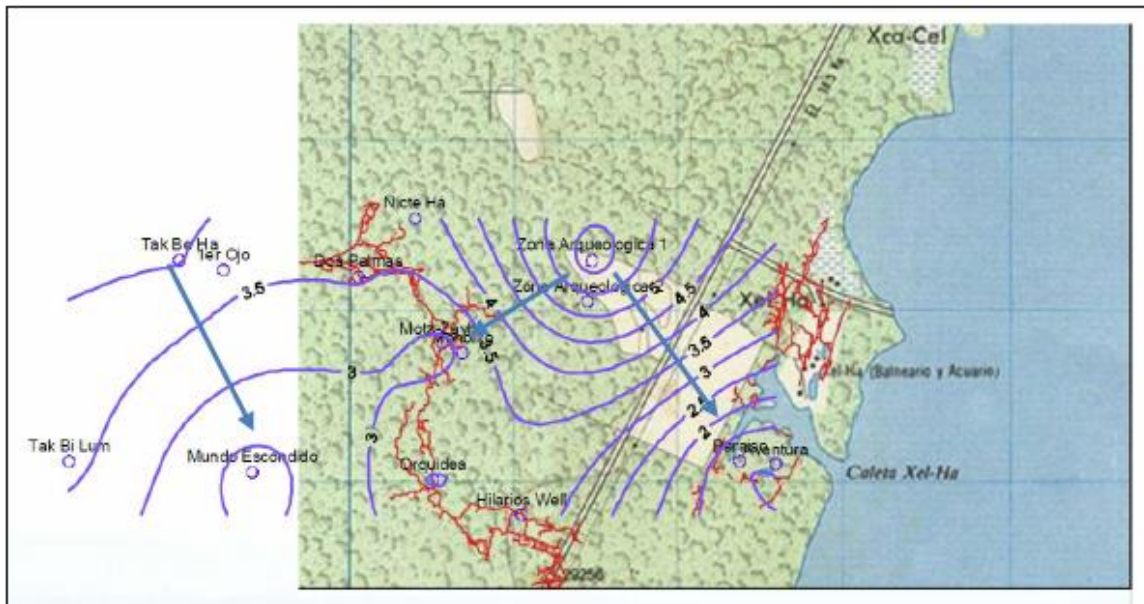


Figura 4. 25 Curvas de isovalores de igual carga piezométrica en Xel-Ha (UNAM 2005).



Para entender este tipo de flujos subterráneos, se tuvo que revisar y recopilar información, y se determinó que estos flujos están influenciados por el sistema de fracturas de la zona, el cual

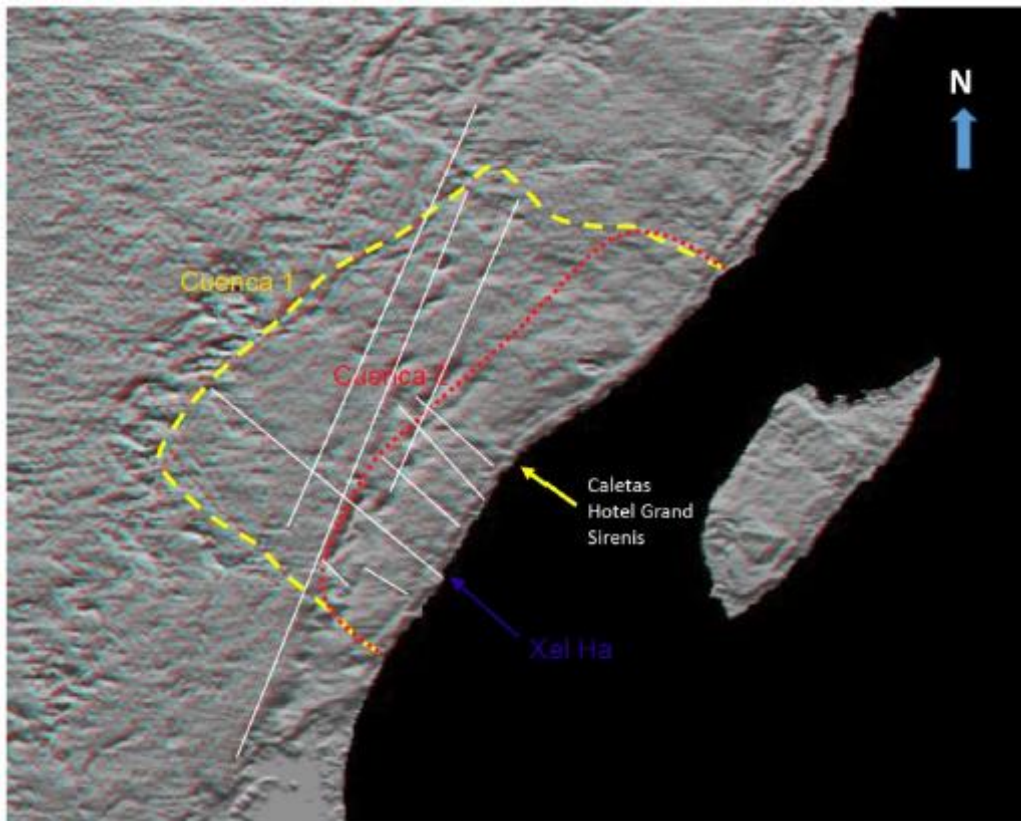


presenta un lineamiento en dirección NE-SW paralelo a la costa, que es donde converge el flujo subterráneo (Figura 4.26).

El flujo está dirigido hacia la parte alta de las caletas que tienen una característica forma de “Y”, donde a través de fracturas con orientación N-S descargan a canales principales que conducen el agua dulce al mar, como se puede ver en las caletas de Yal-Ku y Xel-Ha. Los cenotes con extensiones verticales considerables como “The Pit” (119 m de profundidad en el Sistema Dos Ojos) y “Blue Abyss” (74 m de profundidad en el Sistema Nohoch Nah Chich) indican que el desarrollo de sistemas extensos de cavernas ocurrió durante periodos que el nivel del mar se encontraba más abajo.

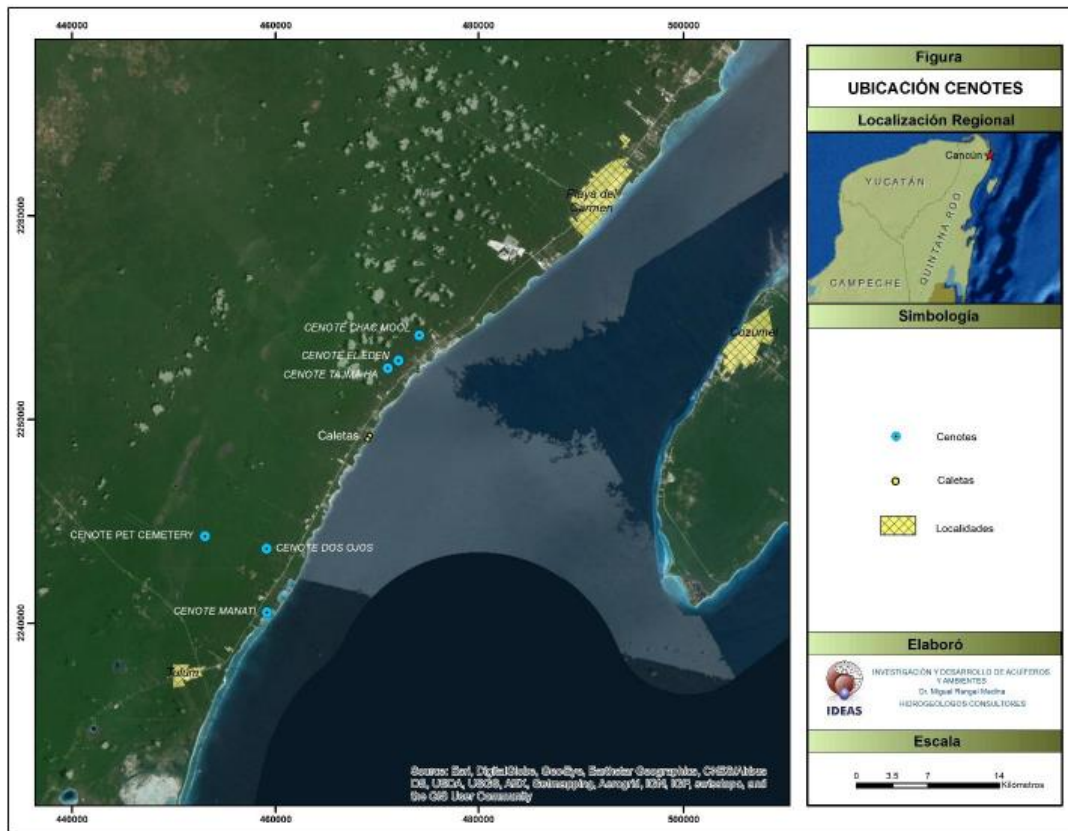
Los mecanismos de formación de estos conductos son corrosión debida a la mezcla del agua dulce con el agua salada y reacciones mediadas por bacterias. Algunos ejemplos de sistemas verticales extensos son el Sistema Abejas, donde una gruta llamada Aak Kimin (la cual descarga a la caleta de Yal-Ku), tiene de dos a cinco metros de ancho, y una profundidad de 69 metros.

**Figura 4. 26** Imagen de radar de interferometría donde se observan los principales lineamientos del área de estudio (UNAM, 2005).



Existen importantes cenotes y pequeños cenotes alrededor del proyecto de las “Caletas Artificiales”, que no se tiene información de la profundidad de nivel estático, así como de la calidad del agua, para determinar si no ha sido alterada en forma significativa por actividades antropogénicas (Figura 4. 27).

**Figura 4. 27** Principales cenotes alrededor del área donde se ubica el proyecto.



Por otra parte, los resultados del último monitoreo de calidad del agua para el DTGS realizado en mayo de 2015, arrojan que la temperatura en el SAR del proyecto se comporta de manera normal con valores entre 29°C y 30°C. Se registraron valores de conductividad eléctrica entre los 43 y 57 mS/cm, lo que se relaciona con los valores obtenidos de sólidos totales disueltos (entre los 27 y 37 gr/L) y la salinidad (entre 27 y 37 ppt). El oxígeno disuelto demuestra ambientes con condiciones adecuadas para la vida de los organismos acuáticos (valores entre 5 mg/L, y 9 mg/L). El pH promedia el valor de 7.85 representando un sistema alcalino. La turbidez del agua es buena. Los valores de Nitrógeno Total son normales y no sobrepasan los límites permisibles por la NOM-001-SEMARNAT-1996. El Nitrógeno amoniacal presenta valores normales, de acuerdo al tipo de agua analizada (salada / marina). El Fósforo Total presenta valores normales en los sistemas acuáticos del predio. Los Nitritos y Nitratos presentan valores normales y no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad ambiental vigente. Los coliformes totales y fecales presentan valores normales y no sobrepasan los límites permisibles.

De manera general, la calidad del agua en el sistema es normal. Los valores de los parámetros analizados muestran condiciones normales y estacionales, y no se detectan condiciones que pudieran representar problemas para la biodiversidad terrestre y marina.

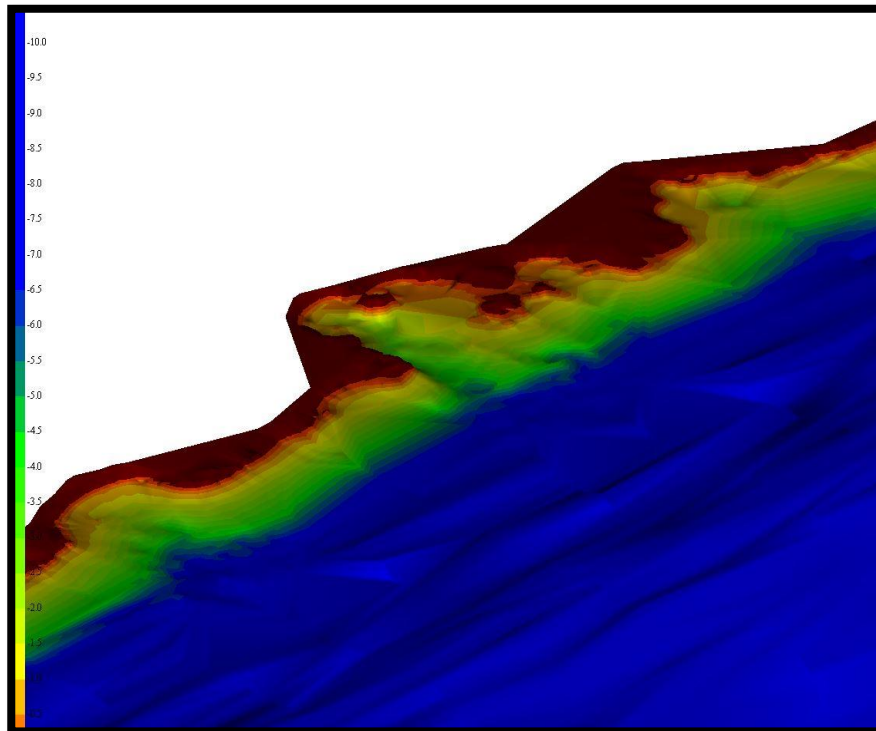
#### 4.3.1.6. Hidrografía del SAR

Para el Proyecto se realizaron estudios hidrográficos elaborados por la empresa TECNOCEANO, Ingeniería y Estudios Marinos, y reportados en el documento denominado “*Descripción técnica de estudios hidrográficos para proyectos de mejoramiento de playas frente a Grand Sirenis Riviera Maya Resort*” que se puede consultar en el Anexo 4.4, y cuyos resultados se presentan a continuación.

##### 4.3.1.6.1 Batimetría

El área de estudio es similar a lo que se conoce a todo lo largo de la costa de Quintana Roo, en donde existe un talud suave que gana profundidad paulatinamente hasta encontrar una caída vertical en donde se gana profundidad rápidamente y cuya profundidad supera los 100 m. La pared en la que la profundidad supera los 100 m se encuentra aproximadamente a 736 m de la costa (Figura 4. 28 y Figura 4. 29).

**Figura 4. 28** Modelo tridimensional de la topobatemetría frente al área donde pretende desarrollarse el proyecto (las elevaciones se muestran exageradas tres veces).



La batimetría obtenida frente al desarrollo se caracteriza por una pendiente aproximada de  $2^\circ$  dentro de los 600 metros más próximos a la costa (20 m de profundidad a 600 m), la pendiente se incrementa a  $9^\circ$  en los siguientes 160 metros mar adentro (45 m de profundidad a 760 m), con un incremento aún mayor la pendiente alcanza los  $18^\circ$  en un tramo de 70 m aproximados (profundidades del orden de 70 m a 830 m de la costa). Por lo anterior, se concluye que salvo en las caletas y bancos de arena cercanos a la costa, la batimetría es regular. La irregularidad de la batimetría en las caletas al igual que las bajas profundidades en ellas, se debe a la presencia de arrecifes.

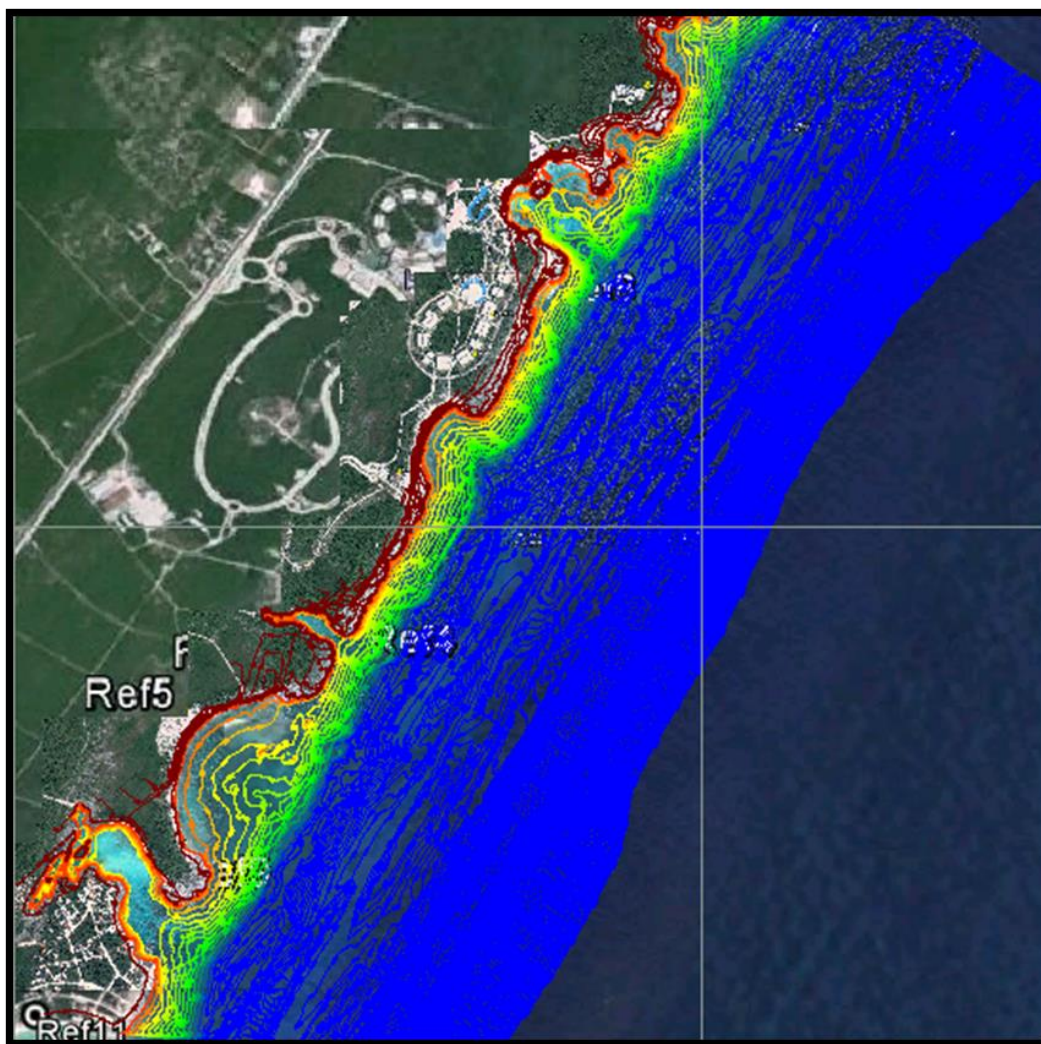


## 4.3.1.6.2 Definición de la celda litoral

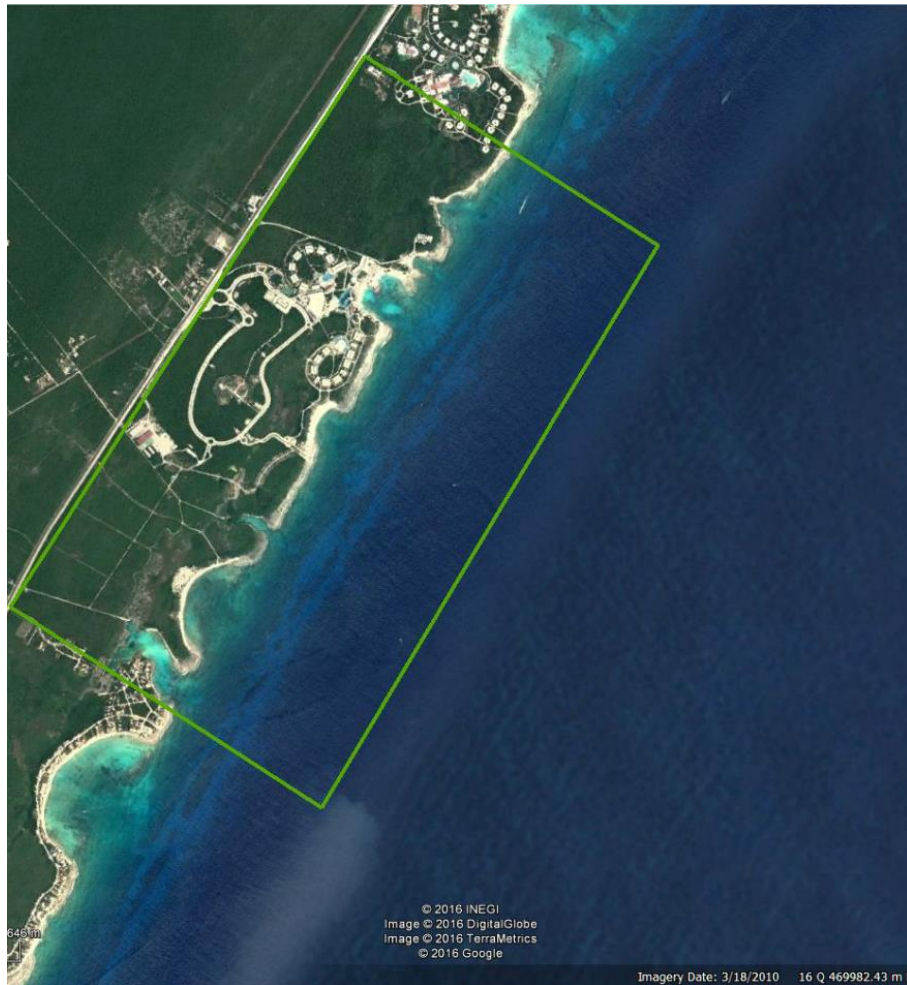
De acuerdo a Inman (2003), una celda litoral es un tramo de costa aislado con sedimentos y fisiografías similares el cual cuenta con sus propias fuentes y salidas de sedimentos. Para la zona de estudio se ha determinado una celda litoral que se muestra en la Figura 4. 30, la cual está delimitada por zonas totalmente rocosas en sus extremos.

Las playas en la celda litoral son de escasa arena atrapada por las rocas y arrecifes que restringen el transporte sedimentario longitudinal. Todo el flujo (entrada y salida) de sedimento en la celda litoral es marino y se debe al transporte transversal y longitudinal. Una cantidad de sedimento que ingresa a la celda litoral queda retenido dentro de la misma (en la playa o bancos de arena) debido a los arrecifes y a que el transporte longitudinal es interrumpido por salientes rocosas. La cantidad de sedimento que escapa, lo hace hacia aguas abiertas debido al transporte transversal causado por efectos del oleaje.

**Figura 4. 29** Plano con isobatas del área frente a la costa donde pretende desarrollarse el proyecto



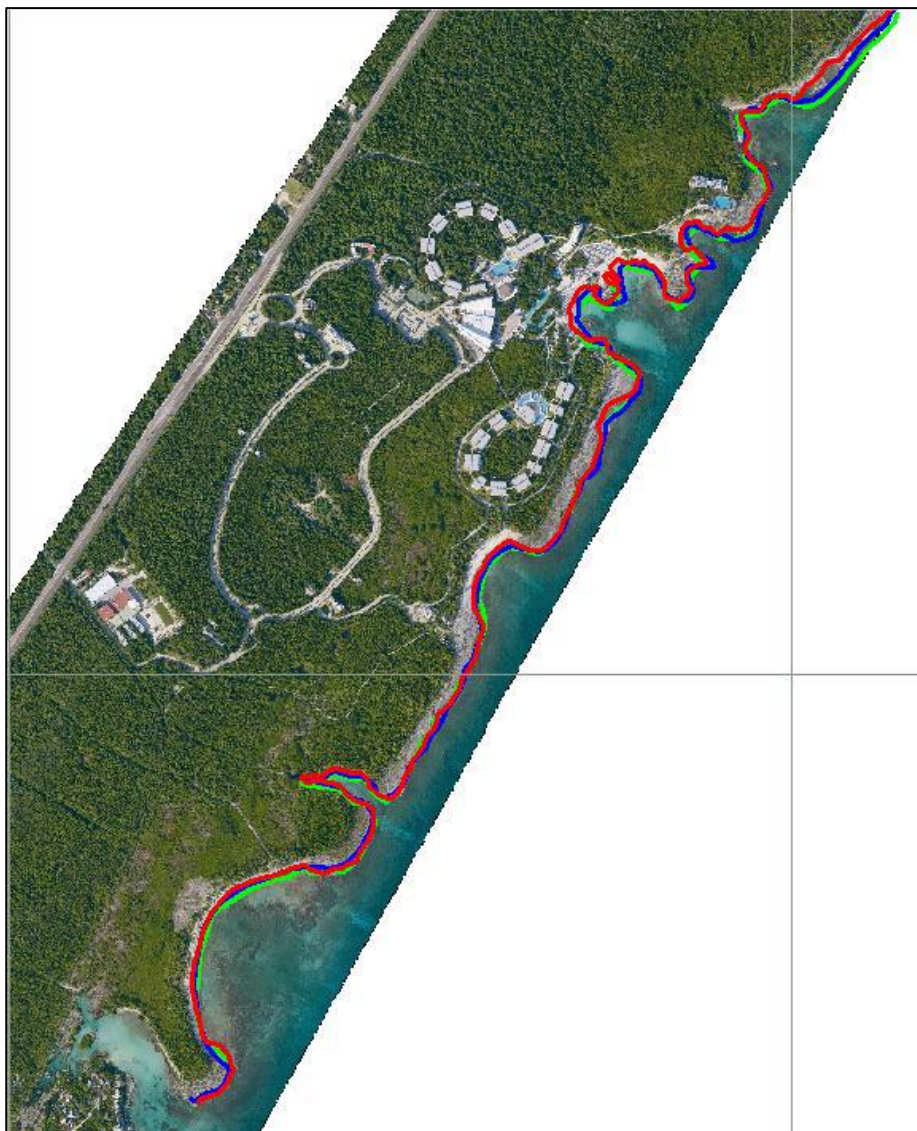
**Figura 4. 30** Celda litoral definida para la descripción de la hidrografía en el SAR del Proyecto.



La celda litoral seleccionada es muy estable, como muestran los resultados de comparaciones de la cota 0.00 obtenidas a través de imágenes satelitales geo-referenciadas durante los años 2006, 2010 y 2016. Cabe destacar que la línea de costa no ha sido modificada por acción directa del hombre. Ese fenómeno puede deberse a que es una costa rocosa, por lo que difícilmente puede ser modificada en el corto y mediano plazos (Figura 4. 31).



**Figura 4. 31** Línea de costa de los años 2006 (verde), 2010 (azul) y 2016 (rojo) ajustadas a partir de imágenes satelitales calibradas y adquiridas de la base histórica de Google Earth.



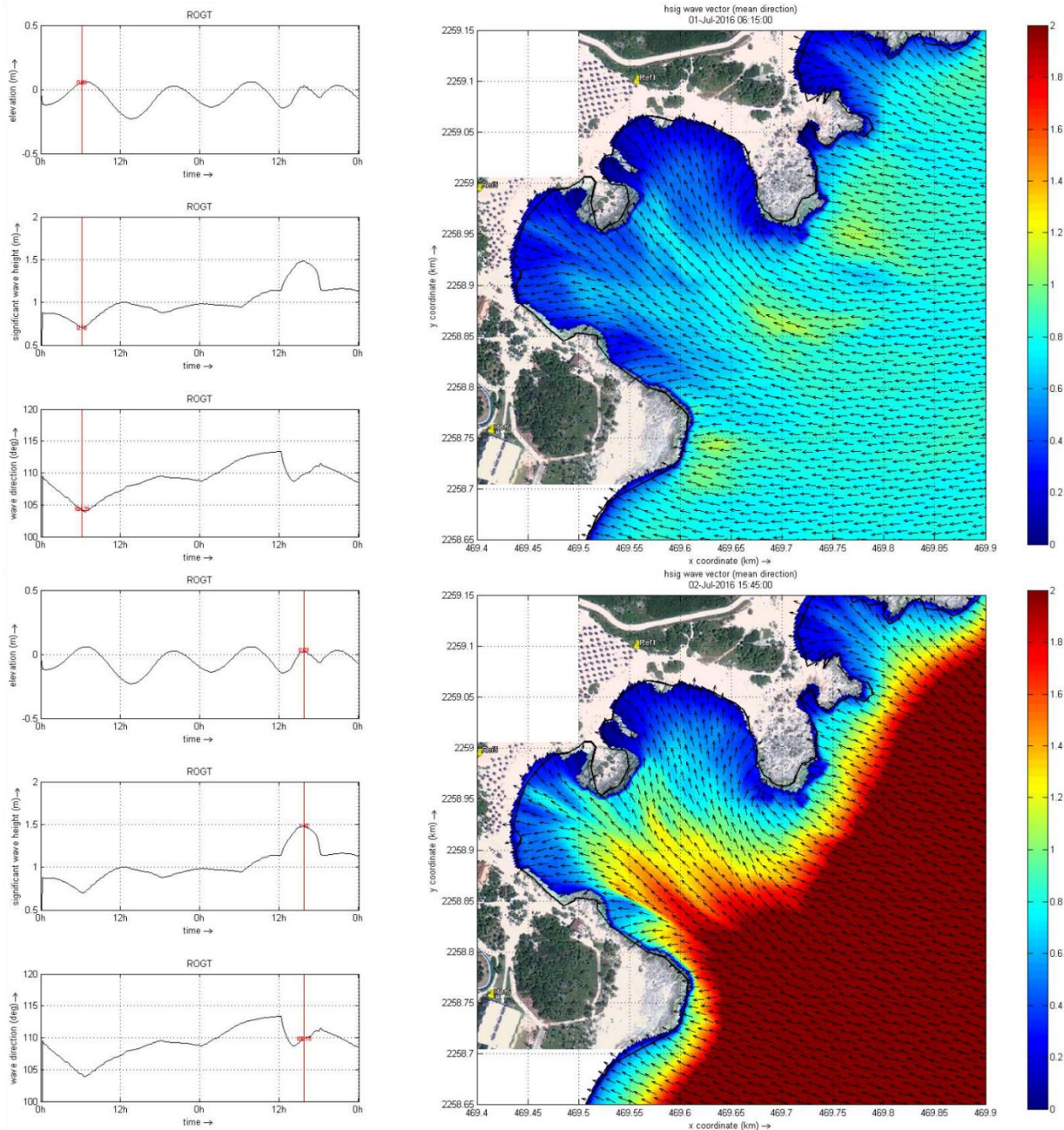
#### 4.3.1.6.3 Mareas y oleaje

Los niveles máximos y mínimos de marea registrados en la celda litoral aparecen solo 2 ó 3 veces en un mes. La diferencia entre los niveles de Pleamar Media Superior y Bajamar Media Inferior es de 0.3 m.

La propagación del oleaje es prácticamente frontal a la costa en el área del SAR marino. El oleaje presenta muy poca resistencia para alcanzar la playa, la reducción energética se debe en gran medida a la fricción de fondo y rotura de la ola a causa del someramiento debido a la presencia de arrecifes coralinos, y este es significativo en una distancia muy corta a la línea de costa. La disminución del oleaje a causa de la refracción y difracción es mínima.

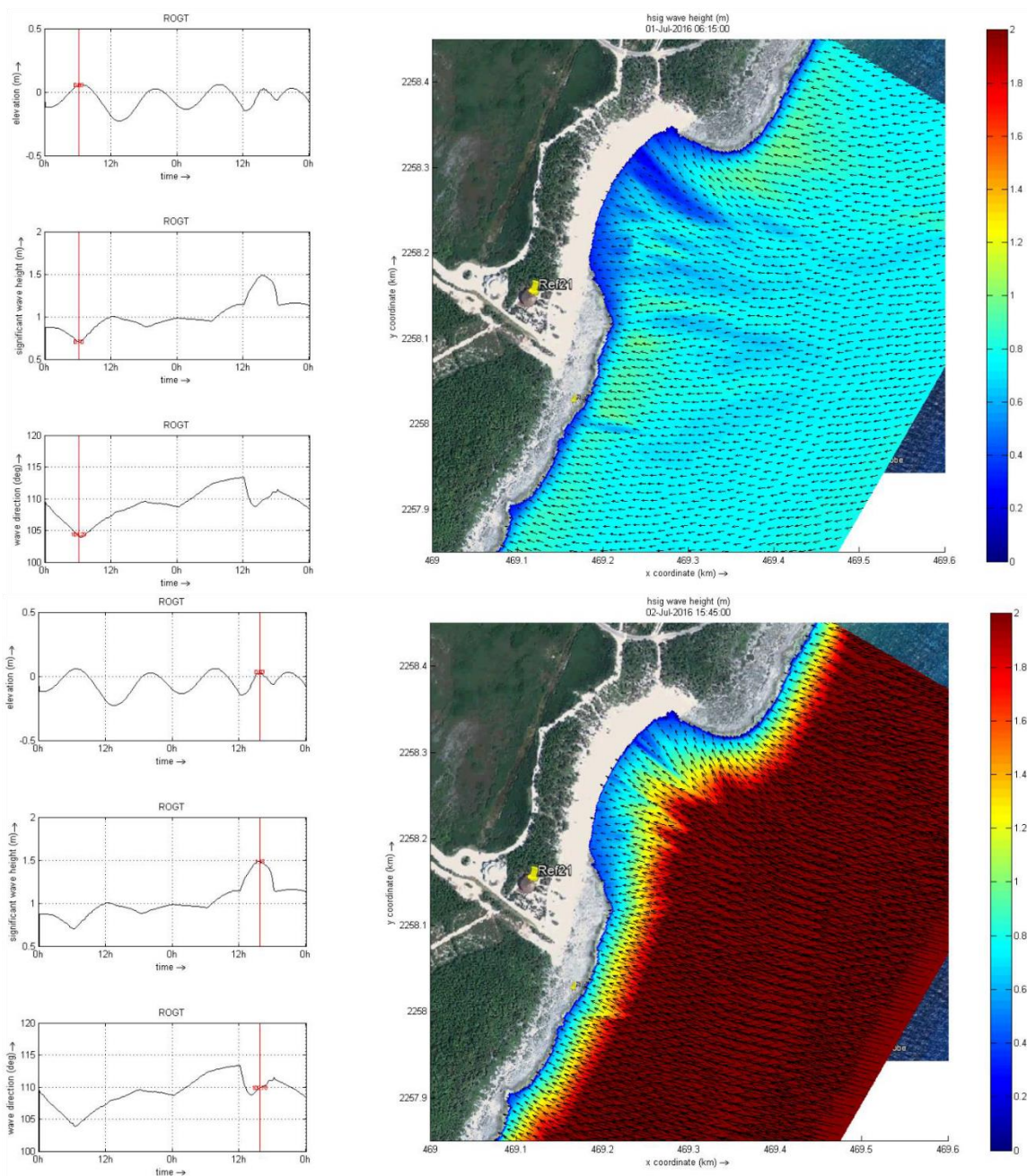
En las Figura 4. 32 y Figura 4. 33 se pueden observar los resultados de los modelos aplicados para las zonas norte (Bahía Xaac), centro y sur del SAR en cuanto al comportamiento del oleaje dependiendo de su dirección y altura.

**Figura 4. 32** Modelo de la altura del oleaje (m) en aguas profundas para la zona Norte del SAR. Arriba: oleaje proveniente del NE con altura de ola de 1.2 m. Abajo: oleaje proveniente del E con altura de ola de 6 m.



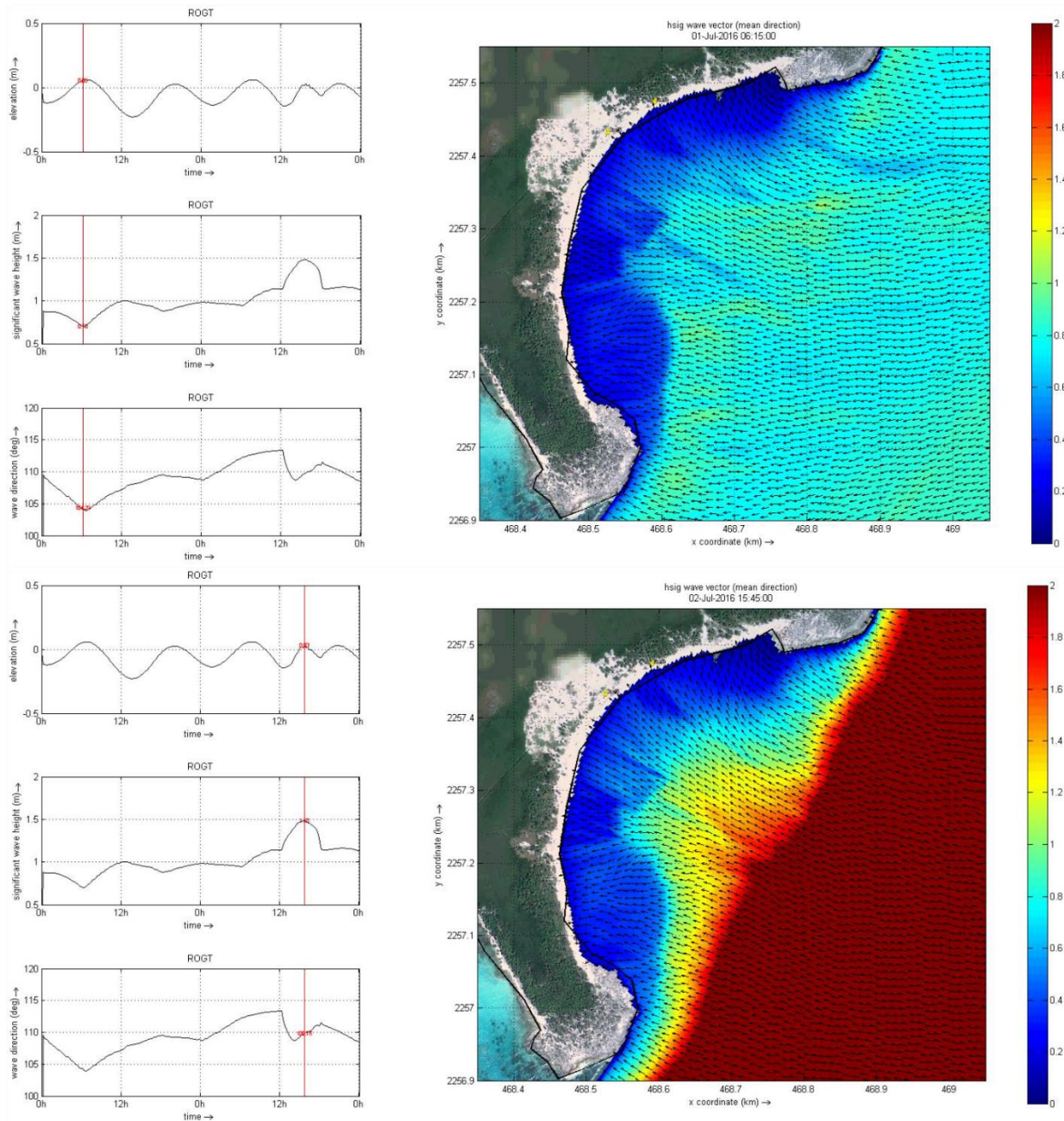


**Figura 4. 33** Modelo de la altura del oleaje (m) en aguas profundas para la zona Centro del SAR. Arriba: oleaje proveniente del NE con altura de ola de 1.2 m. Abajo: oleaje proveniente del E con altura de ola de 6 m.



Las corrientes en la región donde se ubica el Proyecto dependen principalmente de las mareas y en segundo término del oleaje y de la fricción del viento. Cerca de la costa viajan en dirección suroeste y con intensidades por debajo de 0.1 m/s. Cerca de la pared y después de esta la corriente se dirige al Noreste debido a la corriente dominante del canal de Yucatán.

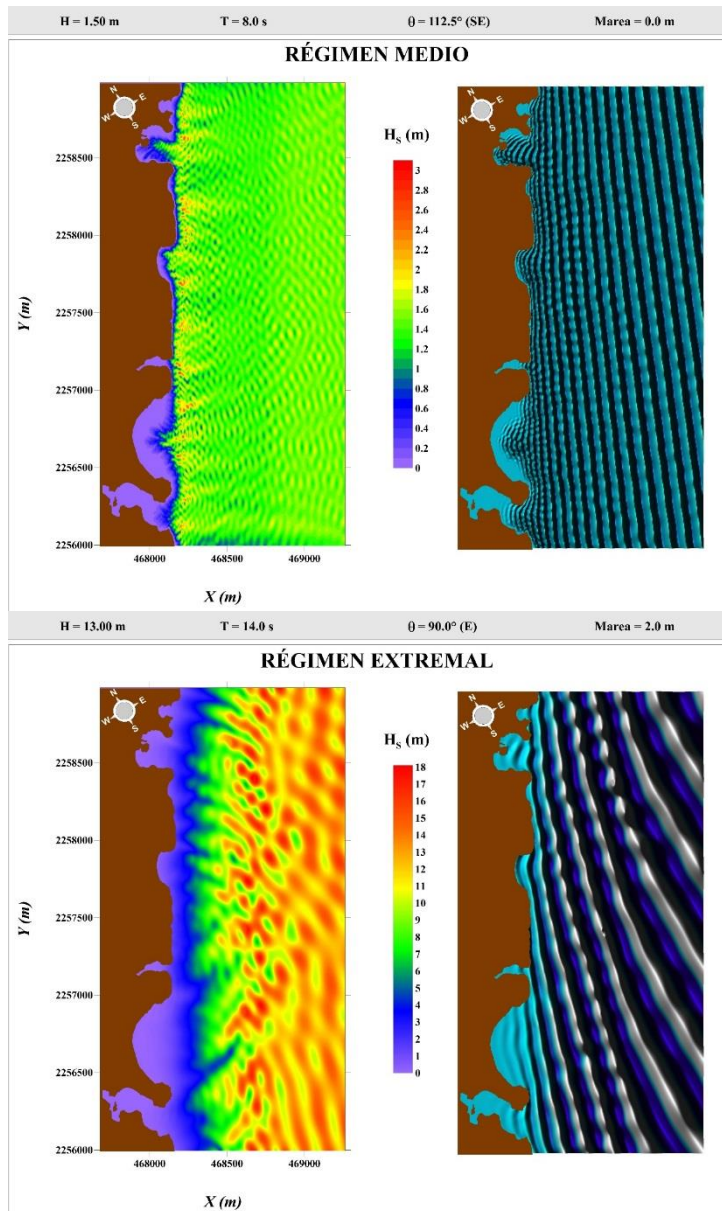
**Figura 4. 34** Modelo de la altura del oleaje (m) en aguas profundas para la zona Sur del SAR. Arriba: oleaje proveniente del NE con altura de ola de 1.2 m. Abajo: oleaje proveniente del E con altura de ola de 6 m.



Los resultados de los modelos de oleaje que presentan la altura máxima instantánea en diferentes condiciones muestran que bajo un régimen medio, las olas llegan a la costa con relativamente baja energía. Es de especial mención que al interior de las caletas naturales no se aprecia ingreso importante del oleaje debido a su baja profundidad, por lo que se confirma su posible uso como zonas lúdicas siempre que la biota marina así lo permita (Figura 4. 35).



**Figura 4. 35** Resultados del modelaje de la propagación del oleaje en el área del proyecto. Arriba: Altura de ola 1.5 m; dirección del viento: SE; marea de tormenta: 0.00 m. Abajo: Altura de la ola 13 m; dirección del viento: E; marea de tormenta: 2.00 m.



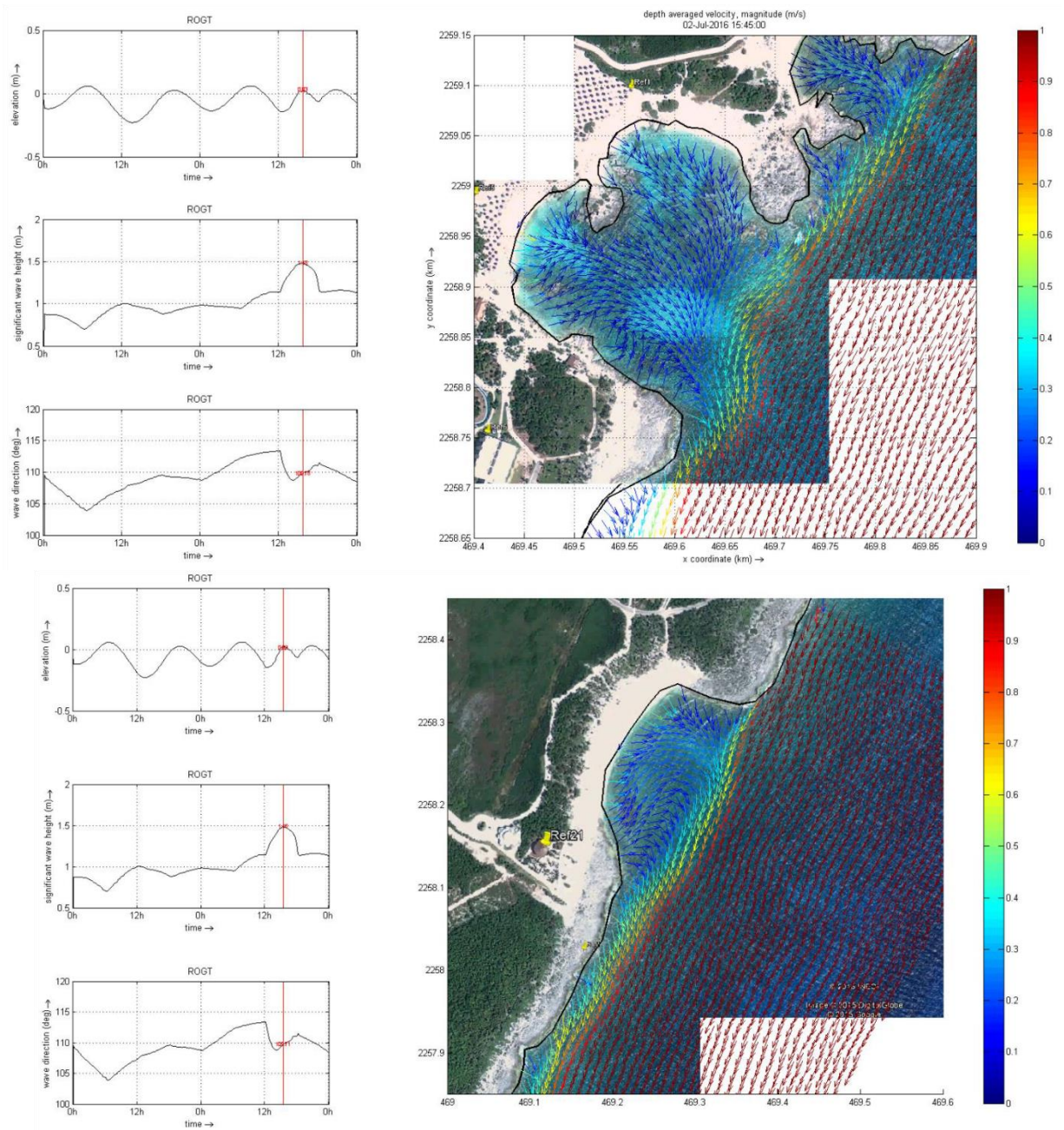
Los casos con oleaje extremo muestran alta energía en las zonas expuestas directamente al mar y, aparentemente, poca energía en los cuerpos semi-cerrados. Sin embargo, al observar el campo de superficie libre es claro que sí se presenta agitación, es decir, el oleaje de tormenta sí penetra en las caletas, particularmente en la norte y en la central (I.I. UNAM, 2016, Anexo 4.3).

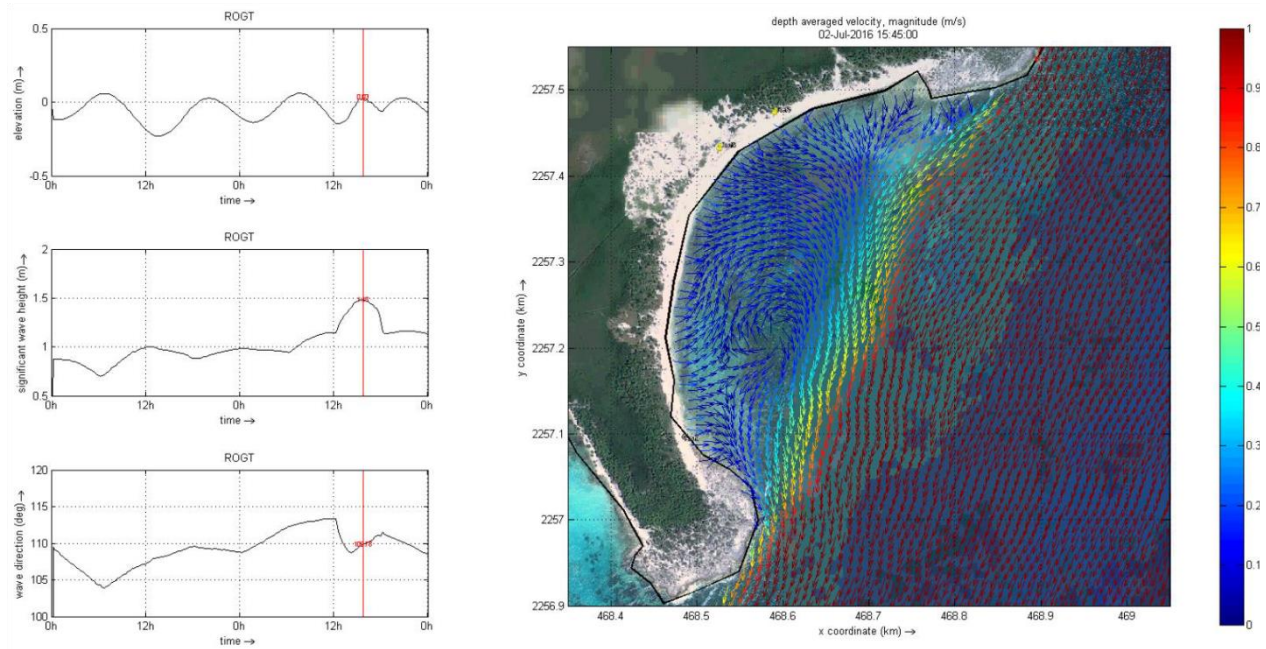
#### 4.3.1.6.4 Corrientes

Las corrientes en el SAR se comportan de forma similar al resto de la costa de Quintana Roo. Existe una corriente dominante hacia el Noreste en el área del canal de Yucatán y corrientes de menor intensidad conforme se acerca a la costa. En algunos puntos cercanos a la costa la corriente se dirige al Suroeste por la formación de remolinos locales (Figura 4. 36).



**Figura 4. 36** Resultados del modelaje de la dirección de las corrientes durante el pico de una tormenta en el área donde pretende desarrollarse el Proyecto. Arriba: Zona norte (Bahía Xaac); Centro: zona centro; Abajo: zona sur.





La magnitud promedio de la corriente modelada dentro de las caletas naturales en cada una de las tres zonas fue menor a 0.1 m/s sin embargo, fuera de las zonas abrigadas, pero a pocos metros de la costa se observaron corrientes de aproximadamente 0.9 m/s, durante condiciones de tormenta (TECNOCEANO 2016).

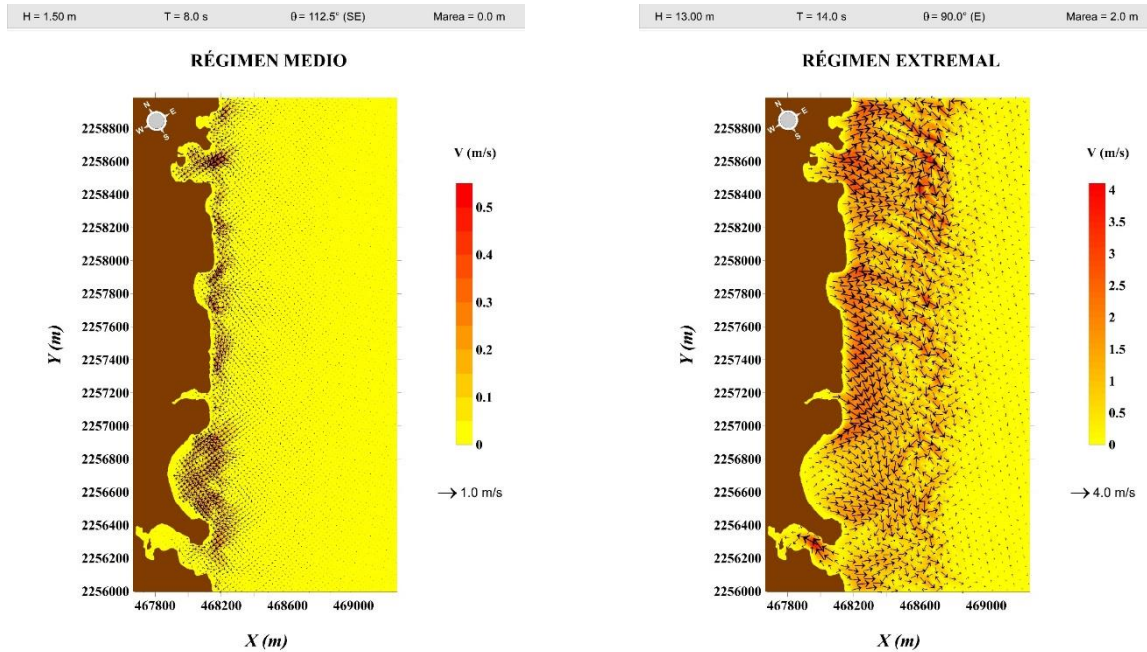
La dirección de las corrientes indica un transporte de sedimentos dominante hacia el sur. Por lo que respecta a las caletas, todas parecen ser importadores de sedimento en régimen medio y, en los casos extremos, se observa una tendencia a exportar material. Como era de esperarse se presentan mayores velocidades en las respectivas zonas de rompientes (I.I. UNAM 2016).

En la Figura 4. 36, se muestran los resultados de las modelaciones de corrientes. En forma de flechas se muestran las direcciones de la corriente inducida por el oleaje, mientras que la intensidad de la corriente se ha dibujado en colores en una escala de amarillo (menores valores) a rojo (mayores valores). Cabe señalar que la dirección de esta corriente es prácticamente la misma que tendrá el transporte de sedimentos y su intensidad es un indicador de la capacidad que tendrá de remover el material depositado en la costa (I.I. UNAM 2016).

#### 4.3.1.6.5 Morfología costera

La principal característica de la morfología costera de la zona es la existencia de un grupo de caletas naturales protegidas del oleaje y de las corrientes. Otra característica relevante, propia de toda la Riviera Maya, es lo estrecho de la plataforma continental que alcanza, en pocos metros, grandes profundidades. Esto hace que las playas en costas que se encuentran expuestas directamente al mar, no sean capaces de mantener volúmenes considerables de arena (en muchas ocasiones solo se encuentra roca) y que la arena que viaja en sentido transversal a la costa, se pierda en el acantilado de manera irrecuperable. Por tanto, las actuaciones que se pretendan hacer en este sitio deberán estar confinadas a lo que se pueda aprovechar dentro de las zonas naturalmente protegidas de la acción oleaje (I.I. UNAM 2016).

**Figura 4. 37** Corrientes inducidas por el oleaje en diferentes escenarios. Izquierda: Altura de ola 1.5 m; dirección del viento: SE; marea de tormenta: 0.00 m. Derecha: Altura de la ola 13 m; dirección del viento: E; marea de tormenta: 2.00 m.



## 4.3.2. Aspectos Biológicos

### 4.3.2.1. Vegetación y ambientes marinos en el SAR

*Vegetación terrestre del SAR (Monitoreo realizado para el Desarrollo Turístico Gran Sirenis Riviera Maya en 2015, preparado para GPPA S.C., por la M. en C. Tania Sofía Gómez López)*

En la zona del proyecto se han realizado estudios sobre la composición y estructura florística desde 1995. Sin embargo, en 2012 se realizó una caracterización florística mediante la cual se actualizó la información de la zona costera del SAR del Proyecto (Anexo 4.6). En ésta, se encontraron un total de 122 especies distribuidas de la siguiente manera: 37 en selva de transición (ST), 27 en matorral costero (MC), 14 especies en vegetación halófila (VH) sobre playa rocosa y en manglar 9 especies.

Posteriormente, se han realizado monitoreos de la vegetación del predio en donde se inserta el SAR del Proyecto, los cuales dan cumplimiento a los términos y condicionantes establecidos en la autorización en materia de impacto ambiental del proyecto Desarrollo Turístico Gran Sirenis, y a partir de los cuales se ha dado seguimiento a la caracterización del 2012.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del Monitoreo de Vegetación realizado en diciembre de 2015 (ver Anexo 4.5) y de información cartográfica obtenida de Google Earth 2016.

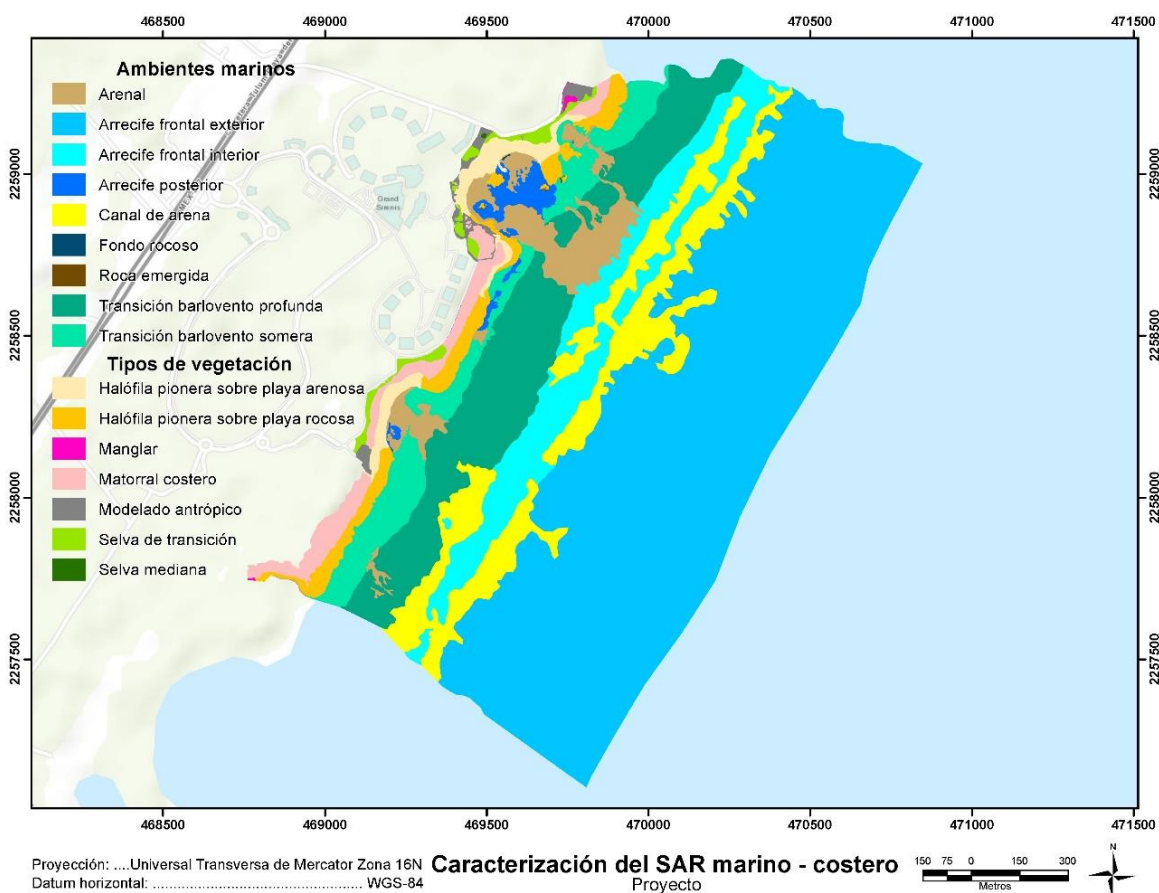
En el SAR se identificaron 7 tipos de vegetación y cobertura de suelo, la superficie y distribución de cada uno se presentan en la Tabla 4.11 y en la Figura 4. 38.



**Tabla 4. 11** Superficies por tipo de vegetación identificada en el SAR.

	Caracterización	Superficie (m2)	Superficie (ha)
Ambientes Marinos	Arenal	105342.33	10.53
	Arrecife frontal exterior	1129425.42	112.94
	Arrecife frontal interior	198278.69	19.83
	Arrecife posterior	27557.31	2.76
	Canal de arena	251782.72	25.18
	Fondo rocoso	143.25	0.01
	Roca emergida	310.58	0.03
	Transición barlovento profunda	289972.26	29.00
Tipos de vegetación	Transición barlovento somera	132502.42	13.25
	Halófila pionera sobre playa arenosa	77575.14	7.76
	Halófila pionera sobre playa rocosa	27415.75	2.74
	Manglar	1308.82	0.13
	Matorral costero	63479.01	6.35
	Modelado antrópico	14518.63	1.45
	Selva de transición	20068.20	2.01
Selva mediana	222.20	0.02	
	<b>Total</b>	<b>2339902.72</b>	<b>233.99</b>

**Figura 4. 38** Distribución y tipos de vegetación en el SAR del proyecto.



De acuerdo con los resultados de la caracterización y de los monitoreos realizados, en el área de estudio se desarrollan 68 especies, sin embargo, para el área que abarca el SAR, en el matorral costero se registran 12 especies, en manglar de cuenca 8 especies, y en el manglar chaparro de *R. mangle* 2 especies.

Del total de las especies registradas, 8 se encuentran catalogadas con alguna categoría de riesgo conforme la NOM-059-SEMARNAT-2010, estas se pueden ver en la Tabla 4. 12.

**Tabla 4. 12** Especies identificadas en el SAR que están catalogadas con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie	Categoría de riesgo	Endémica
<i>Beaucarnea ameliae</i> sin. <i>pliabilis</i>	Amenazada	X
<i>Thrinax radiata</i>	Amenazada	
<i>Coccothrinax readii</i>	Amenazada	X
<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Amenazada	
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Amenazada	
<i>Rhizophora mangle</i>	Amenazada	X
<i>Conocarpus erectus</i>	Amenazada	
<i>Laguncularia racemosa</i>	Amenazada	

### **Selva de Transición ST**

La ST que se encuentra en el SAR del proyecto se distribuye en forma de franja de 20 m de ancho en promedio que corre del extremo Norte al extremo Sur del mismo, a lo largo del límite entre la vegetación de selva y el manglar. En el extremo Norte del SAR se ha eliminado una porción de dicha franja de aproximadamente 450 m de longitud debido al desarrollo de infraestructura hotelera (Figura 4. 39)

**Figura 4. 39.** Imágenes de la ST en el SAR del proyecto.



En el origen de la Bahía de Yalkuito existe un pequeño manchón de alrededor de 200 m<sup>2</sup> donde se desarrolla ST con una composición florística particular. Se encuentra dominado por *Conocarpus erectus* y *Thrinax radiata*, presenta 2.2 m de altura en promedio y su densidad es de 0.2 individuos/m<sup>2</sup> (Figura 4. 40).



**Figura 4. 40** Imágenes del manchón de ST dominado por *C. erectus* y *T. radiata* aledaño al origen de la Bahía de Yalkuito.



El resto de este tipo de vegetación se caracteriza por ser una mezcla de especies de selva y manglar. En el SAR se encontraron 37 especies de 23 familias botánicas distintas. La familia que presentó el mayor número de especies fue la Bromeliaceae con 4, seguida por las familias Apocynaceae y Leguminosae con 3 especies cada una. Del total de especies registradas en la ST 6 también se encontraron en el manglar y 23 se registraron también en la SBSP y SBSC.

En la ST se identificaron tres estratos: arbustivo alto con una altura promedio de 3.8 m, arbustivo bajo con una altura promedio de 2 m y herbáceo con una altura menor a 1 m. En el estrato arbustivo alto se registraron 20 especies en total, mientras que en el arbustivo bajo la riqueza fue de 12 especies y en el herbáceo de 13. Tanto en el estrato arbustivo alto como en el bajo no se encontró ninguna familia dominante, ya que el número máximo de especies por familia fue de 2, y este caso se presentó en 5 familias. En el estrato herbáceo en cambio la familia Bromeliaceae fue la dominante con 4 especies.

### **Manglar M**

En el SAR se desarrollan cuatro tipos de comunidades de manglar: manglar chaparro de *Rhizophora mangle*, manglar de cuenca dominado por *R. mangle*, manglar de cuenca mixto y manglar de franja dominado por *R. mangle*. En todos los tipos de manglar en su conjunto se registraron 10 especies pertenecientes a 9 familias botánicas. La familia mejor representada fue la Combretaceae, con 2 especies.

#### a) Manglar chaparro de *R. mangle*

Esta es una comunidad monoespecífica de *Rhizophora mangle* que en el SAR del proyecto cubre una extensión de 4.27 ha y se desarrolla sobre una depresión del terreno con sustrato rocoso conectada con las Bahías de Yalku y Yalkuito, flanqueada al Oeste por la Selva de Transición y al Este por el Matorral Costero. Su altura promedio es de 1.5 m y su DAP promedio de 2 cm.

En este tipo de comunidad la densidad es de 5.5 ramas/m<sup>2</sup> y la distribución de los individuos es en forma de manchones dispersos de forma irregular. La cobertura promedio es del 50%. El estrato herbáceo es prácticamente inexistente y tampoco se observaron especies epífitas. Inmersos entre

los individuos de *R. mangle* se encuentran algunos manchones del helecho *Acrostichum danaefolium*, así como algunos ejemplares dispersos de *L. racemosa* y *C. erectus* (Figura 4. 41).

**Figura 4. 41.** Imágenes de la comunidad de mangle chaparro de *R. mangle* en el SAR del proyecto. A) se muestra el sustrato rocoso sobre el que se desarrolla esta comunidad así como la distribución dispersa de los ejemplares; B) se observa la altura promedio de la comunidad.



A



B

b) Manglar de cuenca dominado por *R. mangle*

El manglar de cuenca en el área de estudio se desarrolla, como en el caso anterior, sobre la misma depresión del terreno flanqueada al Oeste por la Selva de Transición y al Este por el Matorral Costero. Sin embargo, en este caso el sustrato es lodoso formado por materia orgánica en lento proceso de descomposición, lo cual permite un mejor desarrollo de los árboles. Su altura promedio es de 2.8 m, su DAP de 1.9 cm y su densidad de 6.5 ramas/m<sup>2</sup>. Su distribución es homogénea y su cobertura es del 90%.

Existen además otros cuatro parches pequeños, tres de ellos se distribuyen alrededor de la parte más interna de la Bahía de Yalkuito, mientras que el cuarto se encuentra aproximadamente a 150 m al Noroeste de dicha bahía, rodeando al Cenote 2 (Figura 4. 42).

**Figura 4. 42.** Imágenes del Manglar de Cuenca de *R. mangle* en los parches internos cercanos a la Bahía de Yalkuito dentro del SAR del proyecto.





El último parche de Manglar de Cuenca de *R. mangle* dentro del SAR del proyecto se ubica en su porción Norte y es el más extenso. Colinda al Oeste con la ST, al E con Matorral Costero, al Sur con Manglar Chaparero de *R. mangle* y al Norte con un Hotel en operación. Esta porción presenta una altura promedio de 3 m, más alta que el resto de los parches de esta comunidad; sin embargo su DAP y densidad promedio son las mismas, así como la composición florística, por lo que se consideró como el mismo tipo de vegetación que los parches anteriores (Figura 4. 43).

**Figura 4. 43.** Imágenes del parche de Manglar de Cuenca dominado por *R. mangle* ubicado en la porción Norte del SAR del proyecto.



### c) Manglar de Franja

Este tipo de comunidad se desarrolla a orillas del Cenote 2 así como fuera de los límites del predio, al interior de la Bahía de Yalkuito. Se caracteriza por estar en contacto directo con algún cuerpo de agua corriente. Su extensión dentro de predio es de 0.03 ha.

El Manglar de Franja alrededor del Cenote 2 está compuesto por *R. mangle*, que es la especie dominante y *L. racemosa*. Su altura promedio es de 3 m. El que se desarrolla al interior de la Bahía de Yalkuito está compuesto por *R. mangle*, *L. racemosa* y *C. erectus* y tiene una altura promedio de 3.5 m. No se registraron datos de DAP ni densidad para esta comunidad (Figura 4.44).

**Figura 4. 44.** Vistas del manglar de franja encontrado dentro del predio Sirenis y en la Bahía de Yalkuito, fuera de sus límites. Arriba: manglar de franja en la parte interna de la Bahía de Yalkuito. Abajo: manglar de franja a orillas del Cenote 2, dentro del predio



### **Matorral Costero**

La vegetación de Matorral Costero dentro del SAR del proyecto se desarrolla formando una franja de entre 40 y 60 m de ancho que bordea el límite con las playas rocosas y arenosas. En la porción de tierra que divide la Bahía de Yalkuito de la playa arenosa adyacente al Sur, el Matorral Costero constituye un manchón redondo de 160 m de diámetro (Figura 4. 45).

En el Matorral Costero dentro del área de estudio se encontraron 27 especies de 22 familias botánicas. La Familia con mayor número de especies fue la Sapotaceae, seguida por las familias Leguminosae y Palmae.

En el Matorral Costero se identificaron tres estratos. El arbóreo con 4.4 m de altura, el arbustivo con 1.8 m de altura y el herbáceo menor a 0.5 m de altura. Los estratos arbóreo y arbustivo presentaron una riqueza específica muy similar, de 15 y 14 respectivamente, mientras que el herbáceo fue el menos rico con 8 especies. Se identificaron 8 especies comunes a los estratos arbóreo y arbustivo, mientras que el herbáceo solo compartió una especie (*M. arboreus*) con el estrato arbustivo y una (*T. radiata*) con el estrato arbóreo.

En cuanto a la Diversidad, los valores de H muestran que el estrato más diverso es el arbustivo debido a su distribución mucho más equitativa de las especies. El estrato arbóreo resultó ser mucho menos diverso a pesar de tener casi la misma riqueza específica del estrato arbustivo,



debido a que está dominado por una sola especie que, de acuerdo con los VIR, es la palma *T. radiata*. El VIR para las especies del estrato arbustivo indica que no existe una especie claramente dominante en dicho estrato.

**Figura 4. 45.** Imágenes del Matorral Costero dentro SAR del proyecto.



### **Vegetación Halófito VH**

La vegetación halófito dentro del SAR se distribuye formando una franja que bordea el límite con el Mar Caribe, de ancho variable. La mayor parte se desarrolla sobre playa de roca caliza que forma pequeñas oquedades en donde se pueden establecer algunas especies adaptadas a las duras condiciones de ese ambiente, como la intensa radiación solar, la exposición a la brisa marina y la escasez de sustrato.

También se encuentra vegetación halófila sobre el frente de la duna arenosa que colinda con el matorral costero y sobre las playas arenosas del SAR (Figura 4. 46).



**Figura 4. 46.** Imágenes de la vegetación halófila encontrada dentro de los límites del SAR. Arriba y centro: vegetación halófila sobre playa rocosa. Abajo: vegetación halófila sobre playa arenosa y frente de duna costera.



La altura promedio de las especies en la Vegetación Halófila es de 0.8 m. Se distribuyen en forma de pequeños manchones dispersos y presentan una cobertura del 35%.

En este tipo de vegetación se registraron 14 especies de 12 familias botánicas. Las familias con mayor número de especies fueron la Boraginaceae y la Leguminosae, ambas con 2 representantes.

**4.3.2.2. Fauna terrestre a nivel del SAR**

De acuerdo a lo indicado en el Programa de Manejo para el aprovechamiento no extractivo de tortugas marinas vigente para el DTGS, se tiene registro del uso de las tres Bahías (Xaac o Norte, Centro y Sur) para el desove de tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga Carey (*Erethmochelys imbricata*).

**4.3.2.3. Descripción de ambientes en el litoral costero y la zona marina a nivel del SAR**

Tomado de: GPPA 2011. *Caracterización-zonificación ambiental y actividades turísticas potenciales para la zona costera y marina del Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.*

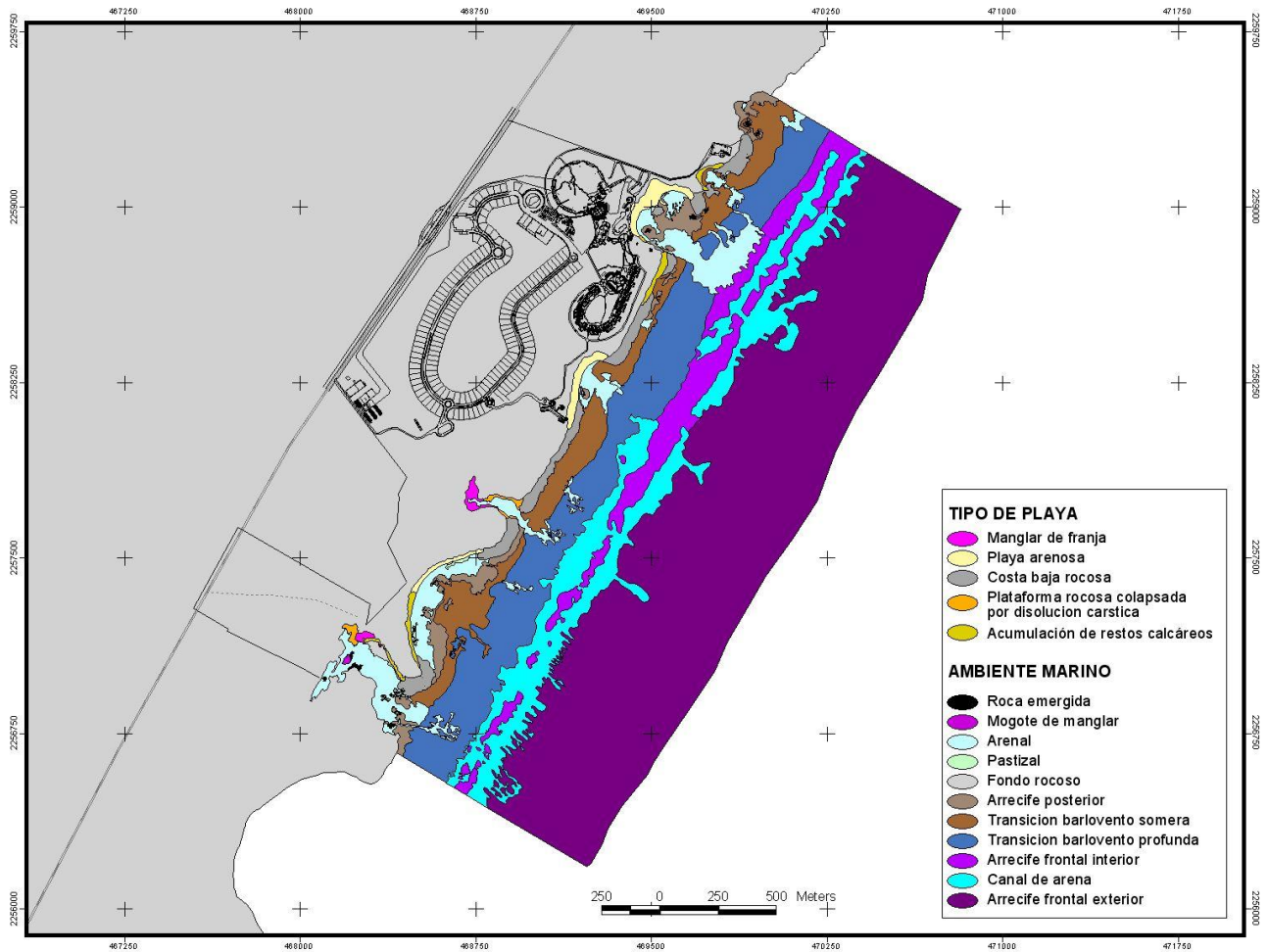
En el área marina donde pretende desarrollarse el proyecto se distinguen dos zonas en donde se pueden reconocer diferentes ambientes que corresponden al litoral costero y la zona marina (Tabla 4. 13)

**Tabla 4. 13** Patrón de zonificación encontrado en la zona de influencia del proyecto.

ZONA	AMBIENTE	
Litoral costero	Costa Rocosa	
	Caletas	
	Bahías	
Zona marina	Caletas	
	Arrecifes	AFE
		Canal de arena
		AFI
		TB profundo
		TB somero
		Posterior
		Arenales
Mar		

A partir de este patrón de zonación y con base en las características de estructura y biota marina presente en la zona se elaboró un mapa de ambientes, tanto para la zona del litoral costero, como de ambientes marinos, mismo que se presenta en la Figura 4. 47.

**Figura 4. 47** Mapa de ambientes presentes en la zona costera y marina dentro del área de influencia del proyecto.



A continuación se presenta una descripción detallada de las zonas y los ambientes respectivos:

#### 4.3.2.3.1. Litoral costero

El área de estudio que corresponde a la zona de influencia del proyecto, tiene una longitud de 2.8 km aproximadamente, si se mide de manera recta entre el principio y el fin del área, sin embargo, al encontrarse formada por una sucesión de pequeñas bahías o caletas y playas de plataforma rocosa, la longitud total de su línea de costa es de 5.7 km. Forma parte de lo que Ortiz P. y De la Lanza (2006) clasifican como el segundo sector de la costa del Mar Caribe del estado de Quintana Roo y que se encuentra entre Cancún y Tulum.

Una característica importante de esta región es la presencia de una barrera arrecifal de tipo bordeante que atenúa la energía del oleaje y por lo tanto es un factor importante en la conformación y dinámica litoral. El sustrato está conformado por rocas calcáreas compactas en el frente rocoso, arenas litorales en el fondo de las bahías y en los cordones de dunas, mientras que en la parte posterior se presentan arenas y lodos calcáreos, así como depósitos lacustres y palustres del cuaternario en las zonas inundables. Forma parte de la provincia Geológica denominada Plataforma de Yucatán (SGM, 2006) y por debajo de las rocas mencionadas subyace la Formación Carrillo Puerto del Mioceno-Plioceno, que en la zona se caracteriza por la presencia



de arenas calcáreas combinadas con calizas arrecifales compactadas con alta densidad de fracturas.

El litoral costero del predio que ocupa el DTGS presenta 3 tipos principales de ambientes:

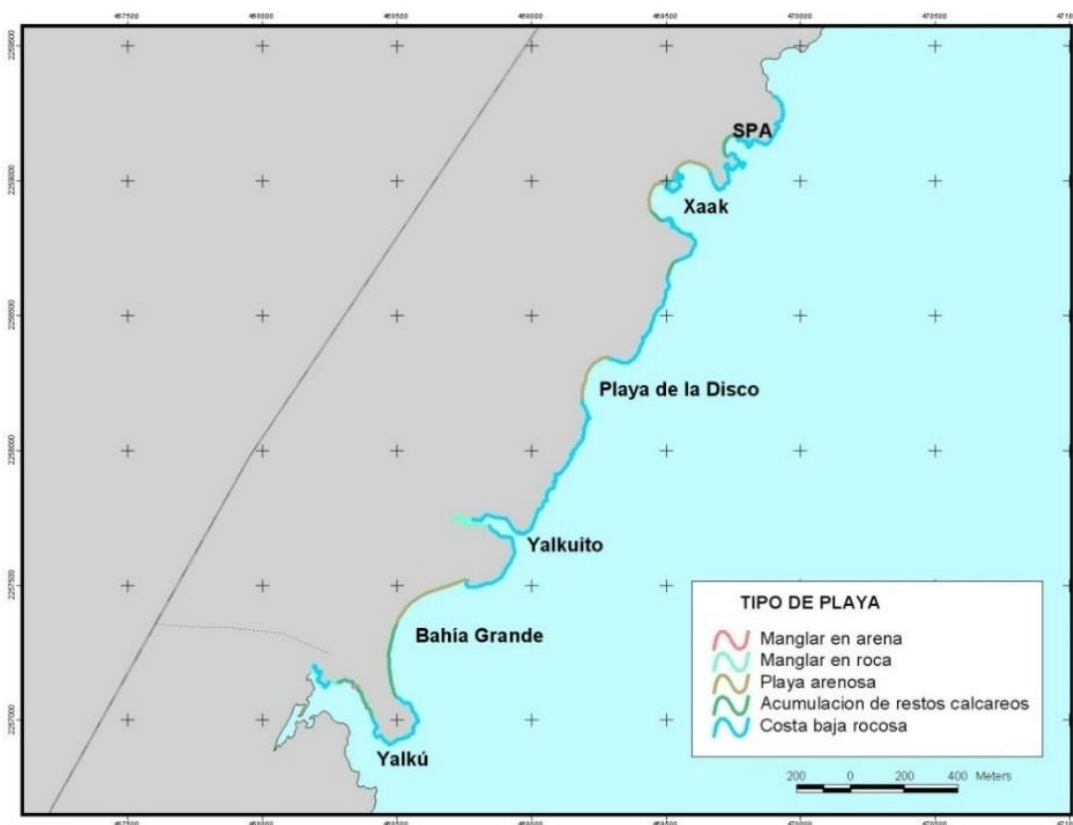
- Costas rocosas, en donde el sustrato es predominantemente rocoso.
- Bahías, con una combinación de sustratos que incluyen zonas de arena media, pedacería y sustrato rocoso.
- Caletas, rodeadas de sustrato rocoso y asociadas a los principales aportes de agua dulce hacia el mar.

De manera general, y tomando en cuenta su expresión geomórfica, las zonas en que se divide el litoral en esta zona de la costa de Quintana Roo se representan en la Figura 4. 48 y se describen a continuación:

En primer lugar, a partir del límite norte del área de estudio, se presenta una costa baja rocosa, cuyo primer tramo es de 427.5 m, las características principales de este tipo de litoral están determinadas por la presencia de una plataforma de abrasión formada por calizas de origen arrecifal, con una ruptura de pendiente en el frente. La energía del oleaje, mareas y corrientes litorales provocan, a su vez, el choque de los detritos que, junto con la acción química del agua, provocan una fuerte abrasión y corrosión que da como resultado la existencia de hondonadas, surcos, fisuras y salientes agudas, estadio del desarrollo cárstico conocido como lapiaz.

En los huecos de la roca se desarrollan diversas especies de vegetación halófila o de duna costera constituidas por herbáceas y pequeños arbustos leñosos. Entre estas especies se encuentra el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) con alturas de apenas unos centímetros, la uva de mar (*Coccoloba uvifera*), la verdolaga de playa (*Sesuvium portulacastrum*) y varias especies de pastos salinos entre otras. Estas poblaciones son consideradas como pioneras por las inhóspitas condiciones en las que sobreviven.

**Figura 4. 48** Distribución de las diferentes zonas del litoral en el área de influencia del proyecto.



Posterior a la costa rocosa se encuentra una franja arenosa que es el inicio del cordón de dunas que en este tramo se levanta a aproximadamente 2-3 m de altura, se trata de un cordón arenoso semiconsolidado. En el pie del cordón de dunas se presenta una importante acumulación de restos calcáreos en forma de cantos de diverso diámetro, estos materiales han sido arrastrados y depositados por las corrientes y mareas durante tempestades como huracanes y tormentas tropicales. La vegetación característica es de selva baja costera con predominio de las palmas chit (*Thrinax radiata*) y cocotero (*Cocos nucifera*).

Los demás tramos de costa baja rocosa tienen características similares a la descrita, variando en algunos casos la altura del cordón de dunas, la densidad de la vegetación de pioneras y su longitud. Estos intervalos de costa rocosa se encuentran claramente alineados por la existencia de una falla con dirección NE-SW (Figura 4. 49).



**Figura 4. 49.** Costa baja rocosa en la zona del “SPA”.



En un segundo tramo se localizan dos bahías separadas por una punta rocosa, la primera más pequeña, en cuyo fondo se aprecia una playa arenosa de pendiente suave cubierta por depósitos de restos calcáreos (cantos), posteriormente se forma un cordón de dunas de 3-4 m de altura en los flancos de la bahía, altura que disminuye considerablemente en el fondo de la misma.

La vegetación que se presenta es de especies pioneras en la playa y palmas de cocotero en el pie y cresta de la duna, en el fondo de estas bahías o caletas se reduce considerablemente la energía del oleaje, lo que permite la acumulación de sedimentos.

La segunda bahía, conocida como Xaac, es de mayores dimensiones y en la parte media presenta pequeños acantilados rocosos originados por la erosión diferencial, en tanto que en los costados de estos cantiles se forman playas arenosas en donde se llevan a cabo diversas actividades de recreación, la vegetación predominante es de palmas de cocoteros y vegetación de ornato entre la infraestructura turística. La longitud de estas dos bahías es aproximadamente de 779.2 m (Figura 4. 50).

**Figura 4. 50.** Bahía de Xaac y caleta al norte de ésta.



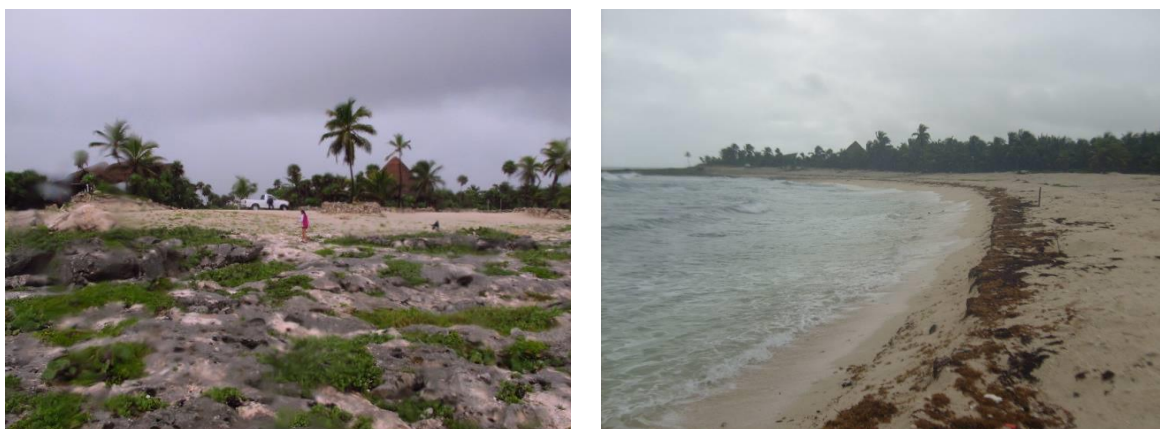
El tercer tramo de costa baja rocosa tiene 829 m de longitud, una densidad de vegetación de pioneras menor y un cordón de dunas más desarrollado de entre 4-5 m de altura (Figura 4.51).

**Figura 4. 51.** Costa baja rocosa al sur de la Bahía de Xaac.



En otro segmento, la Bahía Chica, también conocida como “Playa de la Disco o de las Bodas”, es una pequeña bahía en donde se forma una playa arenosa con especies pioneras dispersas y posteriormente un cordón de dunas incipiente de poca altura (1-2 m) con palmas de cocotero y plantas de ornato en la parte sur, su longitud es de 212.1 m. Posterior a la duna costera el terreno desciende formando una planicie de inundación con vegetación hidrófila (Figura 4.52)

**Figura 4. 52** Bahía Chica. Inicio de la bahía en donde se encuentran las palapas para Bodas y la Disco (izq); Extensión de la playa de la Bahía Chica (der).



Otra sección corresponde a la costa baja rocosa entre la Bahía Chica y la caleta de Yalkuito. Su longitud es de 875 m e incluye la orilla norte de la caleta Yalkuito, tiene una densidad media de especies pioneras y el cordón de dunas tiene una altura media de 4-5 m con palma chit (Figura 4. 53).



**Figura 4. 53** Costa baja rocosa entre la “playa de la Disco” y la caleta Yalkuito.



La Caleta Yalkuito está formada por la disolución y colapso de la plataforma rocosa, causada por la descarga de aguas subterráneas. Prácticamente todo el borde de la caleta está formado por la plataforma rocosa que en las entrantes norte y sur se encuentra desnuda en su mayor parte, colonizada sólo por especies pioneras. De la parte central y hacia el fondo, el sustrato rocoso se encuentra cubierto por especies hidrófilas como manglar y helecho en la orilla y en contacto con el agua, mientras que en la parte de atrás se desarrolla una selva baja costera con chit, el fondo de la caleta, cubierto por manglar, se une tierra adentro con una planicie de inundación de fondo rocoso cubierta por vegetación acuática facultativa. La longitud total de la caleta es de 600 m, de las cuales, en 250 m aproximadamente predomina el manglar en su orilla (Figura 4. 54).

**Figura 4. 54** Aspectos de la caleta Yalkuito.



#### 4.3.2.3.2. Caleta

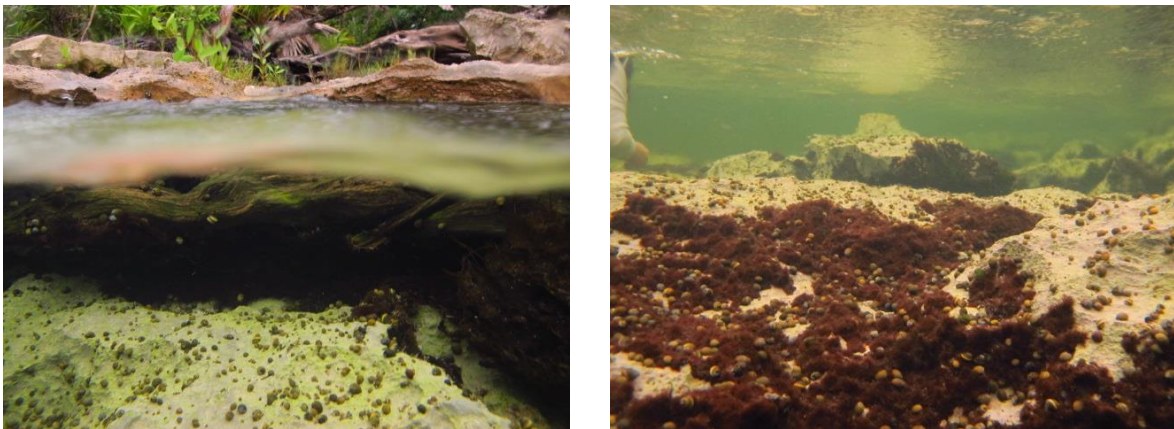
En el SAR del proyecto se encuentra una caleta natural, formada debido al aporte de agua dulce proveniente de las corrientes subterráneas. Dicha caleta recibe el nombre de Yalkuito y sus características generales se describen a continuación.

a) Caleta Yalkuito

Esta caleta es más pequeña que Yalku (para mayor información revisar Anexo 4.11), pero se encuentra en mejor estado de conservación, probablemente porque no es un sitio muy accesible por tierra y no tiene edificaciones cercanas.

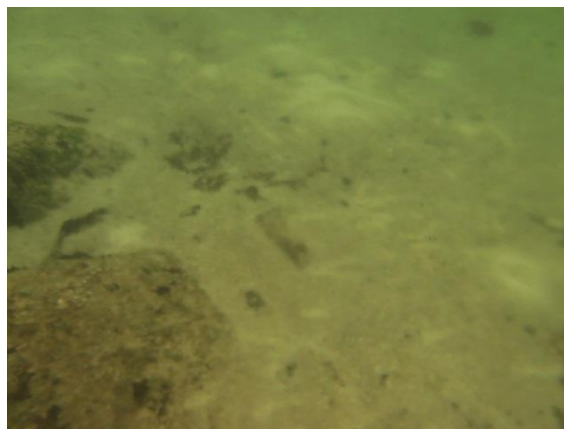
La estructura general es muy similar a la caleta de Yalku, pero en esta caleta el nacimiento de agua en su parte interna es mucho más evidente, lo cual crea paisajes muy atractivos, como son unas estructuras que se forman por la fragmentación de la laja que dan la sensación de no tener fondo. En estos ambientes se encuentran diversos peces de agua dulce que no son típicos de arrecife. El agua dulce que emerge en la parte interna de la caleta genera una corriente fuerte que a la mitad de la bahía disminuye paulatinamente. Por otro lado, en esta caleta no se encontraron signos o evidencias de contaminación, por lo que se considera que el lugar se encuentra en un buen estado de conservación, y que reviste importancia por los procesos geológicos que en ella ocurren (Figura 4. 55 y Figura 4. 56).

**Figura 4. 55** Nacimiento de agua en el interior de la caleta Yalkuito (izq) y ambiente en la parte somera (der).



**Figura 4. 56** Diversas vistas de la caleta Yalkuito. Fracturas de la laja que se forman por el nacimiento del agua dulce (arriba der. e izq.); una zona en donde el litoral está bordeado de manglar (abajo izq.) y los arenales que se forman en la parte central (abajo)





#### 4.3.2.3.3. Arrecife

En la zona marina del SAR del proyecto se forma un arrecife coralino del tipo bordeante, por lo que no existe una zona de Laguna Arrecifal, y solamente se encuentran rasgos incipientes de un Arrecife Posterior en el interior de las Bahías y en las bocas de las caletas, y algunos arenales producto de la acumulación de sedimentos en estos sitios. De este modo, la costa rocosa queda adyacente a la Transición al Barlovento; mientras que la única zona estructural bien desarrollada corresponde al Arrecife Frontal, que en esta región presenta un sistema de macizos y canales bien desarrollado.

A lo largo del área de estudio se reconocieron las siguientes zonas estructurales del patrón arrecifal:

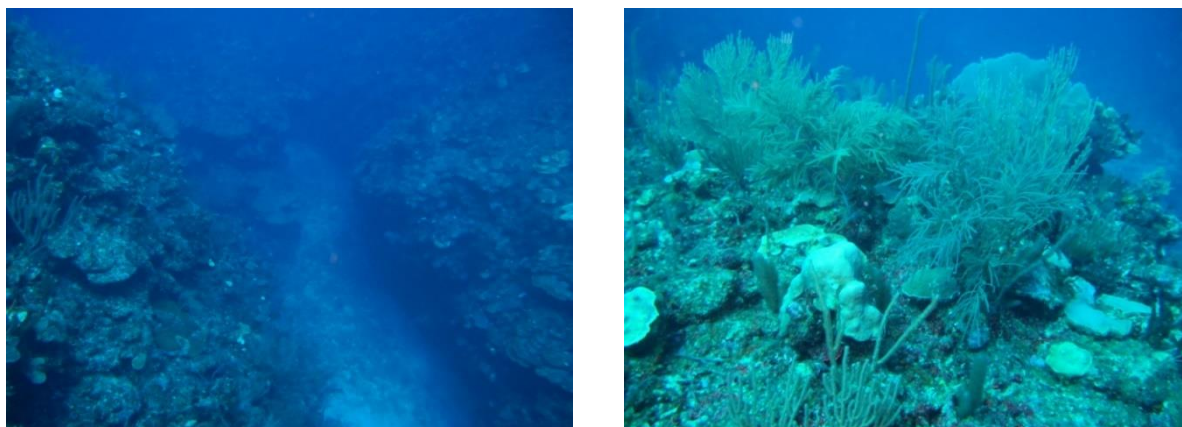
##### a) Arrecife Frontal Exterior

Esta es la zona más profunda del arrecife en donde se encuentra la base de los sistemas de macizos y canales. La profundidad a la que se desarrolla esta zona va de los 25 m de en la base de los macizos, hasta una profundidad de 18 m en la cima de los macizos coralinos más altos. La estructura arrecifal presenta un alto grado de desarrollo, encontrando macizos entre 5 y 8 metros de altura desde la base de arena, y el ancho de los mismos varía entre 3 y 10 metros, aunque son en general angostos. La separación entre los macizos en la parte profunda son canales de arena incipientes, los cuales se van haciendo más anchos conforme disminuye la profundidad. En algunos macizos se encuentra que en la cima existe un entramado de esqueletos de la especie *Acropora cervicornis* en proceso de litificación. Todas estas características del fondo marino generan un alto relieve, y por lo tanto la zona es muy heterogénea, permitiendo la existencia de microambientes.

La diversidad y abundancia de la biota marina que crece sobre estos macizos de coral es elevada, encontrando que los corales dominantes son los masivos del género *Montastraea*, aunque también existen especies de los géneros *Porites* y *Diploria*. La incidencia de blanqueamiento de coral se detectó de manera moderada en esta zona. También se encuentran varios gorgonáceos de formas arbustivas y plumosas, así como esponjas de varios tipos y colores. El sustrato está cubierto por un 50 % de macroalgas de diversos tipos, siendo abundantes las algas cafés de los géneros *Lobophora* y *Dictyota*, así como de las verdes del género *Halimeda* y *Caulerpa* (Figura 4. 57).



**Figura 4. 57** Vista panorámica del Arrecife Frontal Exterior enfrente de la Bahía Xaac (izq). y acercamiento.



### b) Canal de arena

Al terminar el Arrecife Frontal Exterior se forma un canal de arena paralelo a la línea de costa, que lo divide del resto de la estructura calcárea del arrecife. El canal de arena se encuentra a unos 15 m de profundidad, tiene una anchura que varía entre 20 y 50 metros, y está dividido en 2 franjas angostas, de modo que en medio del canal de arena se puede encontrar la formación de una cordillera coralina a lo largo del mismo, la cual corresponde al Arrecife Frontal Interior. Este canal de arena se hace más complejo en su parte norte, ya que se divide hasta en 3 franjas con una forma más compleja del AFI.

En este canal existe muy poca biota marina, y puede variar en la composición de sus sedimentos, desde arena muy fina hasta pedacería de roca fina (Figura 4. 58).

**Figura 4. 58** Vista del inicio del canal de arena. Sedimento de arena media (izq) y pedacería (der.).



### c) Arrecife Frontal Interior

El Arrecife Frontal Interior en esta región está representado por una franja muy estrecha, y se encuentra separado del Arrecife Frontal Exterior por el canal de arena. En la parte Sur del área de estudio el AFI está representado por una cordillera que se encuentra dentro del canal de arena, y hacia la parte Norte se encuentra más estructurado con una franja doble dentro del mismo canal.

Esta zona del arrecife presenta un menor desarrollo de la estructura arrecifal, la altura de los macizos va de uno a 2 metros, y la profundidad de esta zona varía entre 13 y 15 metros. Se encuentra una composición de especies de coral muy variada, siendo dominantes las colonias masivas de la especie *Siderastrea sideraea*, los cuales cuentan con una alta capacidad para la remoción de sedimento de su tejido coralino. Esto puede ser un indicador de una posible alta resuspensión de sedimento proveniente de los canales de arena, siendo un factor para la dominancia de este tipo de corales. También se observa una mayor frecuencia de otro tipo de daños a corales como el blanqueamiento y crecimiento de epibiontes (Figura 4. 59).

**Figura 4. 59** Vista panorámica del Arrecife Frontal Interior enfrente de la Bahía Xaac (izq). y acercamiento



#### **d) Transición Barlovento**

Después del canal de arena, la estructura calcárea forma la Transición Barlovento. En esta subzona del arrecife se presentan 2 tipos de ambientes; el más somero consiste de la laja calcárea lisa cubierta de una capa de sedimentos, por lo que el relieve es muy bajo. Sobre esta laja calcárea se asientan algunas colonias de coral masivas, siendo dominantes las de crecimientos masivos, como las del género *Diploria*, *Siderastrea* y algunas de la especie *Montastrea annularis*.

El otro tipo de ambiente presenta un alto desarrollo de la estructura calcárea, donde la estructura arrecifal está formada por matrices muertas de *Acropora palmata* principalmente, generando un alto relieve y por lo tanto un hábitat mucho más heterogéneo, incrementando el número de especies arrecifales que ahí se observan, con respecto a los sitios de bajo relieve. En ciertos sitios de la parte profunda de la Transición Barlovento se presenta la formación de cuevas como parte de la estructura calcárea (Figura 4. 60).

**Figura 4. 60** Imágenes de la Transición Barlovento. Parte somera sin relieve (izq) y presencia de cuevas en ciertos sitios de la Transición Barlovento profunda (der).



**e) Arrecife Posterior**

Este tipo de ambiente se encuentra poco representado en el área de estudio en cuanto a extensión de área, ya que solo se limita a las partes someras de sustrato rocoso que se encuentra dentro de las bahías y en menor grado en la entrada de las caletas. En estos sitios la profundidad es de tan solo 1 a 2 metros, y tiene una variedad de formas muy amplia. En las bahías Grande y Chica, el Posterior crece sobre la laja calcárea que adquiere rugosidad por la presencia de organismos arrecifales; mientras que en Bahía Xaac existe un área enfrente de la pirámide maya que tiene una estructura calcárea mucho más compleja, más profunda y con un relieve mucho mayor, la cual se encuentra en proceso de litificación por la evidente trama de esqueletos muertos de distintas especies que se encuentran en la cima de las formaciones coralinas.

La diversidad de especies que habita en estos sitios también es elevada, encontrando especies de importancia biológica como son el coral ramificado *Acropora palmata*, así como el gorgonáceo de la especie *Plexaura homomalla*, ambas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con categoría de Protección especial (Pr) (Figura 4. 61).

**Figura 4. 61** Vistas panorámicas del Arrecife Posterior. Se observa la presencia del coral ramificado *Acropora palmata*, y del gorgonáceo *Plexaura homomalla*, ambas especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010



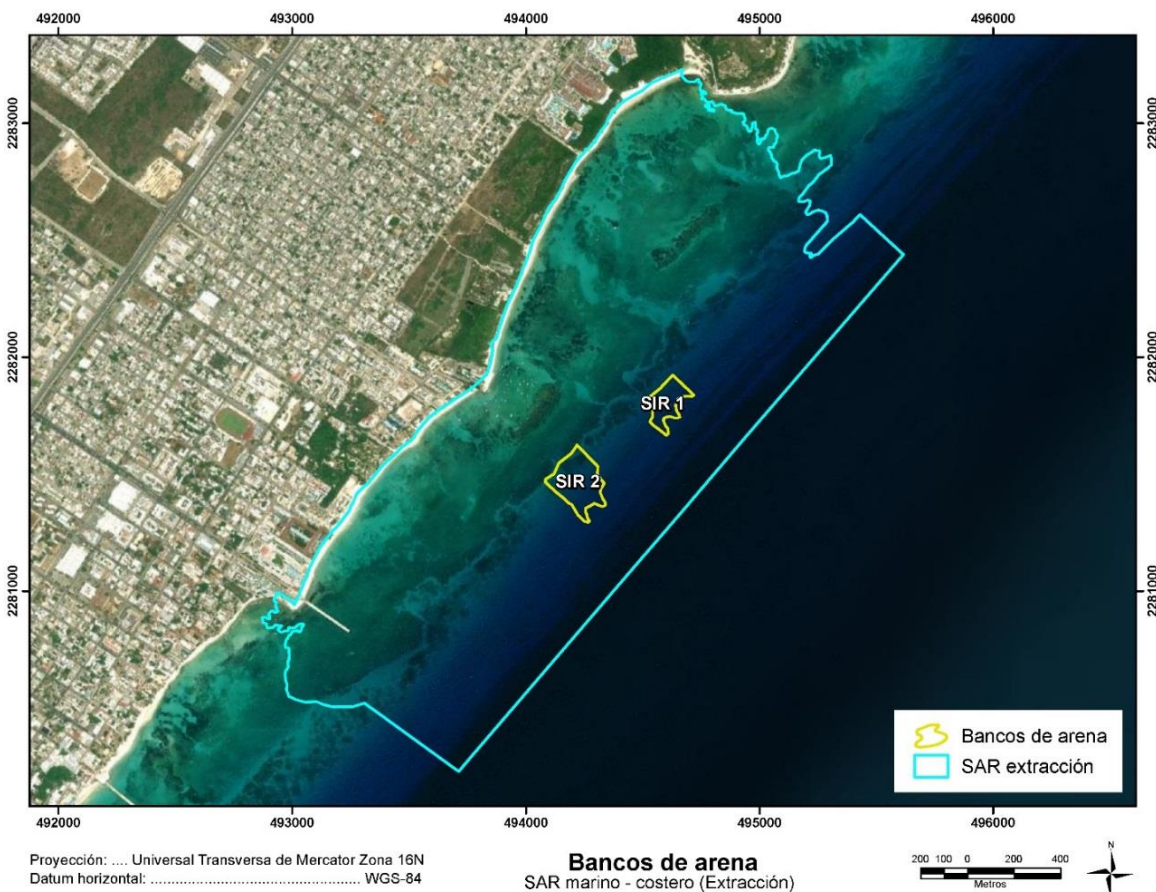


**4.3.2.3.4. Bancos de arena**

A través de un diagnóstico integrado de la estructura comunitaria de los principales elementos bióticos presentes el ambiente biótico marino se conoce la condición actual de estos ambientes donde se encuentran los bancos de arena definidos para el proyecto Recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.

El área de estudio para el presente estudio comprende 2 polígonos de arena definidos para el proyecto de Recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, con una superficie de 2.176 ha para el banco de arena denominado “SIR 1”, en la parte Norte, y de 4.280 ha para el banco de arena denominado “SIR 2” en la parte Sur. (Figura 4. 62).

**Figura 4. 62** Ubicación de los bancos de arena dentro del Sistema Ambiental Regional marino costero de extracción

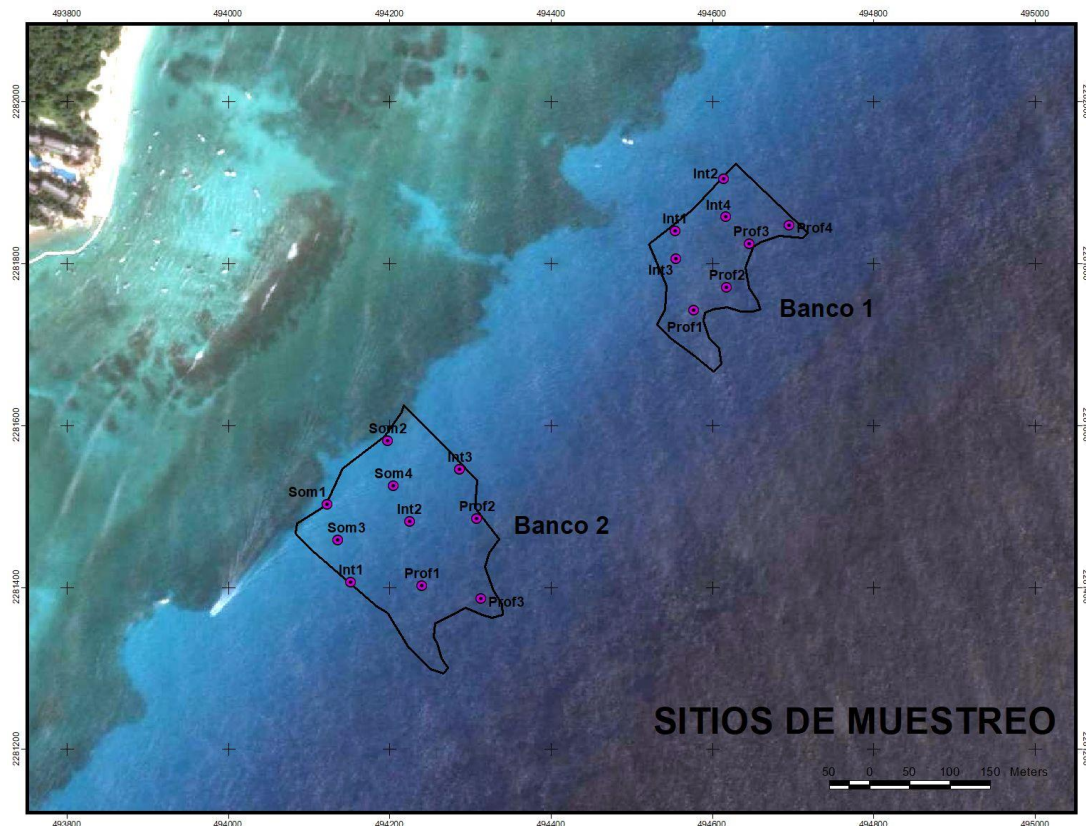


Los bancos de arena que se identificaron como posibles áreas donadoras de arena para el proyecto forman parte estructural del arrecife que existe en este lugar. Se trata de un canal de arena que se forma paralelo a la costa, y que se considera una subzona del Arrecife Frontal, el cual presenta 2 franjas: una somera que divide el Arrecife Frontal Interior (AFI) de la Transición Barlovento (TB), y la otra más profunda que divide este AFI del Arrecife Frontal Exterior (AFE).

La distribución de los sitios de muestreo se realizó de manera uniforme, para cubrir toda la extensión de los bancos, debido a que el tipo de ambiente dentro de estos polígonos es muy homogéneo, por lo que no se aplicó un muestreo estratificado. Los sitios de muestreo se

representan gráficamente en la Figura 4. 63 y se presentan sus coordenadas geográficas en la Tabla 4. 14.

**Figura 4. 63** Sitios de muestreo intensivo para la caracterización de la biota marina conspicua en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.



**Tabla 4. 14** Referencia geográfica de los sitios de muestreo intensivo para la caracterización de la de la biota marina conspicua en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.

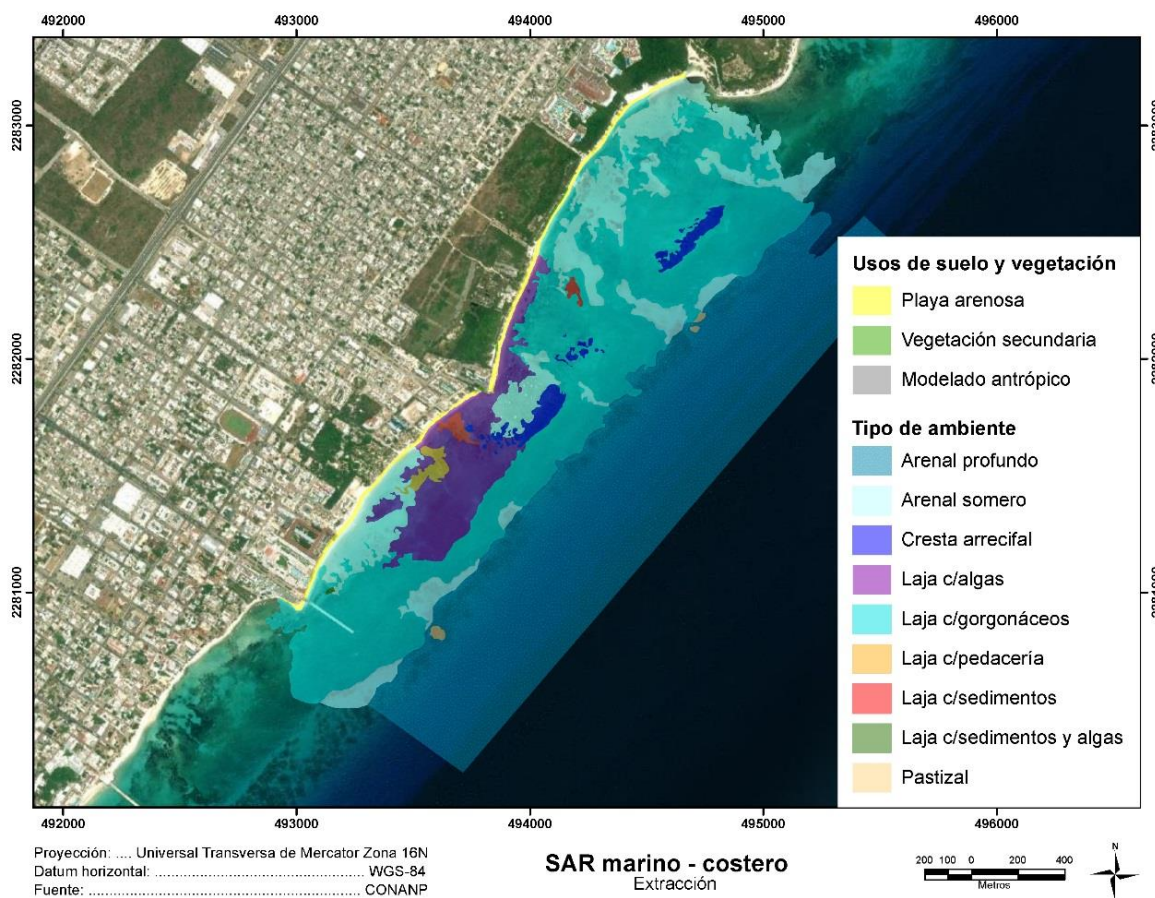
Banco	Sección	ID	X	Y
Banco 1(SIR 1)	Intermedia	Int1	494,554.00	2,281,841.00
		Int2	494,614.00	2,281,905.00
		Int3	494,555.00	2,281,806.00
		Int4	494,617.00	2,281,858.00
	Profunda	Prof1	494,577.00	2,281,743.00
		Prof2	494,618.00	2,281,771.00
		Prof3	494,646.00	2,281,825.00
		Prof4	494,696.00	2,281,848.00
Banco 2 (SIR 2)	Somera	Som1	494,123.00	2,281,503.00
		Som2	494,198.00	2,281,581.00
		Som3	494,136.00	2,281,459.00
		Som4	494,205.00	2,281,526.00
	Intermedia	Int1	494,152.00	2,281,407.00



Banco	Sección	ID	X	Y
		Int2	494,225.00	2,281,482.00
		Int3	494,287.00	2,281,546.00
	Profunda	Prof1	494,240.00	2,281,402.00
		Prof2	494,308.00	2,281,485.00
		Prof3	494,314.00	2,281,386.00

La prospección que se realizó en todo este canal de arena permitió definir una clasificación del tipo de ambiente presente, de acuerdo a sus características del tipo de sustrato, y condiciones de la biota marina conspicua. Siendo así, se reconocieron 5 tipos de ambientes dentro de los bancos de arena identificados como posibles áreas donadoras de arena. La ubicación y distribución de los mismos se presenta en la Figura 4. 64.

Figura 4. 64 . Mapa de ambientes en los bancos de arena identificados como posibles áreas donadoras, para el Proyecto.



El área marina donde se encuentran los bancos de arena definidos para el proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis está formada en su gran mayoría por una laja calcárea, con la presencia de una cresta arrecifal incipiente y discontinua, por lo que no corresponde al patrón de zonación arrecifal típico para la región del Caribe Mexicano (*sensu* Gutiérrez, *et al.*, 1993).

Bajo esta consideración, se distinguió para el área de estudio una zonación que consta de 4 tipos de ambiente generales, los cuales se describen a continuación:

El área marina donde se encuentran los bancos de arena definidos para el proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis está formada en su gran mayoría por una laja calcárea, con la presencia de una cresta arrecifal incipiente y discontinua, por lo que no corresponde al patrón de zonación arrecifal típico para la región del Caribe Mexicano (*sensu* Gutiérrez, *et al.*, 1993).

Bajo esta consideración, se distinguió para el área de estudio una zonación que consta de 4 tipos de ambiente generales, los cuales se describen a continuación:

#### a) Zona de laja somera:

En la parte somera del área de estudio se forma una planicie extensa de una laja calcárea, que abarca desde la línea de costa hasta la franja donde se forma la Cresta Arrecifal. Esta zona se caracteriza por un sustrato de laja plana, sin relieve, con una pendiente muy suave, y sin estructuras coralinas importantes. Sobre esta laja calcárea se forma una capa de sedimento muy delgada con un crecimiento de algas verdes calcáreas, con dominancia de las especies *Rhipocephalus phoenix*, *Udotea fibrosa* y *Halimeda* spp. En algunos sitios, sobre esta laja calcárea se acumula una mayor cantidad de sedimento, formando arenales someros, donde la biota marina es escasa.

En esta zona la presencia de corales es escasa, encontrando especies de los géneros *Porites* spp, *Siderastrea* spp y *Pseudodiploria* spp, en colonias aisladas y dispersas, de tamaño pequeño y mediano, con una cobertura coralina muy baja, menor al 1%. La presencia de corales blandos es común, siendo colonias dispersas de tamaño mediano (Figura 4. 65).

**Figura 4. 65** Zona de laja somera, dominada por crecimiento de algas y escasos corales blandos (gorgonáceos).



#### b) Cresta arrecifal:

En el área de estudio no existe una Cresta arrecifal continua, sino que existen algunos parches sobre una franja que corre paralela a la línea de costa; siendo la parte más somera del arrecife coralino. El sustrato en esta zona está compuesto de laja calcárea con pedacería de coral y esqueletos de coral *Acropora palmata*.



La comunidad biótica en este sitio está dominada por una asociación de corales blandos, denominados comúnmente como abanicos de mar del género *Gorgonia* spp., del coral duro de la especie *Porites porites*, y presencia importante de colonias de coral de fuego, de la especie *Millepora alcicornis*. Esta composición de especies es característica de muchas zonas de Rompiente en la Cresta de arrecifes bien desarrollados. En esta zona los peces arrecifales son abundantes, observando de manera común los cardúmenes de peces cirujanos (Figura 4. 66).

**Figura 4. 66** Zona de la Cresta Arrecifal, dominada por abanicos de mar, y coral de la especie *Porites porites*.



### c) Zona de laja de profundidad intermedia:

Esta zona se forma entre la franja de la Cresta Arrecifal y la zona del arenal profundo, siendo una planicie extensa de sustrato de laja calcárea, con un poco más de relieve que en la parte somera. Esta zona se caracteriza por presentar una mayor cantidad de corales blandos (gorgonáceos), sobre todo en la parte más profunda, en donde se forma un desnivel de la laja en el borde con la zona del arenal. Las colonias de los gorgonáceos son diversas, se presentan en una alta densidad y son de tamaños grandes generalmente. La presencia de colonias de coral duro (escleractinios) es más común en esta zona, sobre todo en los sitios con mayor relieve, encontrando especies como *Agaricia agaricites*, *Porites porites*, *Porites astreoides* (Figura 4.67)

**Figura 4. 67** Zona de Laja de profundidad intermedia, en donde se observa la abundancia de corales blandos (gorgonáceos).



#### d) Arenal profundo

La zona del arenal profundo se refiere a una franja extensa que se forma a partir de donde termina la laja calcárea y que se va hacia las partes más profundas del área de estudio. El sustrato se caracteriza por ser de arena fina de color blanco, con un grosor de la capa de sedimento variable, que va desde los pocos centímetros hasta más de 70 cm. La biota marina en este sitio está prácticamente ausente en esta zona. Se observan pequeños parches dispersos y de baja densidad de pasto marino de la especie *Halodule wrightii*, y de algas verdes calcáreas (Figura 4. 68).

**Figura 4. 68** Zona del arenal profundo, en donde se observan grandes camas de arena y parches dispersos de baja densidad de pasto marino de la especie *Halodule wrightii*.



Dentro de esta zona de los arenales profundos es donde se ubican los bancos de arena que se definieron para el proyecto de recuperación de playas del proyecto del Desarrollo Turístico Grand Sirenis. Los cuales se describen a continuación:

#### Descripción de los bancos de arena

Los bancos de arena que están previstos para el proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis son muy homogéneos, presentan un sustrato de arena fina y media de color claro, con escasa biota marina conspicua. Sin embargo, para efectos de una descripción más detallada de los bancos de arena en este estudio, se consideró para cada banco una división en función de la profundidad del sitio, de acuerdo a la clasificación que se comenta a continuación:

##### a) Banco 1

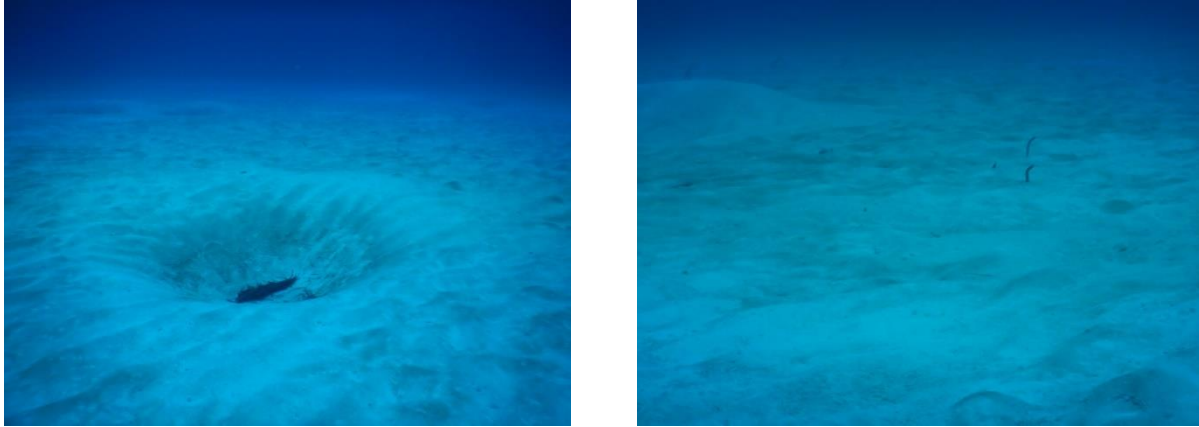
El banco de arena denominado Banco 1 tiene una superficie de 2.176 ha, y para efectos de este estudio se dividió en 2 secciones:

##### *Sección Intermedia*

La sección del Banco 1 que se denominó intermedia abarca la parte más somera del polígono, en un rango de profundidad que va desde los 14 hasta los 17 metros. El sustrato es de arena fina de color claro, con un grosor de arena mayor a 50 cm más o menos uniforme, y con escasa presencia de biota marina conspicua, y nula presencia de vegetación como pastos marinos o macroalgas. En algunas partes se pueden observar los hoyos que hacen sobre la arena las rayas cuando están

comiendo, lo que es una evidencia indirecta de su presencia. Se observaron algunos peces, sobre todo los que se entierran entre la cama de arena de la especie *Heteroconger halis*. La presencia de vegetación marina es prácticamente nula (Figura 4. 69).

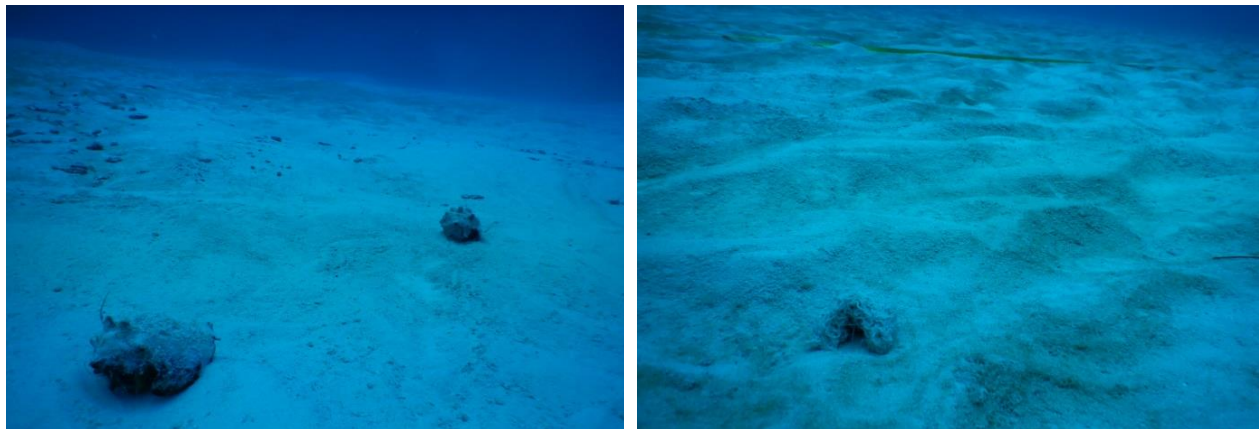
**Figura 4. 69** Banco 1-sección intermedia, en donde se observan hoyos en la arena que hacen las rayas grises *Dasyatis americana* (izq.) y peces que se entierran en la arena *Heteroconger halis* (der.)



#### Sección Profunda

La sección del Banco 1 que se denominó profunda abarca la parte del polígono más alejada de la línea de costa, en un rango de profundidad que va desde los 17 hasta los 21 metros. El sustrato es de arena fina de color claro, con un grosor de arena de entre 40 y 50 cm. Se observaron varios ejemplares de gasterópodos de las especies *Lobatus costatus* y *Strombus pugilis*, y algunas masas ovígeras sobre la arena; lo que indica que son áreas de reproducción de estos caracoles. No se observaron áreas con vegetación de pasto marino o macroalgas (Figura 4. 70).

**Figura 4. 70** Banco 1-sección profunda, en donde se observan ejemplares de la especie *Strombus pugilis* (izq.) y una masa ovígera sobre la arena (der.)



Cabe señalar que dentro de esta sección profunda se localizó una franja de sustrato duro que forma un pequeño desnivel paralelo a la línea de costa, y que se presenta a los 18 m de profundidad. En esta parte se observaron algunos corales blandos de las especies *Pterogorgia anceps* y *Muriceopsis flavida*, así como la presencia de macroalgas (Figura 4. 71).



**Figura 4. 71** Banco 1-sección profunda. Desnivel de sustrato duro entre la cama de arena con crecimiento de corales blandos y macroalgas.



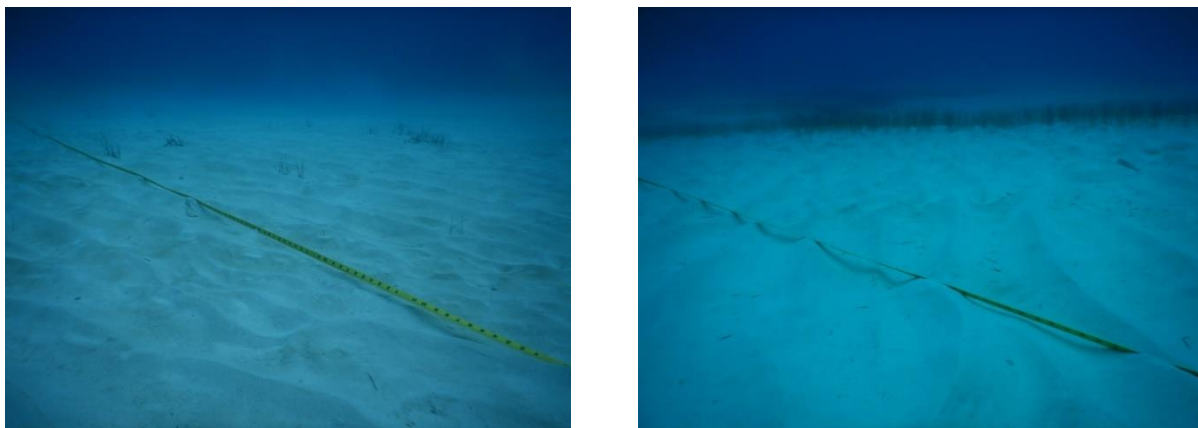
**b) Banco 2**

El banco de arena denominado Banco 2 tiene una superficie de 4.280 ha

*Sección Somera*

La sección del Banco 2 que se denominó somera abarca desde la parte donde termina la laja calcárea con gorgonáceos hasta una parte intermedia del banco, en un rango de profundidad que va de 9 a 12 m de profundidad. El sustrato es de arena fina y media de color claro, con un grosor de la capa de sedimento entre 45 y 50 cm, con algunos parches de vegetación escasa, principalmente de pasto marino de la especie *Halodule wrightii*, y macroalgas verdes calcáreas de crecimiento erecto de los géneros *Halimeda* spp., *Penicillus* spp. y *Rhipocephalus* spp. La biota marina conspicua es más bien escasa, con poca presencia de peces (Figura 4. 72).

**Figura 4. 72** Banco 2-sección somera, en donde se observan grandes extensiones de arena (izq.) y parches dispersos de baja densidad de pasto marino de la especie *Halodule wrightii* con algas verdes calcáreas (der.)



*Sección Intermedia*

La sección del Banco 2 que se denominó intermedio abarca la parte media del banco, en un rango de profundidad que va de 12 a 15 metros. El sustrato es de arena fina y media de color claro, con

un grosor de la capa de sedimento que va de 45 cm en la parte más somera, hasta más de 70 cm en la parte más profunda, con escasa biota marina conspicua. Al igual que en la sección somera, se observan algunos parches de vegetación escasa, principalmente de pasto marino de la especie *Halodule wrightii*, y macroalgas verdes calcáreas de crecimiento erecto de los géneros *Halimeda* spp., *Penicillus* spp. y *Rhipocephalus* spp. En esta sección se registró la presencia de gasterópodos de la especie *Lobatus costatus*; así como el avistamiento de 2 organismos de tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) (Figura 4. 73)

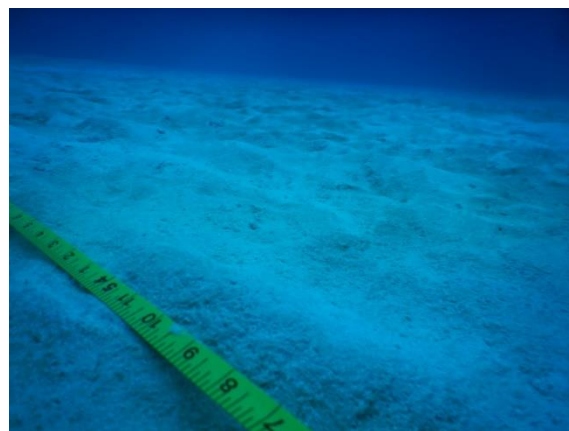
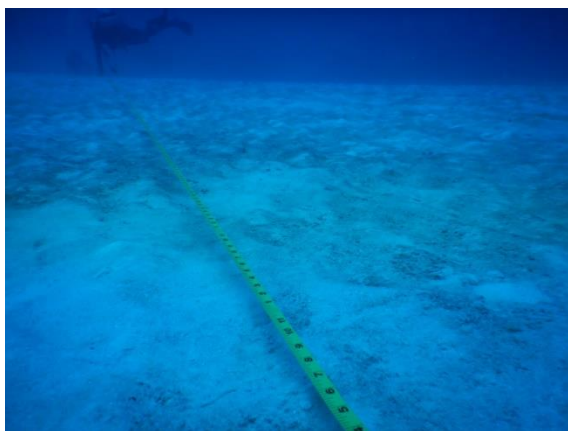
**Figura 4. 73** Banco 2-sección intermedia. Se observa un ejemplar de *Lobatus costatus* sobre la cama de arena (izq.) y un ejemplar de tiburón toro de la especie *Carcharhinus leucas* (der.).



### Sección Profunda

La sección del Banco 2 que se denominó profunda abarca la parte más alejada del banco desde la línea de costa, en un rango de profundidad de 15 a 21 m. El banco de arena en esta sección se caracteriza por ser extensiones amplias de arena fina y de color claro, con una profundidad de sedimento entre 40 y 50 cm de grosor de la capa de arena; en donde los parches de vegetación son prácticamente inexistentes. La biota marina conspicua es prácticamente inexistente, y solamente se registraron escasos organismos del gasterópodo *Lobatus costatus* (Figura 4.74).

**Figura 4. 74** Banco 2-sección profunda. Se observan las amplias camas de arena que existen en este sitio.



En la sección profunda del Banco 2 también se localizó un área de sustrato duro, pero en este banco es más evidente, ya que el desnivel permite ver la formación de una cordillera, en donde se

forma una especie de escalón, que va de los 18 a los 19 metros de profundidad. En esta cordillera se registraron ejemplares de corales blandos, corales duros y esponjas, y la capa de sedimento es solamente de pocos centímetros. La presencia de peces también es más abundante y diversa que en el resto del banco de arena. Siendo así, se recomienda realizar un programa de rescate de estos ejemplares antes de iniciar la extracción de arena para las obras del proyecto (Figura 4.75).

**Figura 4. 75.** Banco 2-sección profunda. Cordillera de sustrato duro entre la cama de arena.



#### 4.3.2.4. Caracterización biológica del área de estudio

##### 4.3.2.4.1. Corales

En el área de estudio se registraron 11 especies de corales, incluyendo 2 hidrocorales, pertenecientes a 7 géneros y 6 familias. La comunidad de corales es muy escasa en el área de estudio, y se encuentran presentes únicamente en los ambientes de la Cresta arrecifal y de Laja intermedia. En ambos ambientes la especie dominante es *Porites astreoides*, que se caracteriza por ser una especie pionera o ruderal, de crecimiento incrustante. El resto de las especies tienen menor presencia en estas zonas, siendo otras especies importantes *Agaricia agaricites*, y *Siderastrea siderea*, por estar presentes en ambos sitios. Las colonias en estos sitios se encuentran de manera dispersa, y son de tamaño pequeño (Tabla 9).

**Tabla 9.** Listado de especies de corales escleractineos y estimaciones de abundancia con base en su cobertura relativa. Dominante (D)=>20%; Abundante (A)=10-19.9%; Común (C)= 5-9.9%; Escasa (E)= 1-4.9% y Rara (R) = <1%. \* denota las especies que se observaron fuera del transecto de muestreo.

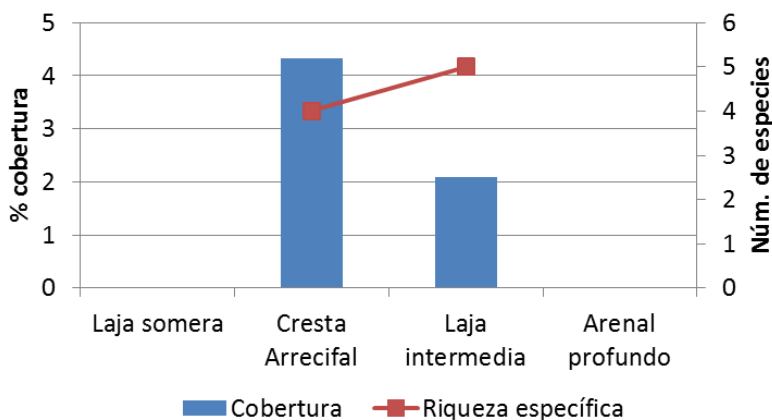
Familia	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo
Acroporidae	<i>Acropora</i>	<i>palmata</i>		*		
Agariciidae	<i>Agaricia</i>	<i>agaricites</i>		A	*	
Faviidae	<i>Montastraea</i>	<i>cavernosa</i>			A	
	<i>Pseudodiploria</i>	<i>strigosa</i>		*		
Poritidae	<i>Porites</i>	<i>astreoides</i>	*	D	D	
		<i>divaricata</i>	*		C	
		<i>porites</i>		C		
Siderastreidae	<i>Siderastrea</i>	<i>radians</i>	*			
		<i>siderea</i>		E	A	
Hidrocorales						

Familia	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo
Milleporidae	<i>Millepora</i>	<i>alicornis</i>			D	
		<i>complanata</i>		*		
<b>Número de especies</b>				<b>4</b>	<b>5</b>	

\* Especies observadas en el sitio fuera de los transectos de muestreo.

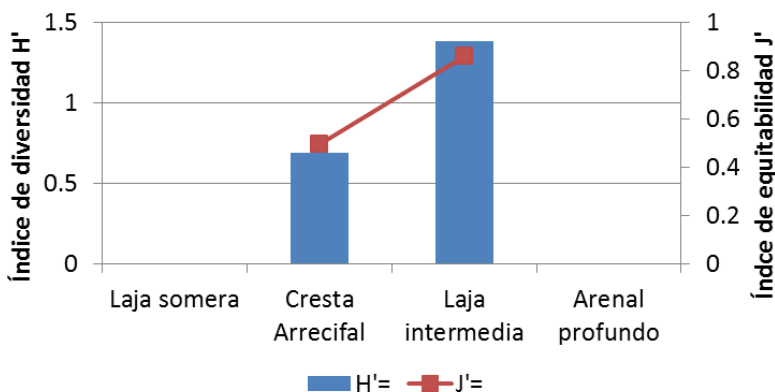
La abundancia de corales es muy baja en el área de estudio. Se registró un porcentaje de cobertura del 4.2% para la Cresta Arrecifal, y de 2.1 % para la zona denominada Laja intermedia. El número de especies también es muy bajo, siendo de 4 y 5 especies respectivamente (Figura 4. 76).

**Figura 4. 76** Cobertura y riqueza de especies de corales en el área de estudio



Los valores estimados para el índice de diversidad también son muy bajos en estas zonas, siendo del  $H'=0.68$  para la Cresta arrecifal y de  $H'=1.38$  para la Laja intermedia; y los valores de equitabilidad de  $J'=0.49$  y  $0.86$  respectivamente (Figura 4. 77).

**Figura 4. 77** Valores de diversidad ( $H'$ ) y equitabilidad ( $J'$ ) de corales en el área de estudio



#### 4.3.2.4.2. Gorgonáceos

La comunidad de gorgonáceos que se registró en el área de estudio consta de 18 especies, pertenecientes a 10 géneros y 3 familias. El área con una mayor representatividad de estos organismos es la Laja intermedia, en donde se forman los denominados jardines de gorgonáceos, encontrando prácticamente ejemplares de todas las especies registradas. Las especies más abundantes son *Pterogorgia anceps* en la laja somera, *Gorgonia flabellum* en la Cresta arrecifal, *Plexaura flexuosa* en la laja intermedia, y *Plexaurella nutans* en el Arenal profundo (Tabla 4. 15).

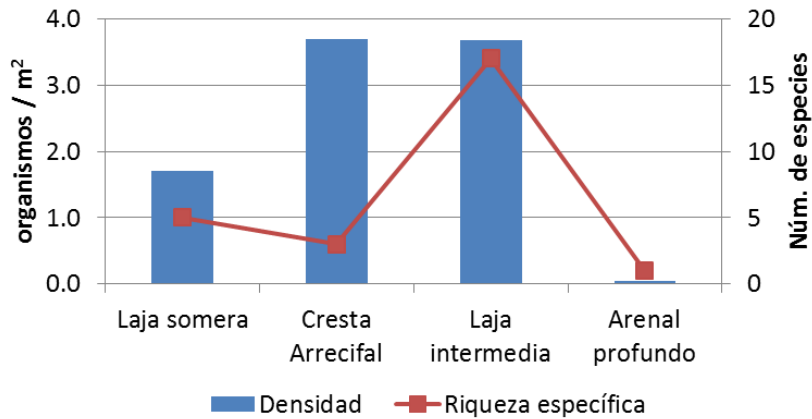
**Tabla 4. 15** Abundancia relativa de las especies de gorgonáceos registradas en el área de estudio. Los rangos de abundancia para establecer las categorías son los siguientes: D=Dominante (>20); A=Abundante (10-20); C=Común (5-10); E=Escasa (1-5); R=Rara (<1).

Familia	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo	
Briareidae	<i>Briareum</i>	<i>asbestinum</i>			C		
Gorgoniidae	<i>Gorgonia</i>	<i>flabellum</i>		D	E		
	<i>Pseudopterogorgia</i>	<i>americana</i>			E		
	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>	D		R		
		<i>citrina</i>	C		C		
		<i>guadalupensis</i>	C				
Plexauridae	<i>Eunicea</i>	<i>calyculata</i>			R		
		<i>fusca</i>			R		
		<i>mammosa</i>		E	D		
		<i>tourneforti</i>			R		
	<i>Muricea</i>	<i>muricata</i>			R		
	<i>Muriceopsis</i>	<i>flavida</i>	A		C		
	<i>Plexaura</i>	<i>flexuosa</i>			E	A	
		<i>homomalla</i>				E	
	<i>Plexaurella</i>	<i>dichotoma</i>				E	
		<i>grandiflora</i>				R	
<i>nutans</i>		E			E	D	
<i>Pseudoplexaura</i>	<i>porosa</i>				C		
<b>No de especies</b>			<b>5</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	

La abundancia de organismos es alta para las zonas de la Cresta arrecifal y la Laja intermedia, estimando una densidad de 3.7 org/m<sup>2</sup> en cada una; solamente que el número de especies registrado en la laja intermedia fue de 17 especies, mientras que para la Cresta Arrecifal fue de tan solo 3 especies. Para la Laja somera se estimó una densidad de 1.7 org/m<sup>2</sup> con 5 especies; mientras que en el Arenal profundo fue de 0.1 org/m<sup>2</sup> para una sola especie (Figura 4. 78).

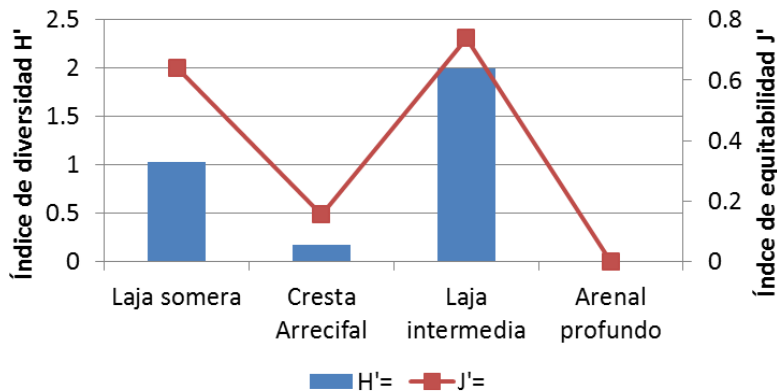


**Figura 4. 78** Riqueza específica y abundancia de gorgonáceos en el área de estudio.



El índice de diversidad más alto se estimó para la laja intermedia, con un valor de  $H' = 2.0$ , mientras que para el resto de los ambientes fue de  $H' < 1.0$ . La equitabilidad más alta también se estimó para la Laja intermedia con un valor de  $J' = 0.7$ , y para la Laja somera con valor de  $J' = 0.6$ . Para el arenal somero no se pudieron estimar los índices de diversidad y equitabilidad, toda vez que se registró solamente una especie (Figura 4. 79).

**Figura 4. 79** Valores de diversidad ( $H'$ ) y equitabilidad ( $J'$ ) para los gorgonáceos en el área de estudio.



#### 4.3.2.4.3. Peces

La comunidad de peces arrecifales en el área de estudio está representada por 22 especies, pertenecientes a 18 géneros y 12 familias. Las especies más dominantes fueron *Halichoeres bivittatus* y *Canthigaster rostrata* en la Laja somera, *Thalassoma bifasciatum* y *Stegates diencaeus* en la Cresta Arrecifal, *Thalassoma bifasciatum* y *Canthigaster rostrata* en la Laja intermedia, y *Canthigaster rostrata* en el Arenal profundo. La especie con mayor distribución fue *Canthigaster rostrata*, siendo la única especie que se registró en todos los ambientes del área de estudio (Tabla 4. 16).

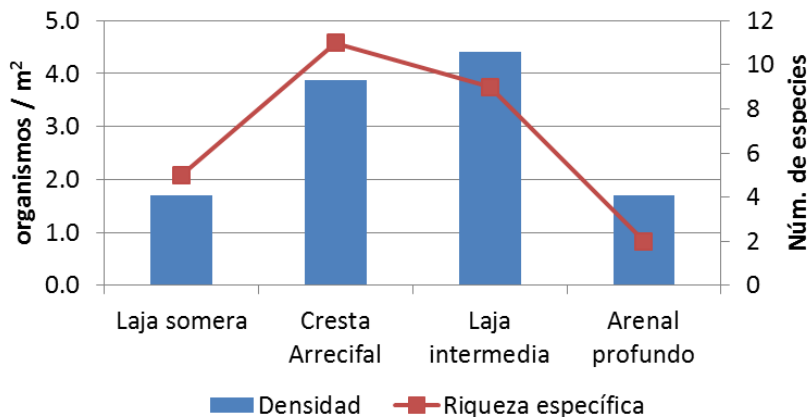
**Tabla 4. 16** Presencia y abundancia relativa de las especies de peces arrecifales en el área de estudio: Dominante (D)=>20%; Abundante (A)=10-19.9%; Común (C)= 5-9.9%; Escasa (E)= 1-4.9% y Rara (R) = <1%.

Familia	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo	
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>coeruleus</i>		*			
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>capistratus</i>		E	E		
Haemulidae	<i>Haemulon</i>	<i>flavolineatum</i>		E			
Labridae	<i>Halichoeres</i>	<i>bivittatus</i>	D	E	E		
		<i>radiatus</i>	E	R			
	<i>Thalassoma</i>	<i>bifasciatum</i>		D	D		
Labrisomidae	<i>Malacoctenus</i>	<i>triangulatus</i>			E		
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>griseus</i>		C			
	<i>Ocyurus</i>	<i>chrysurus</i>	E				
Opistognathidae	<i>Opistognathus</i>	<i>sp</i>				C	
Pomacanthidae	<i>Holacanthus</i>	<i>tricolor</i>			R		
	<i>Pomacanthus</i>	<i>paru</i>	E				
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	<i>saxatilis</i>		*			
	<i>Microspathodon</i>	<i>chrysurus</i>		C			
		<i>diencaeus</i>			D		
	<i>Stegastes</i>	<i>partitus</i>			E	C	
		<i>variabilis</i>			E	R	
Scaridae	<i>Scarus</i>	<i>iseri</i>		*			
	<i>Sparisoma</i>	<i>chrysopterum</i>			E		
		<i>viride</i>			*		
Serranidae	<i>Serranus</i>	<i>tigrinus</i>					
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	<i>rostrata</i>	D	A	D	D	
<b>Número de especies</b>			<b>5</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	

88

La mayor abundancia de peces arrecifales se estimó para el ambiente denominado Laja intermedia, con un valor de 4.4 organismos por m<sup>2</sup>, seguida de la Cresta Arrecifal en donde se estimó una abundancia de 3.9 org/m<sup>2</sup>. En los otros ambientes del área de estudio se estimó una densidad de 1.7 org/m<sup>2</sup> para cada una. El número de especies más alto se registró para la Cresta arrecifal, con un valor de 11 especies, seguida de la Laja intermedia con 9 especies. Para la Laja somera se registraron 5 especies y solamente 2 para el Arenal profundo (Figura 4. 80).

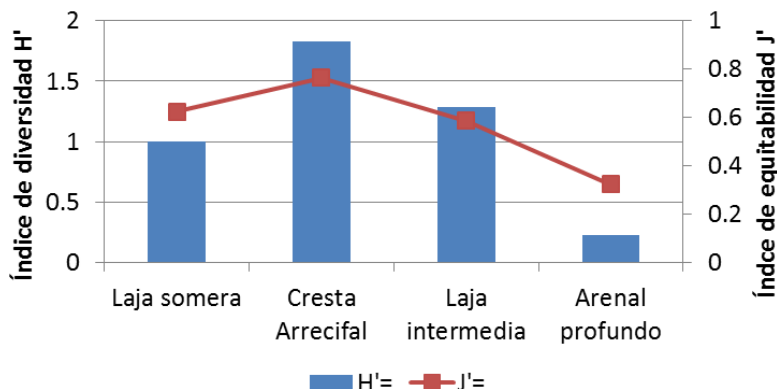
**Figura 4. 80** Densidad y riqueza específica de peces arrecifales en el área de estudio.



En cuanto a la diversidad, la Cresta Arrecifal presentó el valor más alto de H'<sup>2</sup>=1.8, seguido de la Laja intermedia con un valor de H'<sup>2</sup>=1.3, y de H'<sup>2</sup>=1 para la Laja somera; con el valor más bajo para

el Arenal profundo de  $H'=0.3$ . La equitabilidad también fue más elevada para la Cresta Arrecifal, con un valor de  $J'=0.7$ , seguida de la Laja somera y la Laja intermedia con un valor de  $J'=0.6$  para cada una, y el valor más bajo para el Arenal profundo de  $J'=0.3$  (Figura 4. 81).

**Figura 4. 81** Índices de diversidad y equitabilidad para los peces arrecifales en el área de estudio.



#### 4.3.2.4.4. Vegetación marina

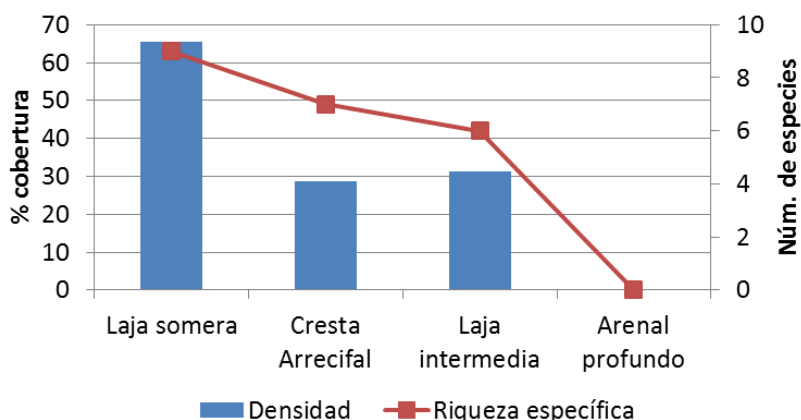
La vegetación marina en el área de estudio consta de un registro de 16 especies, pertenecientes a 10 géneros y 3 phylla. Las especies más dominantes en el área de estudio está representada por una asociación de algas verdes calcáreas *Halimeda tuna*, *Rhiphocephalus phoenix* y la macroalga café *Hypnea cervicornis* en la Laja somera; de la especie roja calcárea incrustante *Hydrolithon boerguesenii* en la Cresta arrecifal, de *Rhiphocephalus phoenix* en la Laja Intermedia; mientras que en el Arenal profundo no hubo registros (Tabla 4. 17).

**Tabla 4. 17** Abundancia relativa de las especies de macroalgas registradas en el área de estudio. Los rangos de abundancia para establecer las categorías son los siguientes: D=Dominante (>20); A=Abundante (10-20); C=Común (5-10); E=Escasa (1-5); R=Rara (<1).

Phyllum	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo	
Chorophyta	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>	C				
	<i>Caulerpa</i>	<i>verticillata</i>		E			
	<i>Enteromorpha</i>	<i>sp.</i>			A		
	<i>Halimeda</i>	<i>discoidea</i>				E	
		<i>goreauii</i>		E			
		<i>opuntia</i>		E	A		
		<i>tuna</i>		D		A	
	<i>Rhiphocephalus</i>	<i>phoenix</i>	D	A	D		
	<i>Udotea</i>	<i>fibrosa</i>				E	
		<i>flabellum</i>		E	E		
Phaeophyta	<i>Valonia</i>	<i>macrophysa</i>	E	E			
	<i>Amphiroa</i>	<i>rigida</i>	E				
	<i>Hydrolithon</i>	<i>boerguesenii</i>		D			
Cyanobacteria	<i>Hypnea</i>	<i>cervicornis</i>	D				
	<i>Lyngbya</i>	<i>sp.</i>		C	C		
	<i>Schizothrix</i>	<i>sp.</i>					
<b>No. de especies</b>			<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	

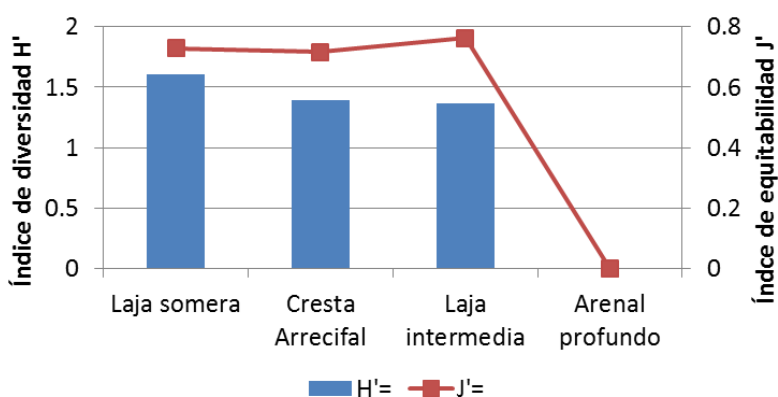
En cuanto a la abundancia, el ambiente de Laja somera presenta una alta cobertura de algas, siendo del 65%, seguida por la Laja intermedia con 31% de cobertura vegetal, y de la Cresta Arrecifal en donde se estimó el 28.8% de cobertura. En el Arenal profundo la cobertura vegetal fue nula. La riqueza específica también fue mayor en la Laja somera, con un registro de 9 especies, seguida de la Cresta Arrecifal con 7 especies, y la Laja intermedia con 6 especies; y ninguna especie registrada para el Arenal profundo (Figura 4. 82).

Figura 4. 82 Riqueza específica y abundancia de macroalgas en el área de estudio.



En cuanto a la diversidad, se estimó el valor más alto para la Laja somera con  $H' = 1.6$ , seguida de las Cresta Arrecifal y la Laja intermedia con un valor de  $H' = 1.3$  en cada caso. La equitabilidad es similar para los 3 ambientes del área de estudio con valores de  $J' = 0.7$ . Para el Arenal profundo no se pudo estimar valores de diversidad y equitabilidad (Figura 4. 83).

Figura 4. 83 Valores de diversidad ( $H'$ ) y equitabilidad ( $J'$ ) de macroalgas en el área de estudio.



#### 4.3.2.4.5. Otros invertebrados

El registro de otros invertebrados para el área de estudio consta de 18 especies, pertenecientes a 17 géneros, 15 familias y 5 grupos taxonómicos. En la Laja somera solamente se registraron 2 especies, siendo de la esponja *Cliona caribbaea* y el molusco *Cyphoma gibbosum* que se encuentra sobre las colonias de gorgonáceos. Las especies dominantes en la Cresta Arrecifal fueron el erizo *Diadema antillarum* y la esponja *Cliona caribbaea*. En la Laja intermedia la especie dominante fue



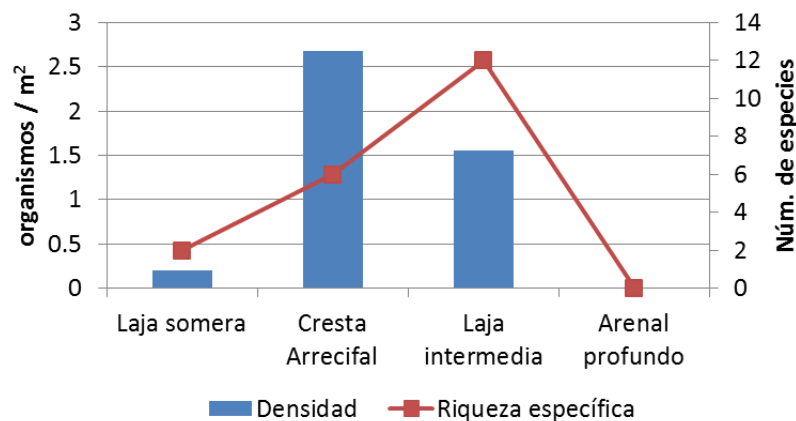
el zoántido *Palythoa caribaeorum*; mientras que en Arenal profundo no se registraron especies de invertebrados (Tabla 4. 18).

**Tabla 4. 18** Registro de presencia/ausencia de invertebrados en el área de estudio.

Grupo	Familia	Género	Especie	Laja somera	Cresta Arrecifal	Laja intermedia	Arenal profundo
Anémona	Actiniidae	<i>Bunodosoma</i>	<i>granuliferum</i>			E	
Equinodermo	Cidaridae	<i>Eucidaris</i>	<i>tribuloides</i>		E		
	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>antillarum</i>		D		
	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>viridis</i>		A		
	Toxopneustidae	<i>Lytechinus</i>	<i>variegatus</i>		R		
Esponja	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	<i>cauliformis</i>			C	
	Axinellidae	<i>Dragmacidon</i>	<i>sp</i>			E	
		<i>Ptilocaulis</i>	<i>sp</i>			E	
	Callyspongiidae	<i>Callyspongia</i>	<i>vaginalis</i>			E	
	Clathrinidae	<i>Clathrina</i>	<i>canariensis</i>			E	
		<i>Cliona</i>	<i>caribbaea</i>	D	D		
	Desmacididae	<i>Desmapsamma</i>	<i>anchorata</i>			C	
	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>etheria</i>			A	
	Iotrochotidae	<i>Iotrochota</i>	<i>birotulata</i>			A	
Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>felix</i>			A		
		<i>strobilina</i>			E		
Molusco	Ovulidae	<i>Cyphoma</i>	<i>gibbosum</i>	D			
Zoántido	Sphenopidae	<i>Palythoa</i>	<i>caribaeorum</i>		C	D	
<b>No de especies</b>				<b>2</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>0</b>

La densidad de otros invertebrados fue más alta en la Cresta Arrecifal con un valor de 2.7 organismos por m<sup>2</sup>, seguida por la Laja intermedia con una densidad estimada de 1.5 organismos por m<sup>2</sup>. La laja somera tuvo una densidad muy baja, estimada en 0.2 organismos por m<sup>2</sup>. Sin embargo, la riqueza específica fue más elevada en la Laja intermedia, con un valor de 12 especies, seguida de la Cresta Arrecifal con 6 especies y la Laja somera con tan solo 2 especies. En el Arenal profundo no se tuvo registro de organismos (Figura 4. 84).

**Figura 4. 84** Riqueza específica y abundancia de invertebrados en el área de estudio.



4.3.2.5. Caracterización de la biota marina conspicua en los bancos de arena

4.3.2.5.1. Peces

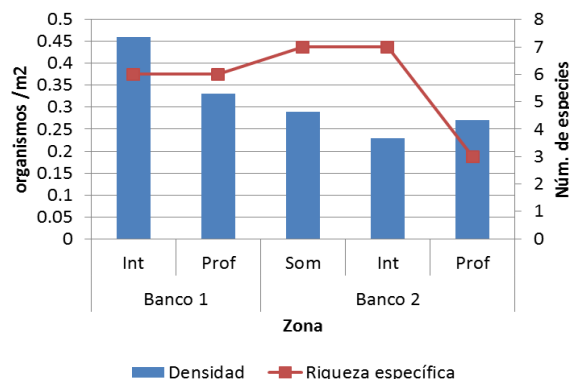
En los bancos de arena se registró un total de 15 especies de peces, pertenecientes a 13 géneros y 11 familias. En total se registró un total de 158 individuos. Las especies dominantes en el Banco 1 fueron *Heteroconger halis* y *Hemipteronotus martinicensis*; mientras que en el Banco 2 especies del género *Hemipteronotus*, seguida de *Lutjanus buccanella*. La especie con mayor distribución fue *Hemipteronotus martinicensis*, ya que se registró en todas las secciones de ambos bancos de arena (Tabla 4. 19).

**Tabla 4. 19** Abundancia relativa de peces arrecifales registrados en los bancos de arena. Los rangos de abundancia para establecer las categorías son los siguientes: D=Dominante (>20); A=Abundante (10-20); C=Común (5-10); E=Escasa (1-5); R=Rara (<1).

Familia	Género	Especie	Banco 1		Banco 2		
			Int	Prof	Som	Int	Prof
Carangidae	<i>Caranx</i>	<i>ruber</i>	E	E	E		E
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus</i>	<i>leucas</i>				C	
Congridae	<i>Heteroconger</i>	<i>halis</i>	D	D			
Dasytidae	<i>Dasyatis</i>	<i>americana</i>	E				
Echneidae	<i>Echeneis</i>	<i>naucrates</i>				E	
Haemulidae	<i>Anisotremus</i>	<i>virginicus</i>			E		
		<i>carbonarium</i>			E		
		<i>melanurum</i>			A		
Labridae	<i>Hemipteronotus</i>	<i>martinicensis</i>	D	D	D	D	D
		<i>sp</i>	C			A	D
		<i>Thalassoma</i>		A		D	
Lutjanidae	<i>Lutjanus</i>	<i>buccanella</i>		E	D	E	
Muraenidae	<i>Gymnothorax</i>	<i>sp</i>		E			
Pomacentridae	<i>Stegastes</i>	<i>planifrons</i>				E	
Tetraodontidae	<i>Lactophrys</i>	<i>triqueter</i>	C		C		
<b>No de especies</b>			<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>

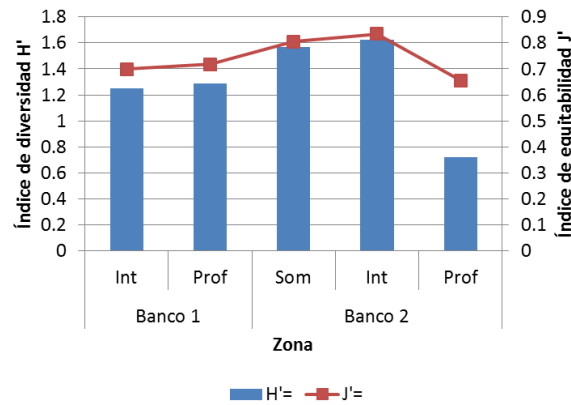
La densidad más alta de peces se encontró en el Banco 1, con 0.46 ind/m<sup>2</sup>, mientras que los valores más bajos se ubicaron en el Banco 2, con 0.23 ind/m<sup>2</sup>. En relación al número de especies, el más alto se encontró en el Banco 2, con 7. El número de especies más bajo se registró en el 2, con 3 especies (Figura 4. 85).

**Figura 4. 85** Densidad y riqueza específica de peces arrecifales en los bancos de arena.



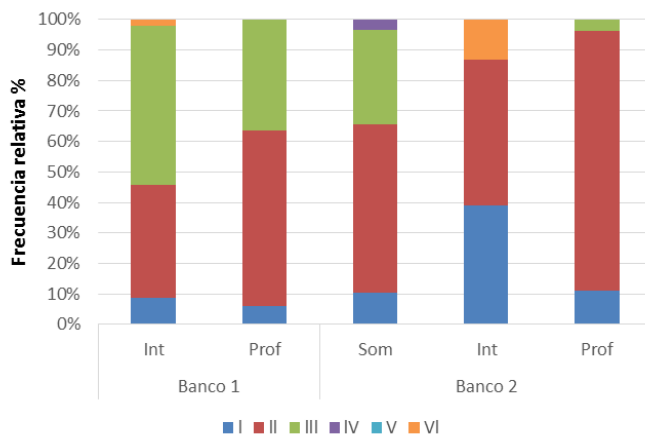
El valor de diversidad más alto se encontró en el Banco 2, con  $H'=1.62$ , aunque también allí se registró el más bajo en la sección profundo, con  $H'=0.71$ . En lo que se refiere a la equitabilidad, el patrón fue muy similar al registrarse el valor más alto en el Banco 2, con  $J'=0.83$  y el más bajo también en la sección profundo, con  $J'=0.65$  (Figura 4. 86).

**Figura 4. 86** Índices de diversidad y equitabilidad para los peces arrecifales en los bancos de arena.



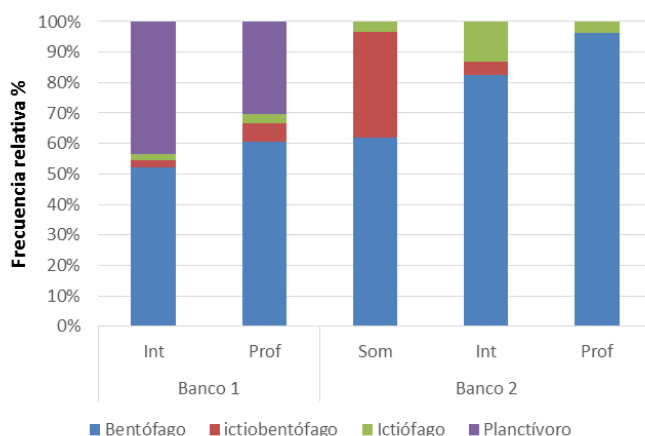
La categoría de tallas que fueron registradas en ambos bancos de arena fueron la I y II, siendo la II la que tuvo la frecuencia más alta en casi todas las secciones. Las tallas más grandes tuvieron frecuencias muy bajas en ambos bancos de arena, aunque hubo registros de individuos de talla VI en algunos de las secciones (Figura 4. 87).

**Figura 4. 87** Estructura de tamaños para los peces arrecifales en los bancos de arena.



Se encontró que el grupo de los bentófagos fue el que registró la mayor frecuencia en ambos bancos de arena, con al menos el 52%, estando presentes en todas las secciones. El otro grupo que también estuvo presente en todas las secciones fue el de los ictiófagos, aunque en frecuencias mucho más bajas. Los peces ictiobentófagos también se registraron en ambos bancos de arena, pero con frecuencias bajas; y finalmente los planctívoros solamente se encontraron en el Banco 1, aunque su frecuencia fue alta (Figura 4. 88).

**Figura 4. 88** Estructura de grupos tróficos para los peces arrecifales en los bancos de arena.



**4.3.2.5.2. Vegetación marina**

La vegetación marina en los bancos de arena es muy escasa. Se registraron únicamente 5 especies, pertenecientes a 5 géneros y 2 phyla. De estas especies, 4 corresponden a algas verdes calcáreas de crecimiento erecto, y una de ellas es de pasto marino *Halodule wrightii*. Este pasto marino se encontró en parches pequeños de baja densidad en las secciones somera e intermedia del Banco 2; mientras que en el Banco 1 no se registró esta especie de pasto marino (Tabla 4. 20).

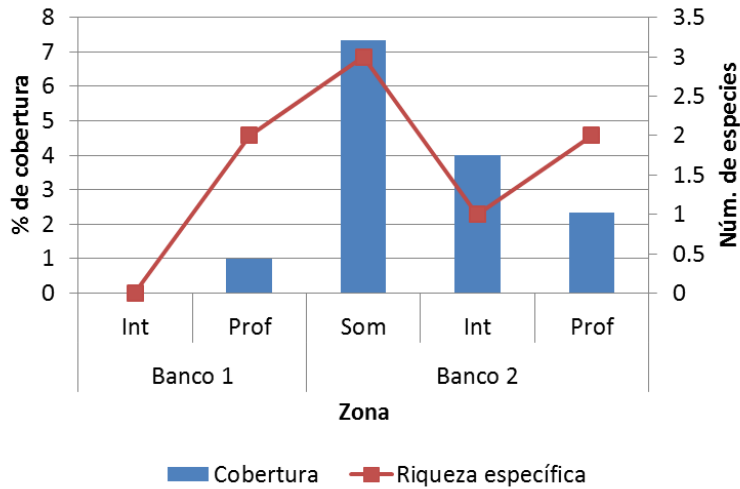
**Tabla 4. 20** Abundancia relativa de las especies de vegetación marina registradas en los bancos de arena. Los rangos de abundancia para establecer las categorías son los siguientes: D=Dominante (>20); A=Abundante (10-20); C=Común (5-10); E=Escasa (1-5); R=Rara (<1).

Phylum	Género	Especie	Banco 1		Banco 2		
			Int	Prof	Som	Int	Prof
Chlorophyta	<i>Avrainvillea</i>	<i>asarifolia</i>		D			C
	<i>Halimeda</i>	<i>tuna</i>		A			D
	<i>Penicillus</i>	<i>pyriformis</i>			C		
	<i>Rhypocephalus</i>	<i>phoenix</i>			E		
Magnoliophyta	<i>Halodule</i>	<i>wrightii</i>			D	D	
<b>Número de especies</b>			<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

La cobertura vegetal en los bancos de arena es muy baja. En el Banco 2 se registró la mayor abundancia de macroalgas y pastos marinos, con el valor más alto de cobertura en su sección somera, con un valor de 7.3%, seguida de la sección intermedia con un valor de 4%, y de un 2.3% en la sección profunda. En cambio, en el Banco 1 se registró solamente un 1% de cobertura en su parte profunda, sin presencia de cobertura vegetal en su parte intermedia (Figura 4.89).

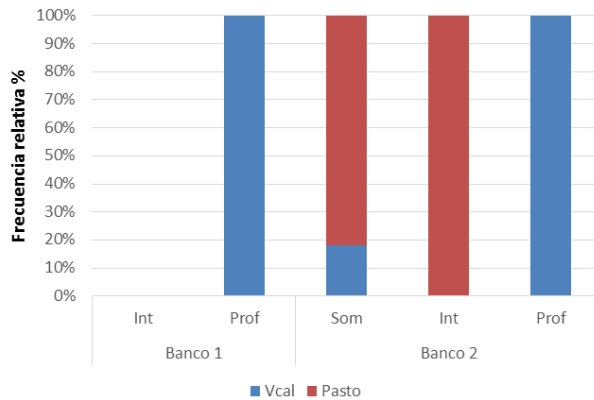


**Figura 4. 89.** Riqueza específica y abundancia de vegetación marina en los bancos de arena.



La estructura de los grupos morfológicos para la vegetación marina en los bancos de arena está compuesta únicamente por algas verdes calcáreas en la sección profunda de ambos bancos de arena, y una pequeña Proción en la parte somera del Banco 1; mientras que en los pastos marinos se encuentran presentes en la parte intermedia y somera del Banco 2. El resto de los grupos morfológicos de la vegetación marina (algas verdes carnosas, algas rojas, algas cafés) no están representados en los bancos de arena (Figura 4.90).

**Figura 4. 90.** Grupos morfológicos de vegetación marina en los bancos de arena.



**4.3.2.5.3. Invertebrados bentónicos conspicuos**

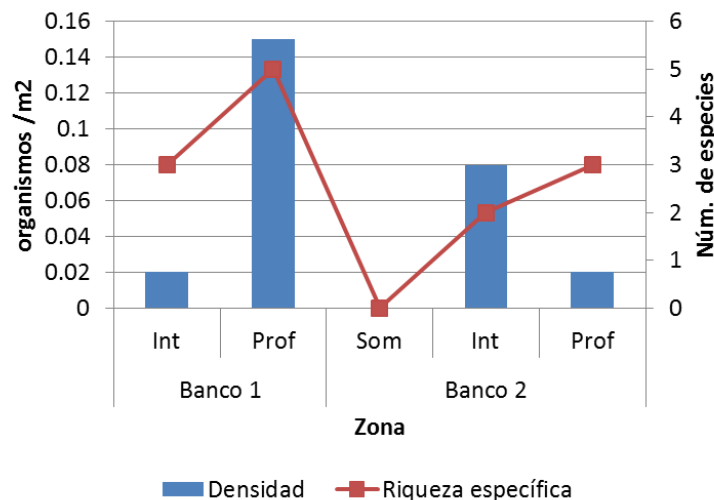
En el área de estudio se registró un total de 9 especies de invertebrados, pertenecientes a 9 géneros y 8 familias, de 5 diferentes grupos taxonómicos, que incluyen corales blandos, corales duros, crustáceos, esponjas y moluscos. El caracol gasterópodo *Lobatus costatus* se encontró con una amplia distribución, encontrándolo en la mayoría de los transectos muestreados, siendo además la especie más abundante en todos los sitios (Tabla 4. 21).

**Tabla 4. 21** Abundancia relativa de especies de invertebrados bentónicos conspicuos registradas en los bancos de arena. Los rangos de abundancia para establecer las categorías son los siguientes: D=Dominante (>20); A=Abundante (10-20); C=Común (5-10); E=Escasa (1-5); R=Rara (<1).

Grupo	Familia	Género	Especie	Banco 1		Banco 2		
				Int	Prof	Som	Int	Prof
Coral blando	Gorgoniidae	<i>Pterogorgia</i>	<i>anceps</i>		C			
	Plexauridae	<i>Muriceopsis</i>	<i>flavida</i>		C			
Coral duro	Meandrinidae	<i>Meandrina</i>	<i>meandrites</i>					E
	Siderastreaeidae	<i>Siderastrea</i>	<i>siderea</i>		E			
Crustáceo	Coenobitidae	<i>Coenobita</i>	<i>sp</i>	D				D
Esponja	Iotrochotidae	<i>Iotrochota</i>	<i>birotulata</i>				A	
Molusco	Fasciariidae	<i>Pleuroploca</i>	<i>gigantea</i>	E				
	Strombidae	<i>Lobatus</i>	<i>costatus</i>	D	D		D	D
		<i>Strombus</i>	<i>pugilis</i>		D			
<b>Número de especies</b>				<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

El mayor número de individuos se registró en la parte profunda del Banco 1, con 0.14 organismos por m<sup>2</sup>, seguida de la sección intermedia del Banco 2, con 0.08 organismos por m<sup>2</sup>, el resto de las zonas de trabajo tuvieron densidades muy bajas. La riqueza específica más alta se registró en la sección profunda del Banco 1, con un valor de 5 especies, seguida de la sección intermedia del Banco 1 y la profunda del Banco 2 con un valor de 3 especies. En la sección somera del Banco 2 no se registraron individuos de invertebrados bentónicos conspicuos (Figura 4. 91 **Riqueza específica y abundancia de macroalgas en los bancos de arena.**).

**Figura 4. 91** Riqueza específica y abundancia de macroalgas en los bancos de arena.



**4.3.2.6. Caracterización de la Infauna**

La infauna que se registró en las muestras de arena que se extrajeron de los bancos de arena consta de 49 especies, pertenecientes a 41 géneros, 27 familias, 19 órdenes, 11 subclases, y 7 clases, de 4 grupos taxonómicos que incluyen: anélidos, sipuncúlidos, moluscos y equinodermos. Cabe mencionar que la gran mayoría de los ejemplares corresponden al grupo de los moluscos, tanto de la clase Bivalvia como Gastropoda, de acuerdo a lo registrado en la Tabla 4. 22.

**Tabla 4. 22** Abundancia relativa de las especies de infauna registradas en los bancos de arena.

Grupo	Clase	Subclase	Orden	Familia	Género	Especie	Banco 1		Banco 2		
							Int	Prof	Som	Int	Prof
Annelida	Polychaeta	Errantia	Eunicida	Oeonidae					1		
Annelida	Polychaeta	Sedentaria	Opheliida	Opheliidae	<i>Armandia</i>	<i>sp.</i>				1	
Sipuncula	Sipunculidea	s/sc	Golfingiida	Sipunculidae	<i>sp.</i>	<i>sp.</i>				2	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Cardiidae	<i>Americardia</i>	<i>sp.</i>	1		3		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Cardiidae	<i>Dallocardia</i>	<i>sp.</i>	1	1	4	1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Cardiidae	<i>Laevicardium</i>	<i>sp.</i>	2				
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Cardiidae	<i>Phyllodina</i>	<i>Phyllodina squamifera</i>			1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Semelidae	<i>Semelina</i>	<i>Semelina nuculoides</i>				5	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Tellinidae	<i>Ameritella</i>	<i>Ameritella sybaritica</i>			2	3	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Tellinidae	<i>Ameritella</i>	<i>sp.</i>	2		1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Tellinidae	<i>Tellina</i>	<i>sp.</i>	1	1	1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Tellinidae	<i>Tellina</i>	<i>Tellina alternata (Eurytellina alternata)</i>		2	2	1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Cardiida	Tellinidae	<i>Tellina</i>	<i>Tellina radiata</i>		1		1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Limida	Limidae	<i>Lima</i>	<i>Lima caribaea</i>			4		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Anodontia</i>	<i>Anodontia alba</i>			14	4	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Callucina</i>	<i>Callucina keenae</i>		2	26	2	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Codakia</i>	<i>Codakia orbicularis</i>			3	3	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>codakia</i>	<i>sp.</i>			2	1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Divaricella</i>	<i>Divaricella quadrisulcata</i>				1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Divaricella</i>	<i>sp.</i>				1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Lucinida	Lucinidae	<i>Egarcina</i>	<i>Egarcina dentata</i>	1	1	1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Mytilida	Dreissenidae	<i>mytilopsis</i>	<i>sp.</i>			1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Mytilida	Mytilidae	Brachiodontes	<i>sp.</i>			13		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Mytilida	Mytilidae	<i>Geukensia</i>	<i>Geukensia demissa</i>	1		5		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Mytilida	Mytilidae	<i>Modiolus</i>	<i>Modiolus americanus</i>			1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Ostreida	Ostreidae	s/c	s/c			2		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Venerida	Chamidae	<i>Chama</i>	<i>Chama macerophylla</i>				1	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Venerida	Chamidae	<i>Chama</i>	<i>sp.</i>					
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Venerida	Veneridae	<i>Cyclinella</i>	<i>sp.</i>	1	1		2	
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Venerida	Veneridae	<i>Petricolaria</i>	<i>Petricolaria stellae</i>			1		
Mollusca	Bivalvia	Autobranchia	Venerida	Veneridae	<i>pitar</i>	<i>Pitar fulminatus</i>	1			1	
Mollusca	Bivalvia	s/c	Venerida	Veneridae	<i>Chione</i>	<i>sp.</i>	3	1	7	3	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Belloliidae	<i>Jaspidella</i>	<i>sp.</i>		1	4	4	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Sorbeoconcha	Olivellidae	<i>Olivella</i>	<i>sp.</i>	1		1	2	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Littorinimorpha	Hipponicidae	<i>Cheilea</i>	<i>Cheilea equestris</i>		1			
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Littorinimorpha	Velutinidae	<i>Lamellaria</i>	<i>Lamellaria perspicua</i>					
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Conidae	<i>Conus</i>	<i>sp.</i>			1		
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Olivellidae	<i>Olivella</i>	<i>sp.</i>				1	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Terebridae	<i>Neoterebra</i>	<i>sp.</i>			1	3	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Terebridae	<i>Terebra</i>	<i>sp.</i>			2		
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Trochida	Phasianellidae	<i>Eluthidium</i>	<i>sp.</i>				1	
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Ceanogastropoda	Cerithiidae	<i>Cerithium</i>	<i>sp.</i>			6	2	
Mollusca	Gastropoda	heterobranchia	Cephalaspidae	Tornatinidae	<i>Acteocina</i>	<i>Acteocina lepta</i>			1		
Mollusca	Gastropoda	s/sc	littorinimorpha	Naticidae	<i>sp.</i>	<i>sp.</i>				1	
Mollusca	Gastropoda	vetigastropoda	Lepetillida	Fissurellidae	<i>Diodora</i>	<i>sp.</i>			2		
Mollusca	Scaphopoda	s/c	Dentaliida	Dentaliidae	<i>Dentalium</i>	<i>Dentalium laqueatum</i>			2		
Mollusca	Scaphopoda	s/sc	Gadiliida	Gadiliidae	<i>Cadulus</i>	<i>Cadulus parvus</i>	1				
Mollusca	Scaphopoda	s/sc	Gadiliida	Gadiliidae	<i>Gadilida</i>	<i>Gadilida Pandionis</i>				1	
Echinodermata	Echinoidea	Euechinoidea	Clypeasteroidea	Melliidae	<i>Mellita (Leodia)</i>	<i>Mellita sexiesperforata</i>		1	1	1	
<b>No. de organismos</b>							<b>16</b>	<b>13</b>	<b>116</b>	<b>41</b>	<b>21</b>
<b>No. de especies</b>							<b>12</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>14</b>

**4.3.2.7. Descripción de los ambientes marinos a nivel de las áreas de aprovechamiento del proyecto.**

En junio de 2016 se llevaron a cabo recorridos para actualizar y verificar las condiciones de las áreas de aprovechamiento del proyecto en la zona marina. Los resultados de este estudio se presentan a continuación.

**4.3.2.7.1 Norte de la Bahía Xaac**

La costa rocosa que se encuentra al centro de la pequeña bahía que se forma al Norte de Bahía Xaac presenta una profundidad que va de 0-1.3 m. En la parte sumergida existe una franja de sustrato rocoso, que en los primeros 3 metros carece de biota, y después se encuentran parches donde el sustrato rocoso está cubierto por un alga verde de la especie *Caulerpa mexicana*. Al final de esta franja rocosa se observa la presencia de colonias de gorgonáceos arborescentes, con

dominancia de la especie *Plexaura homomalla*, la cual se encuentra protegida dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Figura 4. 92).

**Figura 4. 92.** Estratos presentes en la bahía al Norte de Bahía Xaac: somero (izq), intermedio (centro) y profundo (der).



En la parte Sur de la Bahía se forma una punta rocosa en donde el ambiente marino es muy similar al descrito en el párrafo anterior, con excepción de que el sitio es más profundo, llegando a alcanzar los 2 m, y la presencia de gorgonáceos es mucho más abundante, destacando por su abundancia la especie *Plexaura homomalla*. Al terminar la franja de sustrato rocoso se encuentra un sustrato de laja cubierto por una capa de arena (Figura 4. 93).

**Figura 4. 93.** Abundancia de gorgonáceos en sur de la Bahía al norte de Xaac, con dominancia de la especie *Plexaura homomalla*.



#### 4.3.2.7.2 Bahía Xaac

Es el sitio en donde se encuentra el desarrollo del hotel Grand Sirenis por lo que se llevan a cabo las actividades turísticas acuáticas. En una saliente rocosa se encuentra un vestigio arqueológico de la cultura maya (Figura 4. 94).



**Figura 4. 94** Vista panorámica de Bahía Xaac.



En su extremo norte presenta una franja de sustrato rocoso con presencia de laja y esqueletos de coral de aproximadamente 15 metros de ancho con una profundidad de 1.8 m aproximadamente, en donde se encuentran algunos cabezos de coral vivo de tamaño mediano y grande de la especie *Pseudodiploria strigosa* (50-100 cm diámetro), algunos con tejido sano y otros con mortalidad parcial. Existe presencia abundante de colonias de gorgonáceos de la especie *Plexaura homomalla*, la cual se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posterior a esta franja se forma una planicie de arena fina, a 2.2 m de profundidad, en donde existe alta turbidez por la suspensión de los sedimentos finos del sustrato por acción del movimiento de la masa de agua (Figura 4. 95).

**Figura 4. 95.** Estratos presentes en el extremo norte de la Bahía Xaac.



En su extremo sur se encuentra una franja de sustrato rocoso y esqueletos de coral más angosta (10 metros aprox.) y más profunda (2.7 m) que la encontrada en el extremo norte. La biota marina es mucho menos abundante, encontrando pocas colonias de gorgonaceos y algunas de la especie *Plexaura homomalla*. Los cabezos de coral también son escasos, solamente existe uno de tamaño grande de la especie *Pseudodiploria strigosa* (1 m diámetro aprox.) en donde inicia la base de arena (Figura 4. 96).

**Figura 4. 96** Estratos presentes en el extremo sur de la Bahía Xaac.





En la boca de la Bahía Xaac se encuentra un arenal cuya profundidad varía entre 2 y 4 m, pudiendo alcanzar hasta 9 m en su parte noreste. El borde del arenal está compuesto de rocas y esqueletos de coral con poca biota marina, conformada únicamente por algunos ejemplares aislados de coral cerebro de los géneros *Diploria* y *Pseudodiploria*, así como gorgonáceos arborescentes sin haber observado la presencia de *Plexaura homomalla* (Figura 4. 97).

**Figura 4. 97** Ambientes presentes en el recorrido que se realizó en el arenal que se encuentra en la boca de la Bahía Xaac.



La parte somera de Bahía Xaac corresponde a un Arrecife Posterior, el cual se encuentra asociado a la estructura rocosa emergida ubicada en medio de la bahía. La base calcárea que conforma este arrecife está formada por la acumulación de esqueletos de *Acropora cervicornis* en la parte inferior y de *Acropora palmata* en la parte superior, así como de *Agaricia agaricites* y *Porites astreoides* en otras áreas, y sobre esta estructura crecen corales de diversos tipos, tanto duros como blandos.

En todos los registros del Programa de Monitoreo que se ha llevado a cabo de manera anual desde el año 2012 se había encontrado la presencia de colonias grandes y en buen estado de *Acropora palmata*. Sin embargo, en julio de 2015 se registró una alta turbiedad en la zona, que se atribuyó a la acumulación atípica de sargazo que estaba ocurriendo en la costa. Ya que este evento de arribazón masiva de sargazo se prolongó por varios meses más pudo generarse una disminución en la oxigenación del agua y del paso de luz, justo en la zona somera en la que se desarrollan estas colonias. Lo anterior podría explicar la elevada mortalidad de las colonias de *Acropora palmata* que se registró en el verano de 2016, cuando se encontraron únicamente pequeños fragmentos vivos sobre los esqueletos (Figura 4. 98). Se registraron 3 sitios donde aún quedan colonias vivas de *Acropora palmata* (Figura 4. 99).

**Figura 4. 98.** Colonias de *Acropora palmata* presentes en la Bahía Xaac, en el año 2015 (izq.) y en el año 2016 (der.).

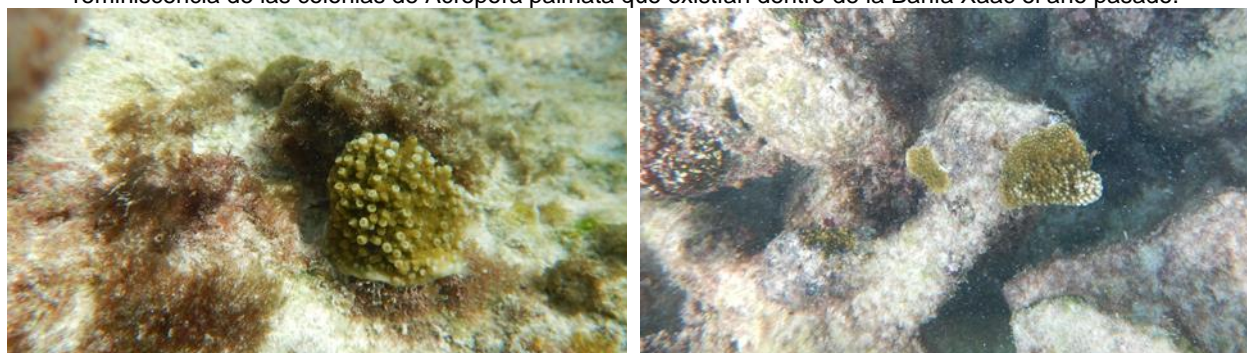


**Figura 4. 99.** Ubicación geográfica de los sitios en los que se registró la presencia de colonias vivas de *Acropora palmata* dentro de la Bahía Xaac.



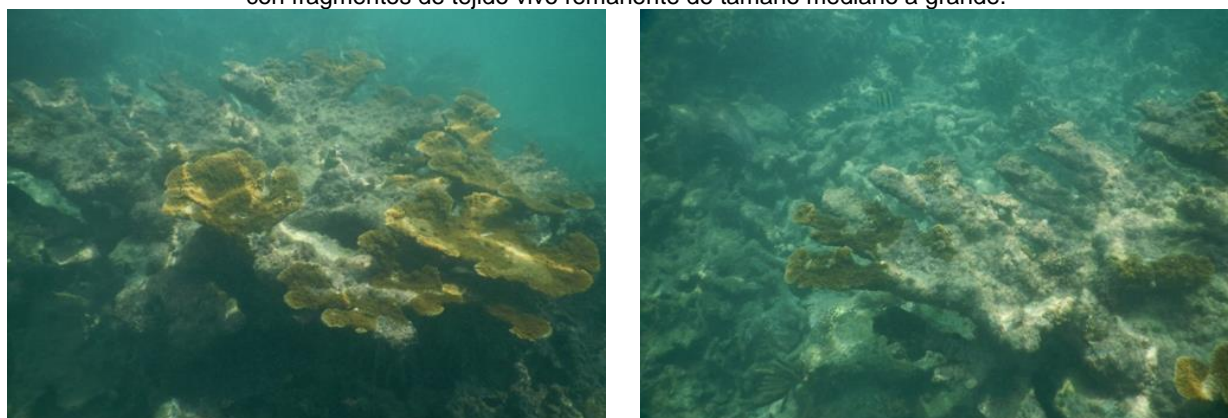
En el primer sitio (Ap-1) únicamente se encuentran pequeños fragmentos de coral vivo (menores a 10 cm de diámetro) que quedaron como reminiscencia de las colonias de *Acropora palmata* que existían en este lugar (Figura 4. 100).

**Figura 4. 100.** Sitio Ap-1, en donde se registró la presencia de pequeños fragmentos que quedaron como reminiscencia de las colonias de *Acropora palmata* que existían dentro de la Bahía Xaac el año pasado.



En el sitio Ap-2 las colonias presentan un alto grado de mortalidad parcial, pero los fragmentos de tejido vivo remanente tienen un tamaño de mediano a grande (20-100 cm de diámetro) (Figura 4. 101).

**Figura 4. 101.** Sitio Ap-2, en donde se registraron colonias de *Acropora palmata* con mortalidad parcial elevada, pero con fragmentos de tejido vivo remanente de tamaño mediano a grande.





En el sitio Ap-3 la mortalidad parcial es menor, encontrando algunas colonias que aún se encuentran con la mayoría de su tejido vivo (Figura 4. 102).

**Figura 4. 102.** Sitio Ap-3, en donde se registraron colonias de *Acropora palmata* con mortalidad parcial, pero aún existen algunas colonias con la mayoría de su tejido vivo.



102

Por otra parte, en el borde de esta franja somera de Arrecife Posterior que se forma asociado a la estructura emergida se forma un pequeño escalón de mayor relieve, en donde se encuentra una alta densidad de cabezos de coral masivo del tipo cerebro, que corresponde a los géneros *Diploria* y *Pseudodiplora*, los cuales existen en tamaños de medianos a grandes (50-200 cm de diámetro) y cuya condición es variable, encontrando algunos cabezos con mortalidad parcial, pero otros en muy buen estado con la mayoría de su tejido vivo (Figura 4. 103).

**Figura 4. 103.** Borde del Arrecife Posterior, entre los sitios Ap-2 y Ap-3, en donde existe presencia de cabezos de coral cerebro de los géneros *Diploria* y *Pseudodiplora*.



#### 4.3.2.7.3 Bahía Chica

El sustrato en esta área es de laja rugosa muy homogénea, con algunos esqueletos de coral de tamaño pequeño en proceso de consolidación, con muy poca biota bentónica. Se registró una profundidad promedio de 1.5 metros. Los corales son escasos, encontrando colonias dispersas de tamaño pequeño de los géneros *Diploria*, *Pseudodiploria*, *Porites*, y presencia del coral de fuego *Millepora complanata*. No se observó presencia de gorgonáceos y las algas presentes son del tipo rojas calcáreas.

Un poco más profundo, a mayor distancia de la línea de costa, se forman unos macizos y canales incipientes, con la parte de la cima muy plana, en donde se encuentran varias colonias de gorgonáceos en forma de abanico del género *Gorgonia*. Se registró una profundidad promedio de 3.5 m, y presencia muy escasa de corales, siendo cabezos de coral pequeño de tamaño mediano de la especie *Pseudodiploria strigosa*, así como algunas colonias aisladas de gran tamaño de la especie *Orbicella annularis* (Figura 4. 104).

**Figura 4. 104.** Estratos presentes en la Bahía Chica: somero (izq) y profundo (der).

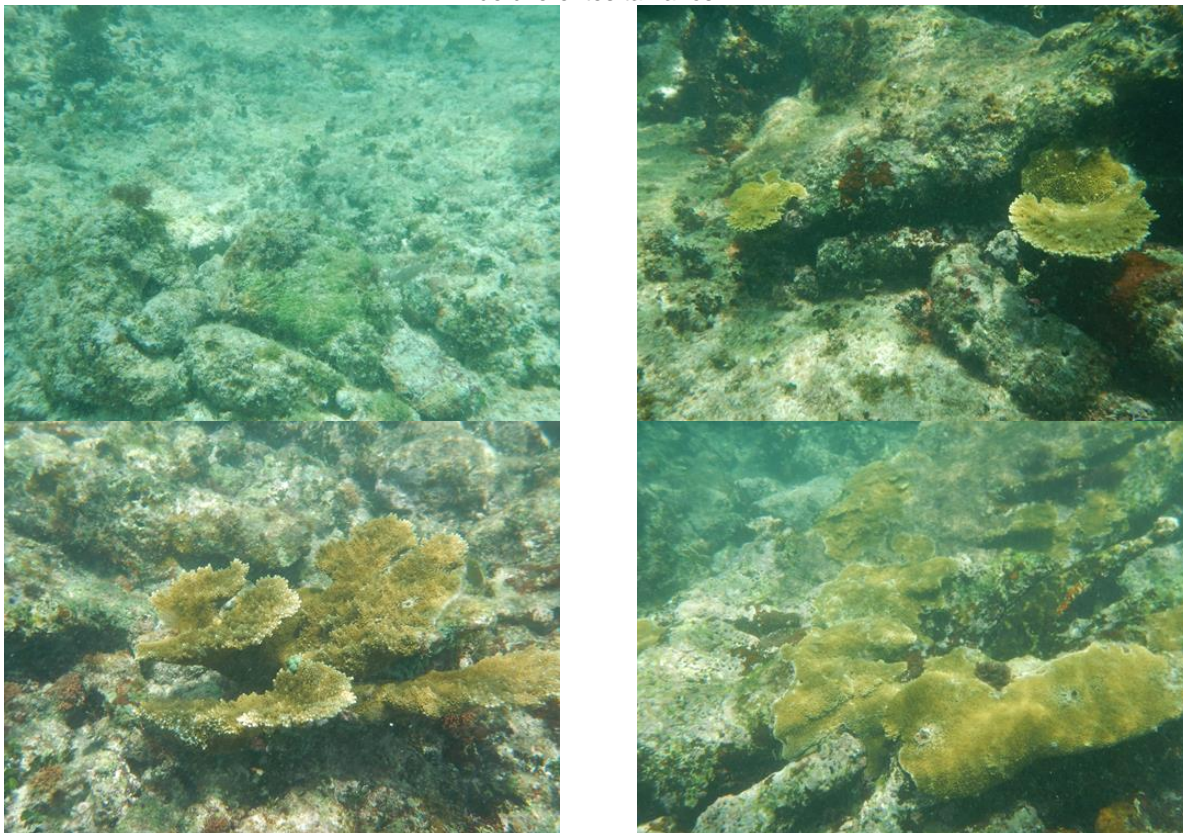


#### 4.3.2.7.4 Bahía Grande

En la zona de la rompiente de la Bahía Grande o Sur se encuentra sustrato de laja calcárea con muy poco relieve, ya consolidada y de 1.8 m de profundidad, con muy poca biota bentónica.

Un poco más somero, hacia la línea de costa, se forma un Arrecife Posterior un poco más complejo, con mayor relieve por la presencia de una matriz de esqueletos de *Acropora palmata*, encontrando algunas colonias vivas. Durante el recorrido se observaron 5 colonias de tamaño mediano (15-30 cm de diámetro) y una colonia grande de 1.5 m de diámetro mayor aproximadamente (Figura 4. 105).

**Figura 4. 105.** Estratos presentes en la bahía Sur (Bahía Grande), con la presencia de colonias de *Acropora palmata* de diferentes tamaños.





El arrecife posterior en esta Bahía está conformado por pequeños esqueletos de *Acropora palmata* con cabezos aislados de *Pseudodiploria strigosa* de tamaño variable (20-70 cm de diámetro), a una profundidad de 1.5 m en promedio.

En la parte más somera, a 1 m de profundidad, se encuentran manchones grandes de esqueletos de *Acropora palmata* con cabezos de *Pseudodiploria strigosa* de medianos a grandes (50-100 cm de diámetro), a aproximadamente 100 m de la línea de costa, formando una estructura heterogénea pero sin registrar la presencia de *Acropora palmata* viva. Se observaron algunas colonias del gorgonáceo *Plexaura homomalla*.

Hacia el centro de la Bahía el sustrato es más plano y existe menor densidad de esqueletos de *Acropora palmata*. Asimismo, se encuentra una barrera de aproximadamente 3 a 5 m de ancho y otra más profunda y paralela un poco más ancha (Figura 4. 106).

**Figura 4. 106.** Estratos presentes en la bahía Sur (Bahía Grande): Arrecife Posterior en el PV3 (izq), barrera que se forma hacia el PV7 (der).



En el extremo norte de la Bahía Grande o Sur se desarrolla una franja grande de esqueletos de *Acropora palmata*, con muchos gorgonaceos en forma de abanico del género *Gorgonia*, y coral de fuego *Millepora complanata*. En la parte media de la franja la estructura se vuelve más ancha y consistente, y se observaron algunas colonias pequeñas de *Acropora palmata* vivas (30 cm de diámetro) y escasos cabezos de *Pseudodiploria strigosa* de tamaño variable (30-70 cm de diámetro), así como varias colonias de coral de los géneros *Agaricia* y *Porites*. Hacia la parte más cercana a la punta, se observaron otras 2 colonias de *Acropora palmata* vivas, de tamaño variable (30-100 cm de diámetro) (Figura 4. 107).



**Figura 4. 107.** Estratos presentes en la bahía al Norte de Bahía Xaac: somero (izq), intermedio (centro) y profundo (der).

### 4.3.3. Aspectos socioeconómicos

El Proyecto se ubica en el Municipio de Solidaridad, el cual cuenta con una extensión territorial de 2,205 km<sup>2</sup>, que corresponde al 4.33% de la superficie total del Estado de Quintana Roo. Este Municipio colinda al Norte con el Municipio de Benito Juárez, al Noreste con el Municipio de Lázaro Cárdenas, al Sur con el Municipio de Tulum, y al Este con el Mar Caribe y el Municipio de Cozumel. Lo anterior, enmarca al Proyecto en un área de suma importancia para la economía de México, debido al potencial turístico con el que cuenta la región.

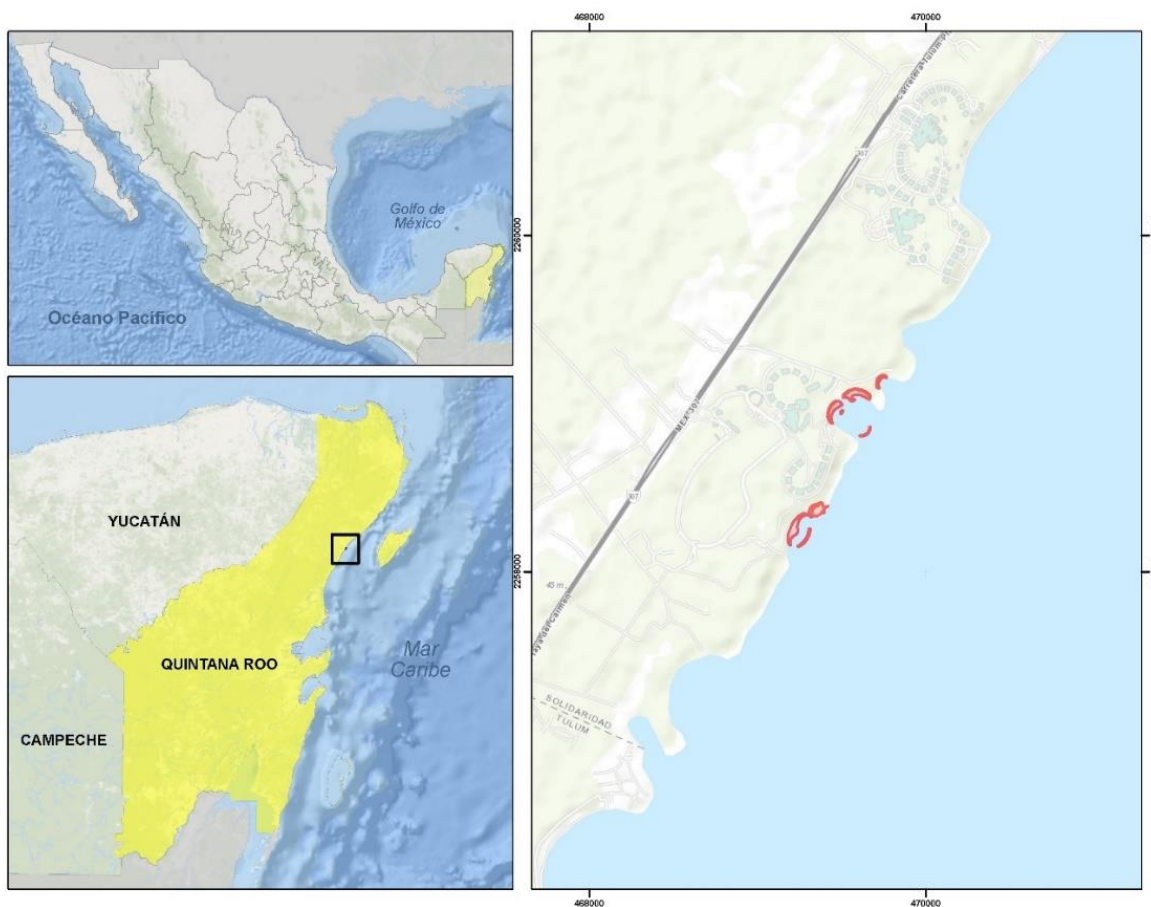
#### 4.3.3.1. Contexto regional

##### 4.3.3.1.1. Localización

En estado de Quintana Roo se encuentra el destino turístico denominado Riviera Maya que es uno de los más importantes de México y de los más visitados a escala internacional. Tiene una extensión de 130 km de litoral, y comprende desde la localidad de Puerto Morelos, hasta la localidad de Punta Allen, incluyendo también a las localidades de Akumal, Playa del Carmen, así como a la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (en su interior se encuentran las comunidades de Boca Paila y Punta Allen), Tulum, Xel-Ha, Xcaret y Cobá (Figura 4.108)

Con base en lo anterior, a continuación, se describe la composición y estructura poblacional, tendencias de crecimiento y actividades económicas prevalecientes de los municipios de Solidaridad y Tulum, en donde se insertan la mayoría de las localidades mencionadas y, que marcan la tendencia de desarrollo de la región.

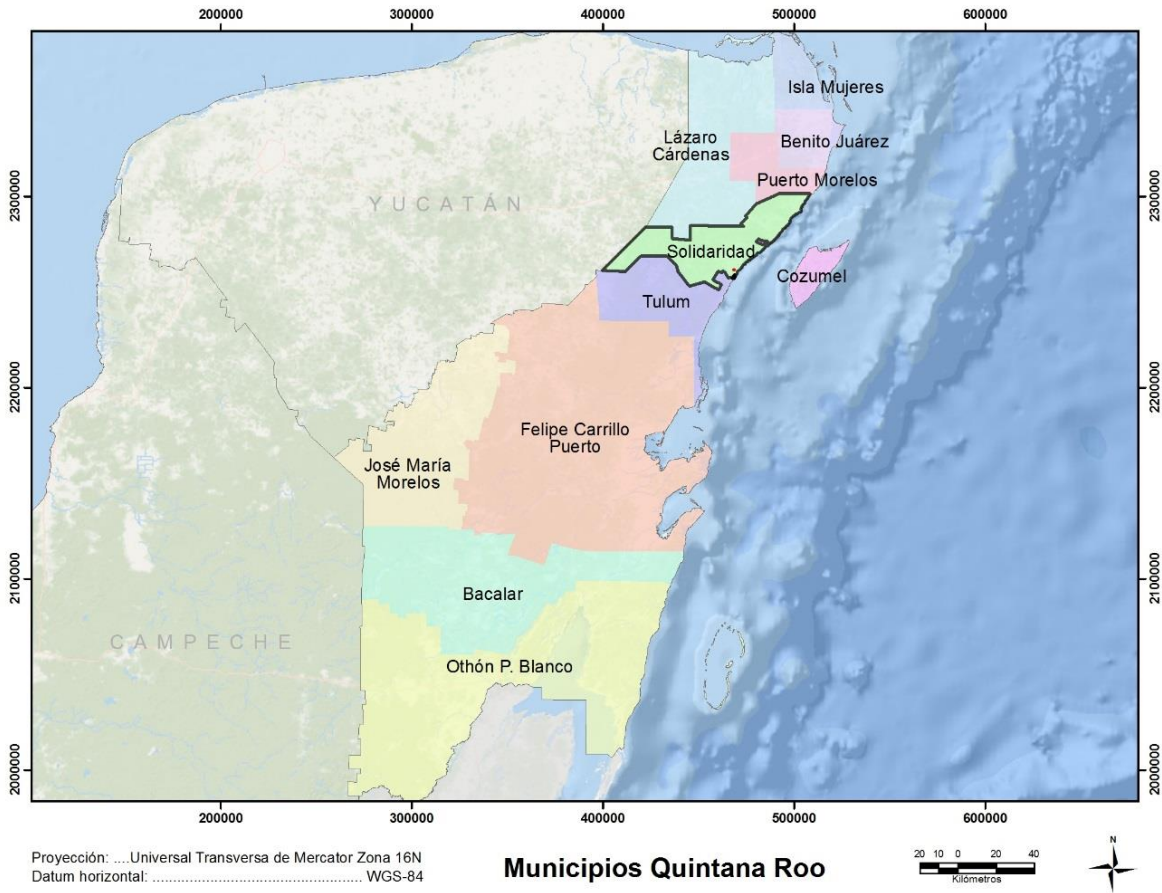
**Figura 4. 108.** Localización del proyecto



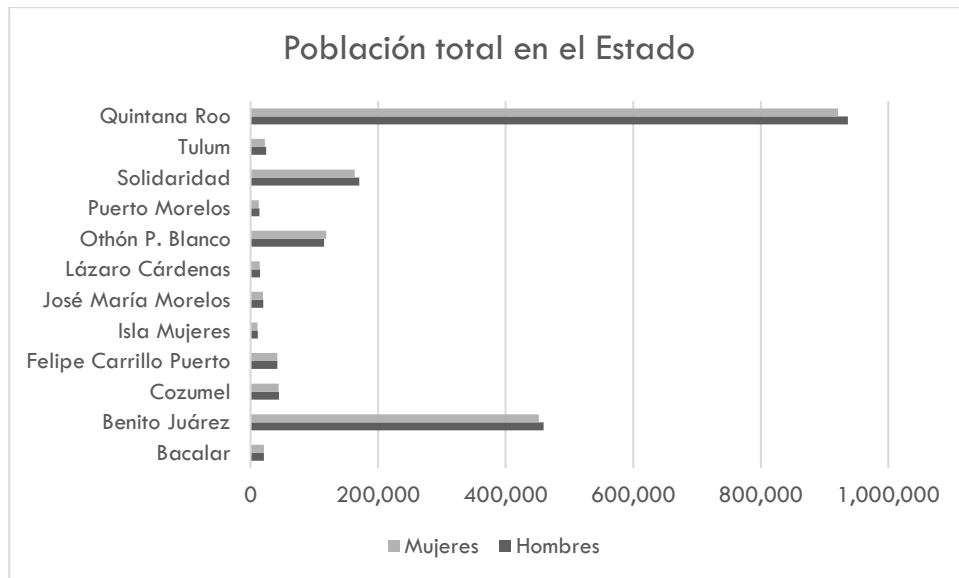
**4.3.3.1.2. Composición de la estructura poblacional**

Conforme a datos del INEGI obtenidos del Censo de Población y Vivienda del 2020, el Estado de Quintana Roo cuenta con una población total de 1'857'985 habitantes. El municipio de Solidaridad (Figura 4.109) cuenta con una población total de 333,800, ocupando el segundo lugar a nivel Estatal, siendo el 51.1% de la población hombres y el 49.1% mujeres (Figura 4. 110, Tabla 4.28). Se observa, que la mayor población del Estado se concentra en el municipio de Benito Juárez (49.88%).

**Figura 4. 109** Ubicación del municipio de Solidaridad



**Figura 4. 110.** Distribución de la población del Estado de Quintana Roo.



FUENTE: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.

**Tabla 4. 28.** Distribución de la población del Estado de Quintana Roo.

Municipio	Población		
	Total	Hombres	Mujeres
Bacalar	41,754	21,051	20,703
Benito Juárez	911,503	459,325	452,178
Cozumel	88,626	44,415	44,211
Felipe Carrillo Puerto	83,990	41,954	42,036
Isla Mujeres	22,686	11,542	11,144
José María Morelos	39,165	19,855	19,310
Lázaro Cárdenas	29,171	14,844	14,327
Othón P. Blanco	233,648	115,096	118,552
Puerto Morelos	26,921	13,831	13,090
Solidaridad	333,800	170,476	163,324
Tulum	46,721	24,390	22,331
<b>Quintana Roo</b>	<b>1,857,985</b>	<b>936,779</b>	<b>921,206</b>

FUENTE: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020.

#### 4.3.3.1.3. Crecimiento demográfico

Los datos señalan que desde los años 80's el Estado de Quintana Roo ha presentado un alto crecimiento poblacional, principalmente por migración interna (migración de otros estados). Como se observó anteriormente, el incremento mayor se presentó en el Municipio de Benito Juárez, derivado del surgimiento de Cancún en los años 70's. Sin embargo, el crecimiento en el Estado es persistente, y como consecuencia de ello, se ha presentado el crecimiento y desarrollo de otros Municipios tales como Othón P. Blanco, Solidaridad y Cozumel, y en específico de las pequeñas y medianas localidades como Playa del Carmen, Chetumal, Cozumel, Tulum y Puerto Morelos.

En los últimos 10 años (2010-2020) el municipio de Solidaridad presentó una tasa de crecimiento de 47% pasando de 63,752 habitantes a 159,310 (Figura 4.111).

**Figura 4. 111.** Crecimiento demográfico en el Municipios de Solidaridad.

Año	Hombres	Mujeres	Total
2010	82250	74,624	156874
2020	170476	163324	333800

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 2010 y 2020

#### 4.3.3.1.4. Distribución poblacional

Conforme a los datos del Censo del 2010 del INEGI, se puede corroborar que los municipios de Solidaridad y Tulum son de reciente desarrollo, toda vez que en general su población es joven, con poco más del 80% de la población menor a los 39 años de edad; en tanto que la distribución por género es equilibrada.



El rango de edad mejor representado para el municipio de Solidaridad es el de los jóvenes de entre 20 a 29 años con el 27.11% de la población, seguido por los niños (0-9) 20.36% y los adultos de entre 30 y 39 años (19.73%).

#### 4.3.3.1.5. Densidad poblacional

El municipio de Solidaridad cuenta con una superficie de 2,205 km<sup>2</sup> y una población de 159,310 (INEGI, 2010), a partir de esta información se puede estimar que el número de personas que existen en promedio por kilómetro cuadrado es de 72.25 hab/km<sup>2</sup>. Esta población, conforme a datos del Censo de Población y Vivienda 2010, habita en 48,904 viviendas, es decir que en promedio habitan 3.3 personas por vivienda. Esta tasa es menor al de la media estatal que se tiene registrada, la cual es de 3.6 hab/viv.

#### 4.3.3.1.6. Migración

El crecimiento poblacional del estado de Quintana Roo se debe principalmente a la llegada de individuos provenientes de otros estados, presentado una de las tasas más altas de inmigración del país. De acuerdo con los datos del INEGI, en el 2010 se registró una tasa de migración del 12.6%, ocupando el segundo lugar a nivel nacional, solo por debajo de Baja California Sur, que presentó una tasa del 13.2%.

Reflejo de lo anterior, es que poco más de la mitad de la población que reside en el estado no es nativa del mismo, tal y como se observa en la Tabla 4. 23. Lo cual se ve reafirmado en el municipio de Solidaridad, ya que tan solo el 29.24% de sus habitantes nacieron en el municipio.

Tabla 4. 23 Migración.

Entidad	Población nacida en la Entidad		Población nacida fuera de la Entidad		No especificado		Población Total
	No. de Hab	%	No. de Hab	%	No. de Hab	%	No. de Hab
Solidaridad	46,590	29.24%	107,584	67.53%	5,136	3.22%	159,310
<b>Quintana Roo</b>	<b>577,417</b>	<b>43.56%</b>	<b>715,348</b>	<b>53.96%</b>	<b>32,813</b>	<b>2.48%</b>	<b>1,325,578</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2010.

#### 4.3.3.1.7. Vivienda

De las 48,904 viviendas habitadas con las que cuenta el municipio de Solidaridad (INEGI, 2010), más del 90% cuentan con los servicios básicos, cuyo porcentaje es mayor al reportado para el estado. El 93% de las viviendas disponen de agua de la red pública, el 94% de las viviendas disponen de drenaje y de energía eléctrica.

Se puede observar entonces que para el 2010, de las 159,310 personas que habitaban en el municipio de Solidaridad, si se considera que en promedio viven 3.3 personas por vivienda, 10,727 personas no contaban con acceso a la energía eléctrica.

#### 4.3.3.1.8. Salud y seguridad social

En el estado de Quintana Roo, hacia el 2011, se contaba con 263 unidades médicas, de las cuales 12 se localizaban en el municipio de Solidaridad y 5 en Tulum. Siendo el municipio de Othón P.



Blanco el que contaba con la mayor cantidad de unidades médicas, con 99 unidades registradas en 2011.

De las 12 unidades presentes en Solidaridad, el 58% pertenecen a la Secretaría de Salud del Estado, 17% al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el 17% pertenecen a otras instituciones y el 8% al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), estas unidades son atendidas por una plantilla de 337 elementos médicos, es decir, a razón de 20.08 médicos por unidad. Se puede observar que, con respecto al número de habitantes de cada municipio, el personal médico que atiende a los diferentes centros de salud es bajo (INEGI, 2011).

El número de personas que tenía derecho a recibir servicios de salud en el municipio de Solidaridad (INEGI, 2010) ascendía a los 98,440 habitantes, es decir, el 62% de la población total del municipio, mientras que 55,058 no eran derechohabientes de ninguna institución de salud (35%). A pesar de que esta cifra representa a poca más de un tercio de la población, se puede observar un progreso con respecto a los años anteriores, debido a que en el 2000, el 57% de la población no era derechohabiente a servicios de salud.

#### 4.3.3.1.9. Educación

El grado promedio de escolaridad en el municipio de Tulum, de la población de 15 años y más es de 8.1, es decir, lo que equivale a llegar a los estudios de segundo de secundaria, cifra que se encuentra por debajo de la media del Estado, la cual es de 9.1 y corresponde a llegar a tercero de secundaria. Por su parte, la población del municipio de Solidaridad alcanza el grado escolar promedio del estado, llegando a los estudios de tercero de secundaria (9.5).

La tasa de alfabetización de la población de entre 15 y 24 años de edad en el estado de Quintana Roo es de 98.9, al respecto, el municipio de Solidaridad cuenta con una tasa que se encuentra por encima a la del Estado, con un porcentaje del 98.9%, mientras que Tulum presenta una tasa de alfabetización de 98.6%, es decir que en este rubro también se encuentra por debajo de la tasa estatal, reforzándose con esto el hecho de que el municipio todavía se encuentra en vías de desarrollo.

#### 4.3.3.2. Aspectos económicos

##### a) Municipio de Solidaridad

En el año 2007 la población económicamente activa en el municipio de Solidaridad fue del 45.40% de la población total, es decir 28,604 personas que representan el 98% de la población económicamente activa en el municipio. La ocupación más importante se da en el sector terciario debido a la gran cantidad de comercios y servicios que se ofrecen a los visitantes y turistas (Tabla 4. 24).

**Tabla 4. 24.** Empleo de la población económicamente activa ocupada en 2007 en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Sector	Actividad	Absolutos	%
Primario	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1561	5
Secundario	Minería, manufacturas, electricidad, gas y agua, construcción	5441	19

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

Sector	Actividad	Absolutos	%
Terciario	Comercio, restaurantes, hoteles, transportes y comunicaciones, servicios, seguros y relacionados.	20931	73
No especificado		671	3
<b>TOTAL</b>		<b>28604</b>	<b>100</b>

Fuente: <http://quintanaroo.webnode.es/news/municipio-de-solidaridad-economia-tomado-de-portal-del-municipio-de-solidaridad-/>

La información más reciente respecto a la industria en este municipio refleja para el 2006 una producción de 11'874,655.0 toneladas de productos pétreos extraídos de los bancos situados en la franja occidental de la carretera federal, representaba un valor de \$712'000,000.00 pesos, situación que refleja la importancia de la industria de la construcción en los últimos años. Las actividades identificadas involucran 74 unidades que se dedican a la industria alimentaria, 5 de bebidas y del tabaco, 15 fabrican prendas de vestir, 11 a la madera y 39 a la fabricación de productos metálicos (<http://quintanaroo.webnode.es/news/municipio-de-solidaridad-economia-tomado-de-portal-del-municipio-de-solidaridad-/>).

La actividad pesquera se caracteriza por su carácter ribereño, para el año 2006 se contabilizó 147 toneladas para el consumo humano directo. La especie que mayor volumen reporta es la langosta con 66 toneladas con un volumen y valor de producción de \$7'664,000.00 generados. En escama general la producción alcanzó un volumen de 59 toneladas con un valor de \$1'349,000.00 pesos. La población dedicada a esta actividad se distribuye en dos segmentos, el primero bajo el esquema de cooperativas con 105 socios registrados en 2006 contra 51 particulares en todo el municipio. Las actividades comerciales de mayor importancia se dividen en dos segmentos, el comercio al por mayor y el comercio al por menor. Las de mayor derrama en cada segmento y en su orden por el valor generado es el rubro de alimentos, bebidas y tabaco. El segundo es el de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal (<http://quintanaroo.webnode.es/news/municipio-de-solidaridad-economia-tomado-de-portal-del-municipio-de-solidaridad-/>).

El turismo es la actividad económica principal de este municipio, el cual contaba en 2006 con 29,229 cuartos de hotel distribuidos en 240 hoteles en 12 localidades que contienen diferentes micro-destinos turísticos a lo largo de 80 km de litoral (Tabla 4. 25).

**Tabla 4. 25** No. de cuartos de hotel y de hoteles en las diferentes localidades del municipio de Solidaridad en 2006.

Localidad	No. hoteles	%	No. cuartos hoteleros	%
Playacar	23	9.6	6,183	21.2
Playa del Carmen	161	67.1	5,785	19.8
Puerto Aventuras	16	6.7	5,244	17.9
Playa Paraíso	7	2.9	3,415	11.7
Punta Xcalacoco	12	5.0	2,578	8.8
Kantenah	6	2.5	1,876	6.4
Punta Maroma	4	1.7	1,524	5.2
Xpu-Ha	6	2.5	784	2.7
Xcaret	1	0.4	769	2.6
Punta Brava	1	0.4	639	2.2
Playa del Secreto	2	0.8	412	1.4
Paamul	1	0.4	20	0.1
<b>TOTAL</b>	<b>240</b>	<b>100</b>	<b>29,229</b>	<b>100</b>

FUENTE: <http://quintanaroo.webnode.es/news/municipio-de-solidaridad-economia-tomado-de-portal-del-municipio-de-solidaridad-/>

## 4.4. Diagnóstico ambiental

### 4.4.1. Zona terrestre

El SAR del proyecto corresponde a un paisaje típico costero de la región, conformado por selvas, lagunas interiores y vegetación acuática facultativa. En la zona de influencia del proyecto encontramos humedales costeros en zonas de manglar, sabanas, dunas, playas, lagunas arrecifales y arrecifes coralinos.

Las zonas más bajas son susceptibles a inundación y es en donde se desarrollan humedales. En las zonas más altas (mayores a 5 msnm) en donde la posibilidad de inundación es menor, se desarrollan selvas.

La vegetación en el SAR terrestre no ha sufrido cambios significativos en los últimos 4 años, de acuerdo con los resultados de los monitoreos realizados para el Desarrollo Turístico Grand Sirenis desde 2012 hasta la fecha.

Las parcelas de selva no mostraron cambios significativos en su composición florística, lo cual es de esperarse ya que durante este periodo no se presentó ninguna perturbación, ni natural ni de origen humano, que pudiera generar condiciones ecológicas propicias para el establecimiento de nuevas especies producto del proceso de sucesión secundaria. De igual forma, el proyecto ha respetado las áreas designadas para conservación y no ha introducido especies invasoras al predio.

Las parcelas de selva tampoco han presentado cambios significativos en el estrato arbóreo, con excepción de la SB3 y la SB6, las cuales aumentaron su DAP promedio de forma significativa. En cuanto a la altura, la mayoría de las parcelas de selva aumentaron su altura de manera significativa, lo cual puede explicarse por la ausencia de perturbaciones en la zona durante el periodo de monitoreo, que ha mantenido estable el número de individuos sanos y ha permitido que continúen con su crecimiento.

En las parcelas de matorral costero no se registraron cambios significativos entre los periodos de registro. Los cambios más importantes correspondieron a la muerte de algunos individuos de *T. radiata* y a la aparición de plántulas y juveniles de la misma especie. Esto se considera normal en un ambiente de este tipo sin perturbaciones importantes.

Por último, el manglar no registró cambios significativos en su composición florística ni en su estructura forestal lo que puede deberse, como en los dos casos anteriores, a la ausencia de perturbaciones importantes que modifiquen las condiciones ecológicas actuales. Sin embargo, en el manglar chaparro se pudo observar el incremento en la altura de las plántulas, lo cual indica que existen condiciones favorables en la zona donde se ubica el predio, para el desarrollo de este ecosistema hasta el momento.

### 4.4.2. Zona marina

El arrecife coralino que existe en el área de estudio corresponde a un ambiente de arrecife típico de la región Centro-Norte del Estado de Quintana Roo, en cuanto a su estructura geológica, tipo de ambientes y composición de especies. De acuerdo con el patrón de zonación encontrado, el arrecife que existe en el SAR del proyecto es del tipo bordeante, en donde la zona mejor representada resulta ser el Arrecife Frontal. La estructura geológica presenta un alto grado de

desarrollo, con un sistema de macizos de coral y canales bien estructurado. De hecho, de acuerdo con Gutiérrez *et al.*, 1993, Xaac es uno de los sitios en donde se encuentran los macizos coralinos de mayor altura en toda la región del corredor Cancún-Tulum.

Dentro del predio existen ligeras variaciones en cuanto a la estructura y zonación de estos arrecifes, relacionada principalmente con la morfología del litoral costero. De este modo, en las secciones de costa rocosa se forma un arrecife de tipo bordeante en donde no existe una Rompiente Arrecifal, ni la presencia de una Laguna Arrecifal; por lo que la zona contigua a la línea de costa corresponde a una Cresta Arrecifal que solamente presenta la subzona de la Transición Barlovento como una planicie somera de poco relieve, con baja abundancia de biota marina, y muy homogénea a lo largo del área de estudio. En las secciones del litoral donde existen caletas y bahías se presentan algunos parches de sustrato rocoso que corresponden a un Arrecife Posterior incipiente, ya que son formaciones dispersas que no conforman ambientes continuos. En ambos casos, tanto frente a las costas rocosas como frente a las bahías y caletas, existe la presencia de un Arrecife Frontal bien desarrollado, en donde se puede observar un sistema de macizos de coral y canales de arena típico de esta región.

Los distintos ambientes que se identificaron para el área de estudio, así como las características de cada uno, están directamente relacionados con la zona y subzona del arrecife en la que se encuentran. Esto se debe a que el perfil arrecifal genera un gradiente en los distintos factores físicos, morfológicos y biológicos que determinan la composición y estructura de cada zona. Entre estos factores se pueden mencionar la energía del oleaje, la temperatura del agua, la penetración lumínica, la cantidad de sedimentos en suspensión, y en este caso particular del área de estudio el aporte de agua dulce/salobre proveniente del continente, lo cual puede limitar el establecimiento de algunas especies con rangos de tolerancia a cambios en la salinidad muy estrechos.

En cuanto a la comunidad biótica que existe en estos arrecifes, también se puede mencionar que se encuentra entre las más diversas de la región, encontrando una variedad de especies de corales, gorgonáceos, peces, esponjas, macroalgas y otro tipo de invertebrados como moluscos, equinodermos y crustáceos. Sin embargo, es importante mencionar que durante este muestreo se observó un deterioro importante de la calidad ambiental en todas las zonas del arrecife, siendo más marcado en la zona de profundidad intermedia que corresponde al Arrecife Frontal Interior, y en la zona del Arrecife Posterior en la Bahía de Xaac. Las principales afectaciones se deben a la acumulación de sedimentos sobre el sustrato duro, un incremento en la cobertura algal, y un deterioro de la condición en la que se encuentran los corales escleractinios, incluyendo mortalidad parcial, ahogamiento por sobrecrecimiento de fauna epibionte, y la cada vez más frecuente incidencia de blanqueamiento. Esta situación resulta ser común para muchos arrecifes de la región y del mundo, debido al creciente desarrollo costero así como a factores de escala global como son los eventos climatológicos extremos y el cambio climático.

Ahora bien, para emitir un diagnóstico ambiental sobre la condición actual que guarda el arrecife en el área de estudio se analizaron diferentes aspectos de la estructura del ecosistema, así como de la funcionalidad del mismo; definiendo en cada caso indicadores del estado de conservación y parámetros evaluados. Para ello se tomó como base el patrón de zonación descrito anteriormente en la Tabla 4.32, y se generaron secciones en algunos de los ambientes, con la intención de hacer una evaluación más objetiva y con mayor precisión en cuanto al área que abarca. De este modo se utilizó la zonación descrita en la Tabla 4. 26.



**Tabla 4. 26** Patrón de zonación de la zona litoral y marina del SAR del proyecto, mostrando las diferentes secciones que se consideraron para cada ambiente en particular.

ZONA	AMBIENTE		Secciones
Litoral costero	Costa Rocosa		Sección 1: SPA a Bahía Xaac
			Sección 2: Bahía Xaac
			Sección 3: Bahía Xaac a Bahía Chica
			Sección 4: Bahía Chica a Yalkuito
			Sección 5: Yalkuito a Bahía Grande
			Sección 6: Bahía Grande a Yalkú
	Caletas		Litoral de Yalkuito
			Litoral de Yalkú
	Bahías		Litoral de la Bahía Xaac
			Litoral de la Bahía Chica
Litoral de la Bahía Grande			
Zona Marina	Caletas		Caleta Yalkuito
			Caleta Yalkú
	Arrecifes	Arenales	Interior de Bahías y Caletas
		Posterior	Bahía Xaac
			Bahía Chica
			Bahía Grande
		TB somero	A lo largo de toda el área de estudio
		TB profundo	Sección Norte: SPA y Bahía Xaac
			Sección Centro: Yalkuito y costas aledañas (Sección 3 y 4)
			Sección Sur: Yalkuito, Bahía Grande y Yalkú
		AFI	A lo largo de toda el área de estudio
		Canal de arena	A lo largo de toda el área de estudio
AFE	A lo largo de toda el área de estudio		
Mar		En toda el área de estudio	

En el caso de la estructura del ecosistema se consideran aspectos que evalúan tanto la estructura arrecifal como de la biodiversidad y estructura comunitaria, siendo indicadores relevantes la heterogeneidad ambiental, en términos del grado de desarrollo que presenta la estructura geológica, la rugosidad del sustrato, el tamaño de los macizos de coral en el Arrecife Frontal; la Fragilidad ambiental que alude al grado de deterioro que puede sufrir un ambiente ante posibles cambios, y la propia estructura comunitaria en términos de la importancia biológica o económica de las especies presentes, como pudiera ser la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, o de recursos pesqueros.

Por otro lado, es importante evaluar la función del ecosistema en términos del mantenimiento de ciertos procesos relevantes como pueden ser el reclutamiento, la conexión con otros ecosistemas, o eventos únicos en la zona; la diversidad biológica existente en relación con los flujos de energía que se establecen entre especies; y finalmente el estado de conservación que guarda un ambiente como signo del funcionamiento del ecosistema y de los procesos que lo mantienen.

De este modo, a continuación se presenta la Tabla 4. 27, con un resumen de los indicadores que se consideraron para el análisis que se llevó a cabo en este diagnóstico ambiental, y una descripción de la relevancia que cada uno tiene.

**Tabla 4. 27** Indicadores para el diagnóstico ambiental de la zona litoral y marina del SAR del proyecto. Se presenta el nivel de análisis al que corresponde cada indicador, así como la relevancia que tiene para el análisis.

NIVEL DE ANÁLISIS	INDICADOR	Relevancia para el análisis
Estructura del ecosistema	Heterogeneidad ambiental	Se relaciona directamente con la formación de hábitats y refugios para una gran variedad de especies, siendo importante mantener y proteger los ambientes con mayor heterogeneidad ambiental en donde se establecen flujos energéticos y de productividad más complejos
	Fragilidad ambiental	La estimación de niveles de fragilidad ayuda a reconocer riesgos de generar cambios o degradación de las variables ambientales, y orienta sobre el grado de cuidado que se deberá tener para el manejo de los recursos bióticos. Se considera que sitios con alta fragilidad ambiental deberán ser atendidos con mayor nivel de protección para prevenir una posible afectación
	Importancia biológica y/o económica	Es importante mantener aquellos ambientes que revistan alguna importancia biológica, como puede ser la presencia de especies protegidas por la legislación ambiental, o económica como pueden ser los recursos pesqueros
Funcionalidad del ecosistema	Procesos ecológicos relevantes	Es importante identificar aquellos sitios en donde se llevan procesos ecológicos importantes tales como el reclutamiento de especies, la transición e interconexión con otros ecosistemas, o procesos activos de sucesión o maduración de ambientes para protegerlos de posibles alteraciones
	Diversidad biológica	Los ambientes con mayor diversidad biológica generalmente mantienen flujos de energía más complejos y requieren de mayor protección y conservación
	Estado de conservación	Es un indicador de la funcionalidad del ecosistema, y a través del detrimento de los organismos se evidencia un desequilibrio de los mecanismos de

A partir de estos indicadores de la estructura y funcionalidad del ecosistema se llevó a cabo un análisis cualitativo para evaluar la condición particular que guarda cada ambiente, asignado un valor a cada uno de estos 6 atributos para cada una de las secciones ambientales descritas en la Tabla 4.33. Para esta evaluación se utilizó la siguiente escala de valores ():

Tabla 4. 28):

**Tabla 4. 28** Categorías empleadas para la evaluación de indicadores y atributos relacionados con la estructura y funcionalidad de los ambientes presentes en el SAR del proyecto.

Categoría	Nombre	Definición
A	Alto	El indicador y los parámetros relacionados representan una alta importancia o relevancia para un ambiente en particular

Categoría	Nombre	Definición
<b>M</b>	Medio	El indicador y los parámetros relacionados revisten importancia o relevancia moderada para un ambiente en particular.
<b>B</b>	Bajo	El indicador y los parámetros relacionados carecen de importancia o relevancia para el ambiente en cuestión.

Como resultado de la aplicación de este método de valoración se generó una matriz en donde se evalúa el grado de relevancia que tiene cada uno de los atributos de estructura y funcionalidad para cada ambiente en particular (Tabla 4. 29):

Con los datos contenidos en la matriz de evaluación se realizó un último análisis para proponer una zonificación ambiental que permita determinar el mejor uso turístico de cada área en función de sus atributos específicos de estructura y funcionalidad.

Para tal fin se diseñó una sencilla clasificación en 3 categorías de uso principales: Restricción, Restauración y Aprovechamiento, con diferentes niveles en cada caso; las cuales se asociaron con criterios ambientales específicos que definen las condiciones de estructura y funcionalidad que debería presentar cada zona acorde a la categoría de uso referida, y la cual se relaciona con una vocación turística congruente (Tabla 4. 30).

**Tabla 4. 29** Matriz de evaluación de los indicadores de estructura y funcionalidad de los diferentes ambientes presentes en la zona litoral y marina del SAR del proyecto.

ZONA	AMBIENTE	Secciones	Heterogeneidad ambiental	Fragilidad ambiental	Importancia biológica	Procesos ecológicos relevantes	Diversidad biológica	Estado de conservación	
Litoral costero	Costa Rocosa	Sección 1: SPA a Bahía Xaac	M	B	B	B	B	M	
		Sección 2: Bahía Xaac	B	B	B	B	B	B	
		Sección 3: Bahía Xaac a Bahía Chica	B	B	B	B	B	B	
		Sección 4: Bahía Chica a Yalkuito	M	B	B	B	B	M	
		Sección 5: Yalkuito a Bahía Grande	B	B	B	B	B	B	
		Sección 6: Bahía Grande a Yalkú	B	B	B	B	B	M	
	Caletas	Litoral de Yalkuito	M	M	A	A	B	M	
		Litoral de Yalkú	M	B	A	A	B	M	
	Bahías	Litoral de la Bahía Xaac	B	B	B	B	B	B	
		Litoral de la Bahía Chica	M	B	A	A	B	M	
		Litoral de la Bahía Grande	A	B	B	A	B	M	
	Zona Marina	Caletas	Caleta Yalkuito	A	A	M	A	A	A
Caleta Yalkú			A	A	M	A	A	M	
Arrecifes		Arenales	Interior de Bahías y Caletas	B	B	B	B	B	B
			Bahía Xaac	A	M	A	M	M	B
		Posterior	Bahía Chica	B	M	B	B	B	B
			Bahía Grande	M	M	M	B	M	M
			TB somero	A lo largo de toda el área de estudio	B	M	B	B	B
		TB profundo	Sección Norte: SPA y Bahía Xaac	A	M	M	M	M	M
			Sección Centro: Yalkuito y costas rocosas aledañas (Sección 3 y 4)	A	M	M	M	A	M
			Sección Sur: Yalkuito, Bahía Grande y Yalkú	M	M	M	M	M	M
		AFI	A lo largo de toda el área de estudio	M	M	M	M	A	B
		Canal de arena	A lo largo de toda el área de estudio	B	B	B	B	B	B
		AFE	A lo largo de toda el área de estudio	A	B	M	M	M	M
		Mar	En toda el área de estudio	-	-	-	-	-	-



**Tabla 4. 30** Tipos de uso que pueden ser asignados para el aprovechamiento de la zona litoral y costera del SAR marino del proyecto, en relación con los criterios ambientales que los definen, y la vocación turística asignada.

Categoría de uso	Nivel	Criterios ambientales	Vocación turística
Restricción	estricta	Áreas que presentan 3 o más características de estructura y funcionalidad ambiental con calificación de alto nivel de importancia.	Nula
	moderada	Áreas que presentan 2 características de estructura y funcionalidad ambiental con calificación de alto nivel de importancia.	Contemplación
Restauración	único	Áreas que tienen un bajo estado de conservación, pero que el resto de sus atributos de estructura y funcionalidad ambiental tengan un nivel de medio a alto.	Conservación y educación ambiental
Aprovechamiento	alto	Áreas con una baja fragilidad ambiental, de baja importancia y diversidad biológica, con un bajo nivel de procesos ecológicos relevantes, y que presenten heterogeneidad ambiental y estado de conservación en una categoría media o baja.	Desarrollo de infraestructura para servicios turísticos
	bajo	Áreas que tienen atributos de estructura y funcionalidad ambiental en niveles principalmente medios y altos, siempre y cuando no cumplan los criterios para una categoría de Restricción en algún nivel de uso. Pueden ser compatibles con las áreas de restauración.	Ecoturismo y Turismo de aventura
	moderado	El resto de las áreas que no tienen algún nivel de restricción, o que sean aptas para restauración, pero que tampoco cubran los criterios para un aprovechamiento de densidad alto o bajo.	Adecuación de áreas para actividades recreativas

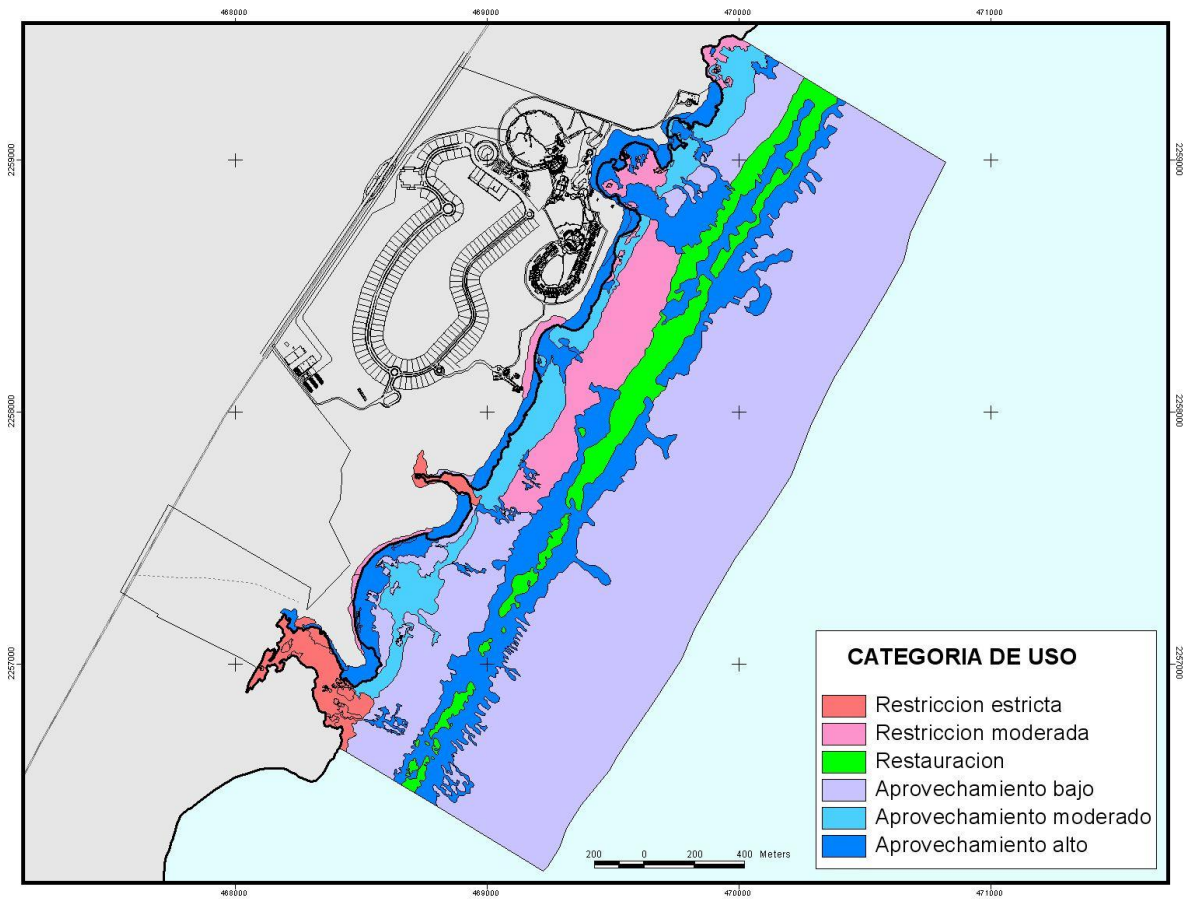
De este modo, se aplicaron los criterios ambientales ya mencionados para definir la categoría de uso más adecuada para cada zona del SAR marino, obteniendo así la matriz final de usos turísticos por zona (Tabla 4. 31).

Como última etapa del proceso que se llevó a cabo en este estudio para obtener una zonificación ambiental para actividades turísticas se hizo una representación gráfica de la matriz de asignación de usos por área en un mapa. De manera consecuente, este mapa contiene el resultado final de la propuesta de Zonificación de usos para el aprovechamiento de la zona litoral y marina del SAR basada en criterios ambientales que reconoce y evalúa los atributos de estructura y funcionalidad de cada zona (Figura 4.112).

Tabla 4. 31 Matriz de asignación de usos por área para el aprovechamiento de la zona litoral y marina del SAR.

ZONA	AMBIENTE	Secciones	Heterogeneidad ambiental	Fragilidad ambiental	Importancia biológica	Procesos ecológicos relevantes	Diversidad biológica	Estado de conservación	Categoría de uso		
Litoral costero	Costa Rocosa	Sección 1: SPA a Bahía Xaac	M	B	B	B	B	M	Aprovechamiento alto		
		Sección 2: Bahía Xaac	B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto		
		Sección 3: Bahía Xaac a Bahía Chica	B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto		
		Sección 4: Bahía Chica a Yalkuíto	M	B	B	B	B	M	Aprovechamiento alto		
		Sección 5: Yalkuíto a Bahía Grande	B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto		
		Sección 6: Bahía Grande a Yalkú	B	B	B	B	B	M	Aprovechamiento alto		
	Caletas	Litoral de Yalkuíto	M	M	A	A	B	M	Restricción estricta		
		Litoral de Yalkú	M	B	A	A	B	M	Restricción estricta		
	Bahías	Litoral de la Bahía Xaac	B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto		
		Litoral de la Bahía Chica	M	B	A	A	B	M	Restricción moderada		
		Litoral de la Bahía Grande	A	B	B	A	B	M	Restricción moderada		
	Zona Marina	Caletas	Caleta Yalkuíto	A	A	M	A	A	A	Restricción estricta	
Caleta Yalkú			A	A	M	A	A	M	Restricción estricta		
Arrecifes		Arenales	Interior de Bahías y Caletas	B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto	
			Posterior	Bahía Xaac	A	M	A	M	M	B	Restricción moderada
				Bahía Chica	B	M	B	B	B	B	Aprovechamiento moderado
		Bahía Grande		M	M	M	B	M	M	Aprovechamiento bajo	
		TB somero	A lo largo de toda el área de estudio		B	M	B	B	B	B	Aprovechamiento moderado
			TB profundo	Sección Norte: SPA y Bahía Xaac		A	M	M	M	M	M
		Sección Centro: Yalkuíto y costas rocosas aledañas (Sección 3 y 4)		A	M	M	M	A	M	Restricción moderada	
		Sección Sur: Yalkuíto, Bahía Grande y Yalkú		M	M	M	M	M	M	Aprovechamiento bajo	
		AFI	A lo largo de toda el área de estudio		M	M	M	M	A	B	Restauración
		Canal de arena	A lo largo de toda el área de estudio		B	B	B	B	B	B	Aprovechamiento alto
		AFE	A lo largo de toda el área de estudio		A	B	M	M	M	M	Aprovechamiento bajo
		Mar	En toda el área de estudio		-	-	-	-	-	-	Aprovechamiento bajo

**Figura 4. 112.** Mapa de Zonificación de usos para el aprovechamiento de la zona litoral y marina del Desarrollo SAR del proyecto.



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:  
DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 5**



---

## CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

---

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de este capítulo se aplicaron técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que podrían ser potencialmente inducidos por el Mejoramiento y Estabilización de Playas Desarrollo Turístico Grand Sirenis” (en adelante El **Proyecto**), en el Sistema Ambiental Regional identificado.

Aun cuando existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de sus efectos ambientales en función de la caracterización de los elementos que integran el ambiente natural y social del área de estudio, interpretar los resultados y con base en ellos establecer las medidas para prevenir los efectos ambientales negativos que pudieran generarse a nivel regional.

Por lo anterior se desarrolló una metodología para estimar los impactos provocados por la ejecución del Proyecto y reducir la subjetividad en la detección y valoración de los mismos. De esta forma el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental significativo conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA)<sup>1</sup>.

Los resultados obtenidos se basan en el análisis de la información técnica y ambiental generada a través de la presente MIA Regional en sus capítulos 2, 3 y 4, y que se desglosa a continuación:

- a) Descripción del proyecto y de sus fases de implementación (Capítulo 2).
- b) Definición del Sistema Ambiental Regional (Capítulo 4).
- c) Caracterización marina (Capítulo 4).
- d) Caracterización de vegetación de duna (Capítulo 4).
- e) Estudios hidrográficos (Capítulo 4).
- f) Estimación detallada del volumen de arena de los bancos cercanos al proyecto (Capítulo 4).
- g) Identificación de usos y aprovechamientos destinados para las zonas de influencia del proyecto (Capítulos 2, 3 y 4).
- h) Sistema de información geográfica.
- i) Información generada mediante trabajos de campo y verificación (Capítulo 4).

Enseguida se presentan las metodologías de evaluación aplicadas para determinar los impactos y los resultados que arrojaron en el caso particular del Proyecto.

---

<sup>1</sup> IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

## 5.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de impactos es parte esencial del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, necesario para que la Autoridad competente establezca las condiciones a las que deben sujetarse las obras o actividades que puedan causar un daño al ambiente (LGEEPA Art. 28).

Para identificar los impactos ambientales de proyectos en zonas costeras de forma realista, funcional y poco subjetiva, éstos deben analizarse bajo la óptica del manejo de ecosistemas costeros. Esto es, considerar a dichos ecosistemas como sistemas complejos y dinámicos que pueden cambiar como consecuencia de acciones y procesos que incidan sobre componentes de diversos niveles de complejidad; así como incluir la interconectividad e interdependencia de los componentes naturales y enfatizar la importancia de la estructura y función de los ecosistemas que proveen bienes y servicios ambientales (Curtin y Prellezo 2010).

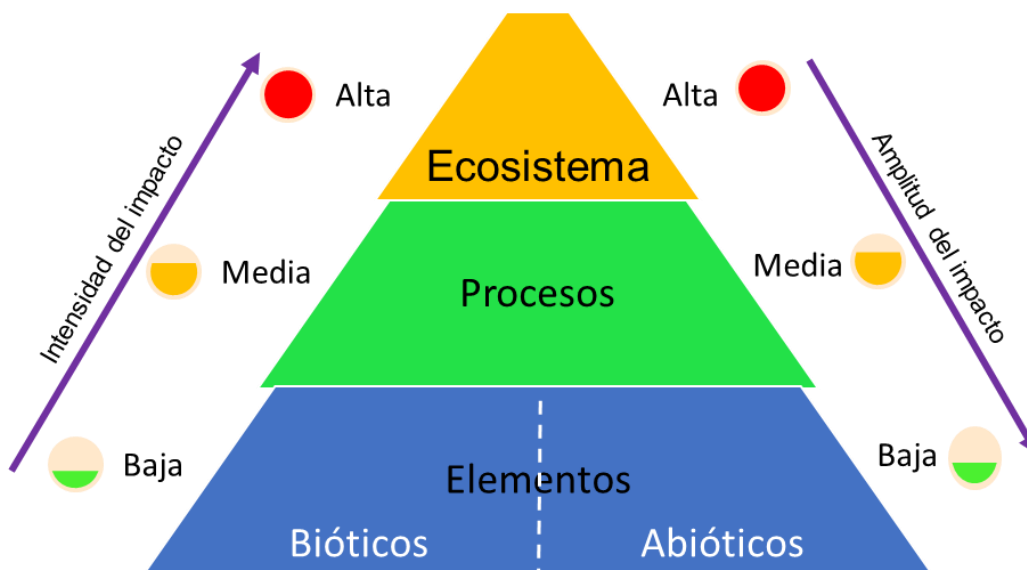
Basados en lo anterior se identificaron tres diferentes niveles de complejidad ecológica sobre los cuales pudieran generarse impactos derivados de las acciones del proyecto. Estos niveles son:

- a. Elementos naturales: elementos químicos, físicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA Art. 3º fracción XV).
- b. Procesos naturales: serie ordenada de eventos naturales cuya dinámica y magnitud determinan la funcionalidad de un ecosistema y pueden influenciar las condiciones ambientales locales, regionales o globales (Naeem *et al.* 1999).
- c. Ecosistemas: unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA Art. 3º fracción XIII).

La interdependencia entre cada uno de estos niveles permite discriminar los impactos de acuerdo con su intensidad y evita contar dos o más veces un mismo impacto, ya que cuando se afecta un nivel mayor forzosamente hay impactos en los niveles inferiores, que ya no es necesario contabilizar, logrando así una mayor certidumbre y objetividad en el proceso.

La clasificación mencionada también facilita la calificación de los impactos ambientales de acuerdo con su intensidad, ya que impactos más intensos son los que afectan a nivel de función de los ecosistemas, los impactos intermedios son los que solo afectan hasta el nivel de procesos naturales; y los impactos de menor intensidad son los que solo afectan elementos del SAR (Figura 5.1).

**Figura 5. 1.** Diagrama conceptual del fundamento ideológico para el proceso de análisis de impactos ambientales para el Proyecto. Se muestra la interdependencia de los 3 niveles de complejidad de los ecosistemas. Los elementos sostienen a los procesos, los cuales determinan las funciones y características particulares de cada tipo de ecosistema.



Fuente: Generación propia GPPA.

Es importante considerar los alcances de la evaluación de impacto ambiental en términos de las diversidades alfa, beta y gamma. La diversidad alfa se define como el número de especies presentes en un lugar (Halffter y Moreno 2005):

En cuanto a la diversidad beta, esta se define como el recambio entre las especies que se da entre dos espacios (dos puntos, dos tipos de comunidad, dos paisajes) al mismo tiempo, o en el mismo espacio a lo largo del tiempo (Halffter y Moreno 2005).

Por último, la diversidad gamma se refiere al número de especies del conjunto de sitios o comunidades que integran un paisaje, éste último definido como un área terrestre heterogénea pero distinguible, integrada por un conjunto de ecosistemas interactuantes que se repiten de forma similar (Forman y Godron, 1986) y que comparten en cierto grado las condiciones ambientales, pero, sobre todo, tienen una historia biogeográfica común (Halffter y Moreno, 2005).

Cada una de estas definiciones puede generar discusiones tanto en términos teóricos como prácticos, que redundan en la dificultad para determinar la intensidad o/y magnitud de un impacto sobre ellas. En primer lugar, el tipo de diversidad alfa que se analice (puntual, promedio o acumulada) puede arrojar conclusiones diferentes sobre el efecto de un mismo impacto en una misma comunidad. Asimismo, la diversidad alfa puede medirse de muchas maneras que no necesariamente son comparables y que pueden generar valores muy distintos, aunque se trate del mismo sitio en el mismo tiempo.

Lo anterior dependerá de la extensión que se haya determinado para la muestra territorial, del tipo de especies que se seleccionen como pertenecientes a la comunidad, y del grupo indicador que sea considerado (Halffter y Moreno 2005).

De igual manera la diversidad beta puede arrojar diferentes conclusiones dependiendo de cómo se haya calculado. En este caso la distancia (tanto espacial como temporal) entre los muestreos es de gran importancia.

Por otra parte, al analizar los impactos que cualquier perturbación pudiera tener en la diversidad alfa es imprescindible considerar los elementos que pueden influir en el número de especies que se encuentren en un lugar dado, como son: las especies raras, las especies turistas, los fenómenos demográficos, el área que ocupa la comunidad estudiada y la heterogeneidad del paisaje (Halffter y Moreno 2005). El efecto de la perturbación en estos será en gran medida lo que determinará el valor del impacto.

Por todo lo anterior, el presente capítulo se basa en los valores de diversidad alfa reportados en los estudios realizados de manera particular para el Proyecto (Capítulo 4), y evita compararlos con otros de los que se desconozca el tipo de diversidad alfa medida ni los parámetros utilizados, o que se sepa que no son comparables.

Para determinar el impacto del Proyecto sobre la diversidad alfa se analizaron los efectos de las diferentes obras y actividades sobre el área ocupada por la comunidad (magnitud del impacto) y sobre los fenómenos demográficos y la heterogeneidad del paisaje (incidencia). De forma particular se analizaron los efectos del proyecto sobre las poblaciones de especies protegidas según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La medición de la diversidad beta implica dificultades en términos de acceso a sitios adecuados en donde determinar el número de especies y compararlo con el encontrado en comunidades al interior del predio, por lo que en el análisis de impactos no se considera a nivel espacial sino temporal. Para ello se deberán comparar los resultados de la diversidad alfa obtenidos mediante los monitoreos propuestos, razón por la cual el análisis de los impactos sobre este parámetro no se presenta en este documento.

### 5.2.1 Delimitación del SAR del proyecto.

Como se presenta en el Capítulo 2 de la MIA-R las obras y actividades del Proyecto se realizarán en dos sitios. Las estructuras de protección, las dunas artificiales, la construcción de la caleta artificial y el relleno de la playa se realizarán en la zona marina costera al frente del DTGS.

Como parte de la identificación de los bancos de arena, se realizaron diferentes prospecciones en esta área ubicando dos bancos denominados como B1 y B2, sin embargo, por sus volúmenes y características no eran adecuados para el desarrollo del presente proyecto. Como segunda opción, se identificaron otros bancos de arena frente a la Caleta de Yalku, estos bancos se ubican en un área de restricción jurídica contemplada en el Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera del Caribe Mexicano, por lo que jurídicamente estos bancos eran inviables de aprovechamiento. Se realizó una tercera prospección más extensa contemplando otras áreas y se identificaron dos bancos de arena al frente de la ciudad de Playa del Carmen, los cuales están a aproximadamente 33 km de distancia. Los bancos de arena SIR-1 y SIR-2 se ubican en un arenal profundo y de acuerdo a la caracterización de ambientes y a la justificación técnica para el aprovechamiento de estos sitios potenciales.

Para una mejor descripción de las dos diferentes áreas de trabajo se describe como SAR marino costero del proyecto a la ubicación de obras y actividades al frente del DTGS y SAR marino costero de extracción en el área de ubicación de los bancos de arena.



Cabe mencionar que, entre el SAR marino costero del proyecto (Figura 5. 2) y el SAR marino costero de extracción hay una distancia de aproximadamente 33 km de distancia. En esta zona no se esperan impactos ambientales por las obras y actividades del proyecto ni de la extracción de los bancos de arena. Sin embargo, hay que contemplar que el traslado de la arena se realizará vía marítima y para garantizar que no hay afectación en el área que existe entre ambos SARs, por el traslado de arena, los ambientes marinos y costeros se conservarán en su totalidad ya que la ruta de navegación se realizará fuera de esta área, sobre el canal que existe entre Playa del Carmen y Cozumel, fuera de la isobata -30m y un tiempo de traslado de la embarcación será de máximo 48 horas.

El SAR marino costero del proyecto cuenta con una superficie de 233.99 ha. Su delimitación se basó en la distribución de los ambientes naturales que se desarrollan en el área, así como en la dirección de las corrientes marinas predominantes, de tal forma que se abarcara la superficie que tuviera mayor probabilidad de ser influenciada por el proyecto o a la inversa. Al Noroeste, en su porción terrestre, está delimitado por el Matorral costero.

En el SAR, en su porción marina, existe una laguna arrecifal incipiente que se encuentra exclusivamente frente a la playa Kantinah (caleta Centro), donde se alterna con parches de pastos marinos, “blanquizales arenosos”, algunos cabezos de coral y agregaciones de gorgonáceos. La cresta arrecifal está poco desarrollada y está representada casi exclusivamente por la transición barlovento, que se forma a continuación del acantilado. El arrecife frontal es continuo y está bien desarrollado. Los macizos más grandes se encuentran en el centro de esta región frente a la bahía Xaac y Xaac chico, donde algunos alcanzan hasta 50 m de ancho y 6 m de altura y se observan colonias muy grandes de *Montastrea annularis* y *Colpophylla natans*. Los canales arenosos entre los macizos coralinos son angostos. Después del arrecife frontal exterior, ubicado a 45 m de profundidad y aproximadamente a 100 m de la costa se encuentra el cantil, donde la profundidad aumenta de forma abrupta a 60 o 70 m (Gutiérrez et al. 1995 citado en Loreto y Gómez 2006).

Existen numerosos aportes de agua dulce y fría hacia el arrecife, los cuales se manifiestan como ojos de agua o bocas de las caletas de Yalkú y Yalkuito, en donde provocan una mezcla con el agua tibia y salada del mar (SEMARNAT S/A).

El SAR, en su porción terrestre, presenta, como la mayor parte de la Península de Yucatán, un paisaje cárstico, por lo que no hay ríos superficiales. Los escurrimientos pluviales suceden a través de la red de drenaje subterráneo, que aflora en ciertos puntos como cenotes o las caletas de Yalkú y Yalkuito.

La morfología de la porción costera en el SAR, también presenta un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa. A partir de la playa se forman una serie de cordones paralelos al mar, entre 3 y 4 m de altura, donde se desarrolla matorral de dunas y palmas. (Moreno-Casasola et al. 2014).

En el SAR no existen dunas costeras. Sólo se encuentran dunas frontales incipientes, de menos de 50 m de ancho frente a las pequeñas bahías. La arena de las playas en el SAR está compuesta por abundantes fragmentos de conchas marinas, moderadas cantidades de cuarzo y pocas cantidades de feldespatos y minerales densos. Presenta formas de grano de subredondeados a subangulosos, por lo que se clasifica como arena de grano medio con tamaños de granos que van desde los 0.2 a los 2 mm. Su color es blanco y carece de limos, arcillas o materia orgánica (Moreno-Casasola et al. 2014).

El resto del litoral del SAR presenta playas rocosas en donde crece vegetación de dunas costeras de forma achaparrada en pequeñas oquedades (Moreno-Casasola et al. 2014).

Las playas arenosas del SAR son sitio de anidación de tres especies de tortugas marinas: *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Caretta caretta* (tortuga caguama) (SEMARNAT S/A).

Asimismo, en el SAR se desarrollan cuatro especies de corales que se encuentran en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Acropora palmata* (cuerno de alce), *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo), *Plexaura homomalla* y *Plexaura dichotoma* (SEMARNAT S/A).

SAR marino costero de extracción presenta un sistema arrecifal con diferentes grados de desarrollo a lo largo de la costa, por lo que existen variaciones importantes en el patrón de zonación y comunidad biótica asociada. La sección denominada Arrecifes, presenta una estructura arrecifal con muchos ambientes, toda vez que presenta un área extensa en la parte somera correspondiente a un sustrato de laja con diferentes componentes, además de parches de una Cresta Arrecifal, siendo los sitios con mayor heterogeneidad ambiental y desarrollo de la comunidad biótica marina. En el caso de la sección Arenales, la estructura es simple, ya que básicamente está conformado por una planicie de arena, con algunas partes muy pequeñas de laja y de pasto marino.

Los arenales profundos que se ubican en esta área se caracterizan por ser un canal de arena que se forma paralelo a la costa, y que se considera una subzona del Arrecife Frontal, el cual presenta 2 franjas: una somera que divide el Arrecife Frontal Interior (AFI) de la Transición Barlovento (TB), y la otra más profunda que divide este AFI del Arrecife Frontal Exterior (AFE).

**Figura 5. 2.** SAR marino costero del proyecto.

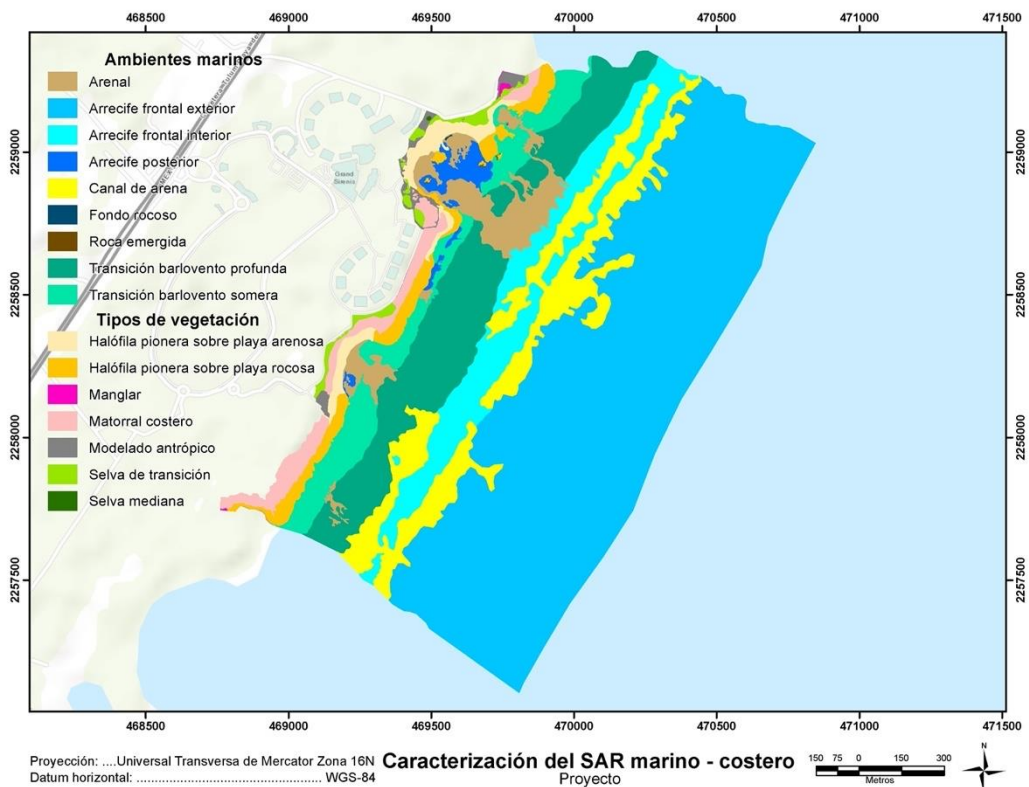


Figura 5. 3. SAR marino costero de extracción.

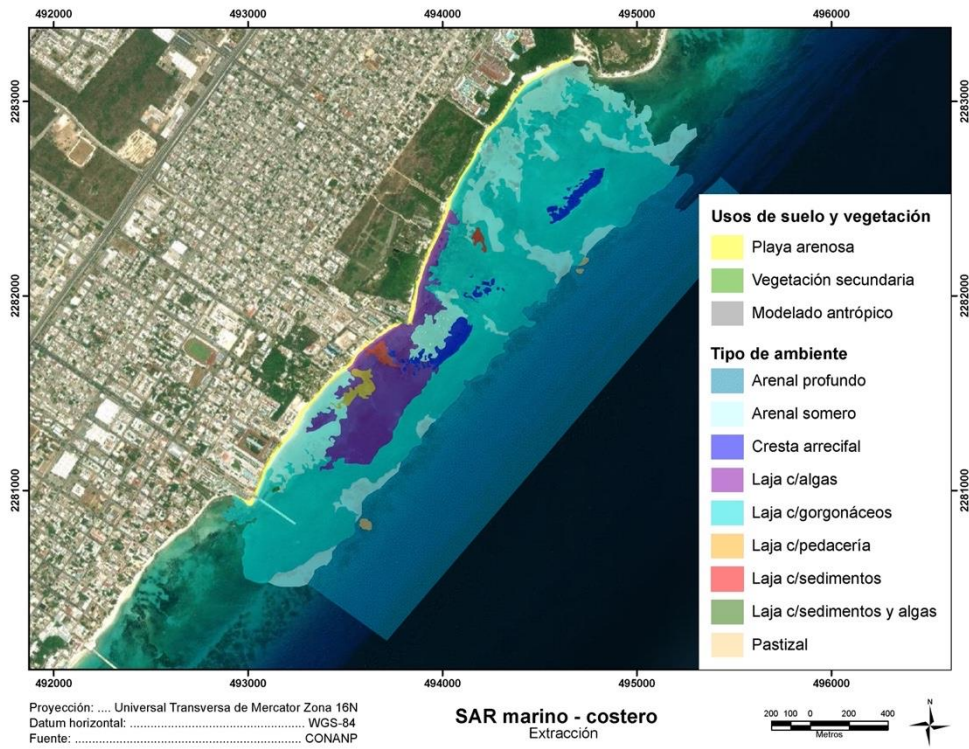
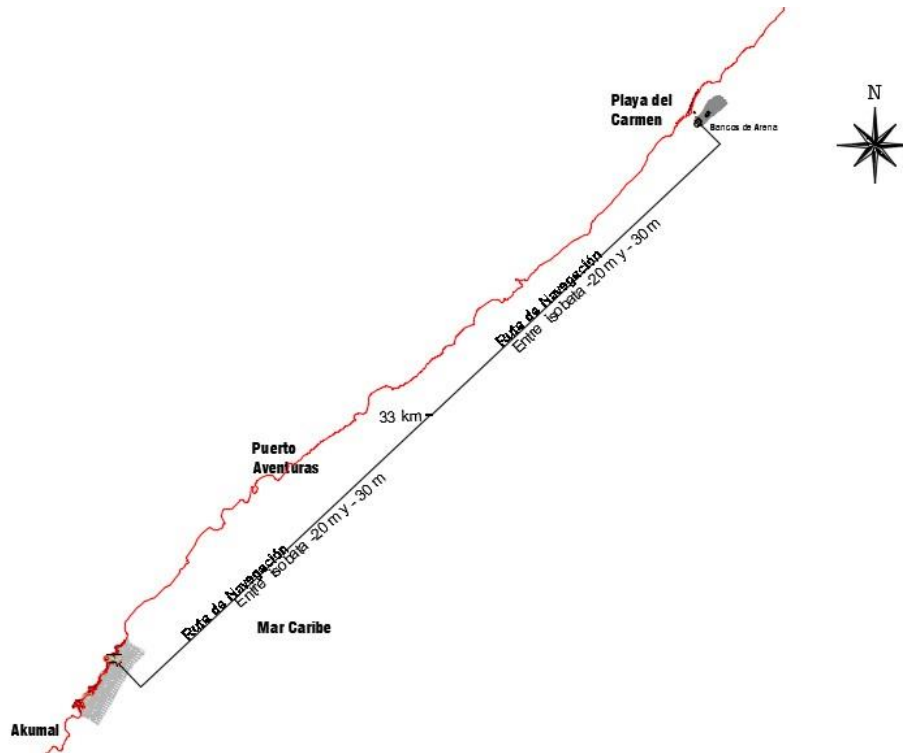


Figura 5. 4. Ruta de navegación fuera de la isobata -30m.



### 5.2.2 Acciones del proyecto susceptibles de producir impactos

Para efectos de la EIA se entiende por acción a la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gómez-Orea 2002). Las acciones se identifican a partir de cada una de las diferentes obras y actividades que se realizarán durante el desarrollo de los proyectos, por lo que para el caso del proyecto antes de determinar las acciones debieron identificarse y describirse las obras involucradas, las cuales se muestran en la **Tabla 5. 1**.

Asimismo, las acciones derivadas de cada obra o actividad varían dependiendo de los *momentos* o *etapas* de desarrollo del proyecto, que normalmente son:

- a) *Preparación del sitio*, que consiste en las labores necesarias para el acondicionamiento del terreno que permitan su uso de acuerdo al objetivo planteado. Generalmente no representa la construcción o instalación de infraestructura, aunque si requiere de la intervención de la zona de influencia directa.
- b) *Construcción*, que consiste en todas las actividades necesarias para el desarrollo de las obras físicas sobre el terreno y que se caracteriza por una fuerte actividad sobre el predio y la zona.
- c) *Operación y mantenimiento*, que consiste en las actividades necesarias para hacer funcionar y mantener en buen estado las obras del proyecto, así como en las labores de seguimiento y monitoreo.
- d) *Abandono*, que comienza a partir de que cesan cualquier tipo de actividades relacionadas con el proyecto en el predio y consiste en las acciones necesarias para evitar cualquier impacto ambiental relacionado con las instalaciones fuera de uso.

Una vez definidas las actividades que corresponden a cada etapa del proyecto, se analizaron las acciones generadoras de impactos, entendidas como las posibles causas simples, precisas, localizadas y bien determinadas de impacto ambiental. Éstas pueden derivar de una o varias obras o actividades y suceder durante uno o varios momentos del proyecto.

Como resultado de lo anterior se identificaron **46** acciones del proyecto derivadas de **10** actividades correspondientes a **6** obras, y que podrían causar impactos al ambiente en una o varias fases del mismo (**Tabla 5. 2**). Éstas sirvieron de base para el análisis de impactos llevado a cabo en el presente capítulo.



**Tabla 5. 1. Obras y elementos del proyecto.**

Objetivo	Obra	Elementos	Características
Rehabilitación de 1.86 ha de playa y duna	Construcción de duna artificial de 275 m de longitud y superficie de 0.05 ha, dividida en tres secciones D1, D2 y D3.	Duna 1: Longitud máxima 100 m	La adecuación de una duna artificial separada en tres segmentos denominados D1, D2 y D3, que se llevará a cabo a base de acumulación de arena hasta alcanzar la cota de +2.80 msnmm. Posteriormente se llevará a cabo una reforestación de vegetación de duna local con longitudes de 115 m, 80 m y 80 m. En total, la duna artificial se conformará por 14 (13.75) tubos de geotextil de 20 m cada uno, rellenos con 470.25 m3 de arena en total. Una vez llenados los tubos se cubrirán de arena. El grosor de arena sobre la parte más alta de la duna será de 30cm para alcanzar finalmente la elevación de diseño de 1.30m
		Duna 2: Longitud máxima 80 m	
		Duna 3 Longitud máxima 80 m	
	Relleno de playa de 5 secciones (A1, A2, A3, A4 y A5). La superficie total de los cinco rellenos será de 1.86 ha.	El ancho de la playa será variable al finalizar el proceso de vertimiento y estabilización, se estima para la playa A1, un ancho entre 7.5 – 12m con talud de 10:1 (H:V), las playas A2 y A3, tendrán un ancho de aproximadamente 15 m; abarcarán una superficie de 1.13 ha y se ubicarán en la Zona Norte. El relleno A4, no estará completamente en superficie, será también para la base de la CA1, el A5, tendrá un ancho entre 25-30 m; estos dos rellenos cubrirán una superficie de 0.72 ha y se dispondrán en la que se denominó Zona Centro. Todos los rellenos tendrán la misma relación de talud que la A1. El volumen de arena total de arena para relleno será de 24,234.72 m3. El relleno de la A4 sirve como fondo de la caleta artificial.	
Forestación de duna artificial	En total serán 0.05 ha de duna forestada. Se sembrará vegetación nativa del sitio sobre ella, recreando la elevación inclinación y vegetación que se encuentra en la duna natural.		
Aprovechamiento de bancos de arena	Extracción y transporte de 39,734.6 m <sup>3</sup> de arena	SIR-1	Se extraerán 12,818.00 m <sup>3</sup> utilizando una draga. El banco de arena se ubica a aproximadamente 33 km del área de relleno.
		SIR-2	Se extraerán 26,916.6 m <sup>3</sup> utilizando una draga. El banco de arena se ubica a aproximadamente 33 km del área de relleno.
Protección marina permanente	Construcción de tres estructuras de protección N1, N2, N3 (0.07 ha) y C1 (0.12 ha)	Estructura de protección N1	Será una estructura semicircular sumergida, con una longitud de 90 m y un radio de 53 m, estará conformado por 4.5 tubos de geotextil GT-500 de 20 m cada uno, rellenos de arena hasta una altura de 1.52 m. Contará con un tapete antisocavación GT-500 el cual se encontrará anclado al fondo marino por medio de un lastre perimetral que caerá por gravedad y protegerá la arena debajo del tapete en caso de que haya movimiento de ésta.
		Estructura de protección N2	Cada una, estará conformada por un tubo de geotextil GT-500 con tapete antisocavación relleno de arena, con una longitud de 20 m y un ancho de 5 m. La estructura N2 tendrá una elevación de corona de +0.15 msnmm, mientras que, de la N3 su elevación será de +0.30 m.
		Estructura de protección N3	
		Estructura de protección C1	Se construirá con base de bolsacreto con terminado martillado. Se colocará una serie de bolsas impermeables agrupadas en forma piramidal; la base o primera capa se rellenará con mortero y se esperará hasta que fragüe, posteriormente se rellenará la segunda capa y se esperará hasta su fraguado y así sucesivamente hasta alcanzar la altura esperada para el diseño y talud establecido. La estructura C1 será semicircular y tendrá una elevación de +0.15 m sobre el nivel medio del mar con un ancho de corona de 4 m, y un talud de 1 a 1 en ambas caras.
Caleta Artificial	Construcción de una caleta artificial CA1 en la zona centro con una superficie de 0.39 ha y una profundidad de 1.5m.	Caleta Artificial CA1	Para la construcción de la caleta se demolerá, con ayuda de retroexcavadoras con martillo hidráulico tipo Caterpillar, la roca de la playa seca y área inundable, hasta alcanzar la inclinación de 15 a 1 para la playa seca, y la cota de los -2.00 m en el área inundable. Una vez realizada la limpieza de la caleta, se inyectará arena proveniente de los bancos marinos hasta lograr una capa con grosor de 50 cm. Concluidos los trabajos de excavación y conformación, se procederá con la apertura de las bocas, hasta alcanzar la profundidad de 1m, con el apoyo de maquinaria menor, es decir, con un martillo neumático manual, para tener un menor impacto hacia el mar.

**Tabla 5. 2.** Acciones del proyecto que potencialmente y sin medidas de mitigación podrían generar impactos ambientales en una o varias de sus etapas de desarrollo, derivadas de las obras principales identificadas.

ETAPA	No	Obra y/o actividad	Relleno de playa	Extracción y transporte de arena	Construcción de duna artificial	Forestación de duna artificial	Construcción de estructuras de protección	Caleta artificial
Preparación	1	Marcado, trazo y rescate	x	x	x		x	x
	2	Limpieza de la playa	x		x		x	
	3	Nivelación y compactación	x		x		x	
Construcción	4	Extracción de arena con draga		x				
	5	Transporte de arena	x	x				x
	6	Colocación y llenado de geotubos marinos	x		x		x	
	7	Colocación y llenado de geotubos en playa	x		x		x	
	8	Excavación y llenado de tarquinas	x		x			
	9	Vertido y distribución de arena en playa	x		x			
	10	Vertido y distribución de arena en caleta artificial						x
	11	Reforestación de duna costera				x		x
	12	Construcción de estructuras de protección (EP)					x	
	13	Excavación en seco						x
	14	Colocación de malla impermeable		x				x
Operación y Mantenimiento	15	Excavación en agua						x
	16	Apertura de bocas de conexión y limpieza						x
	17	Desmantelamiento de obras provisionales y limpieza general del sitio						x
	18	Mantenimiento de estructuras de protección (EP)					x	
	19	Reconformación de duna costera				x		
	20	Limpieza de playa	x			x		x
	21	Acciones fitosanitarias				x		
	22	Mantenimiento de caleta artificial y monitoreo						x

### 5.2.3 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos

Se denomina factor ecológico a todos los elementos del ambiente susceptibles de actuar directamente sobre los seres vivos, por lo menos durante una etapa de su desarrollo. Se clasifican en abióticos, que incluyen el conjunto de características físico-químicas del medio; y bióticos, que son el conjunto de interacciones que tienen lugar entre los individuos de la misma especie o de especies diferentes (Dajoz 2001). Para efectos del análisis de impactos ambientales, también se consideraron como factores los elementos socioeconómicos ya que son parte primordial de los procesos de degradación y conservación de los recursos.

Se define como entorno a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo y agua (Gómez-Orea 2002), así como las consideraciones de índole social.

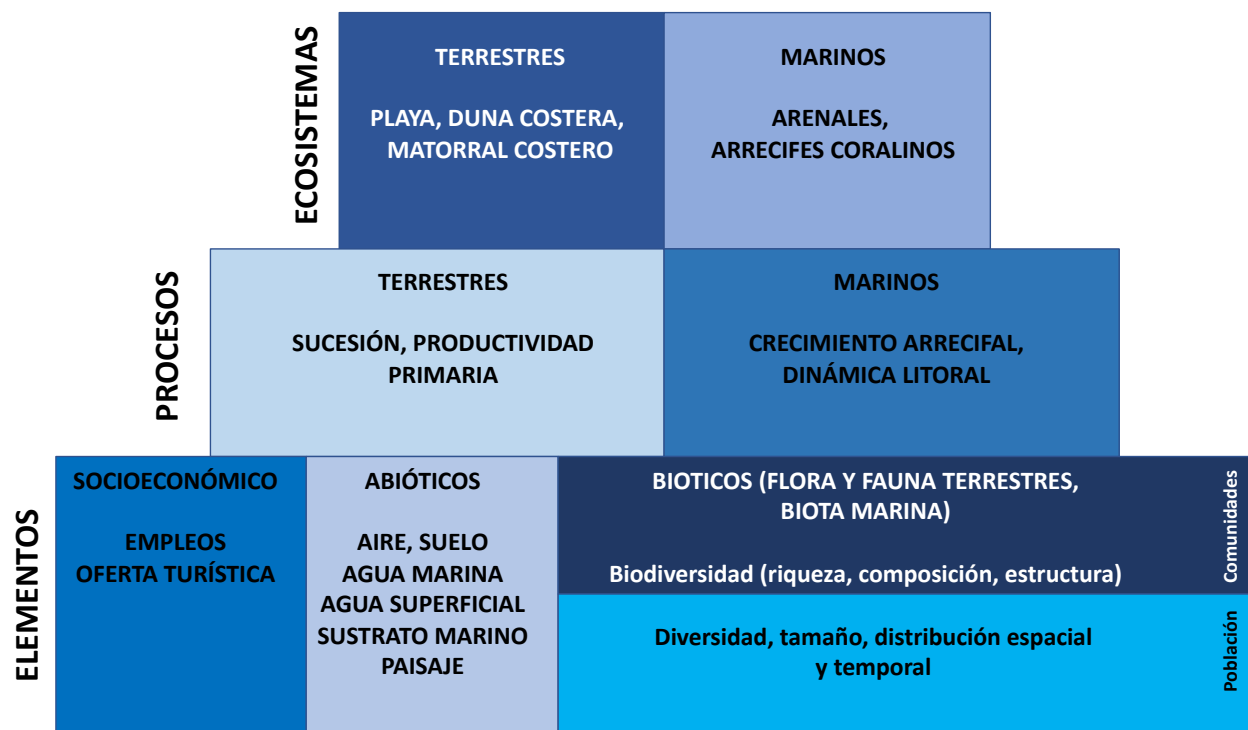
Por último, un impacto ambiental es una modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LGEEPA Art. 3º fracción XIX).

Con base en lo anterior, para la evaluación de los impactos ambientales fue necesario identificar, de acuerdo con el diagnóstico del SAR (Capítulo 4), cada uno de los factores del entorno que pudieran resultar afectados de manera significativa por las obras o actividades del proyecto, tanto en el medio marino como en el terrestre. Dichos factores se clasificaron en alguno de los tres niveles de complejidad ecológica descritos en el apartado 5.2 (elementos, procesos y ecosistemas).

Posteriormente se aplicaron las técnicas de análisis de impactos ambientales para identificar las interacciones entre los factores susceptibles y las acciones generadoras de impactos. De esta forma fue posible interpretar el comportamiento del SAR para definir medidas de mitigación y compensación (detalladas en el capítulo 6) que fueran congruentes con los impactos ambientales detectados y con las condiciones del SAR.

Con base en la estrategia antes mencionada, en total se identificaron **22** factores susceptibles de recibir impactos en el SAR, de los cuales **11** son elementos, **5** procesos y **6** ecosistemas (**Figura 5.5**).

**Figura 5. 5.** Elementos, procesos y ecosistemas identificados en el SAR del proyecto con base en los resultados de los estudios realizados para el diagnóstico ambiental del SAR.



Fuente: Elaboración propia GPPA.

En la **Tabla 5. 3** se enlistan los factores del entorno, divididos en elementos, procesos y ecosistemas, seleccionados por su relevancia para la identificación y análisis de impactos. También se muestran las propiedades de cada factor que deberán medirse durante todas las fases del proyecto ya que funcionan como indicadores del estado del SAR para el Sistema de Gestión y Manejo Ambiental (SGMA ver Capítulo 6), de acuerdo con lo recomendado por los diferentes especialistas que participaron en los estudios para el proyecto.



**Tabla 5. 3.** Factores naturales del entorno del proyecto susceptibles a recibir impactos y las propiedades a medir de cada uno de ellos que deberán implementarse en el SMGA.

Nivel	Ambiente	Factor	Propiedad a medir
Elementos	Marino	Agua marina	Calidad (Transparencia, pH, temperatura)
		Biota marina	Riqueza promedio anual de especies de importancia comercial, presencia de especies enlistadas en NOM 059
		Sustrato marino	Tipo, profundidad y estructura del sustrato (profundidad de la capa de arena, granulometría)
	Terrestre	Flora Terrestre	Riqueza, presencia de especies en listadas en la NOM 059
		Fauna Terrestre	Riqueza promedio anual de especies de importancia comercial y especies clave, presencia de especies enlistadas en NOM 059
		Suelo	Calidad (Textura, porosidad, pH, contenido de materia orgánica)
		Aire	Calidad (Niveles de ruido, gases y polvos)
		Agua superficial	Calidad (Presencia de agentes contaminantes)
		Paisaje	Fragmentación, conectividad y contigüidad
	Socio-economía	Empleos	Generación de empleos directos e indirectos.
Oferta turística		Aumento de los servicios y atractivos turísticos del área, aumento de la plusvalía de las propiedades.	
Procesos	Marino	Dinámica litoral	Perfiles de playa
	Terrestre	Productividad	Biomasa aérea de plantas vasculares
		Sucesión	Especies colonizadoras
Ecosistemas	Marino	Arenal somero	Superficie, volumen.
		Arrecife coralino	Diversidad, estructura trófica.
	Terrestre	Duna costera	Superficie, composición y estructura de la vegetación
		Playa	Superficie.

#### 5.2.4 Impactos ambientales derivados de la interacción proyecto-entorno

Dentro del proceso de la identificación de impactos ambientales, las técnicas de identificación de los impactos significativos conforman la parte medular de la metodología de evaluación, debido a la relevancia de este tipo de impactos en los componentes del entorno. En la literatura especializada (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005) se registran numerosas propuestas que en conjunto se caracterizan por su diversidad, siendo consistentes y coincidentes, muchas de ellas, en que no existe una metodología definitiva para esta identificación, por lo que las ópticas cruzadas y las conjugaciones de metodologías, disminuyen significativamente la subjetividad del proceso.

Con base en lo anterior para este proyecto, el análisis para la identificación de los impactos ambientales se realizó bajo un enfoque interdisciplinario, que consideró los tres niveles ya descritos (elementos, procesos y ecosistemas) y que fue la base para la aplicación de las siguientes técnicas convencionales de evaluación de impacto ambiental (**Tabla 5. 4**):

- i) análisis por medio de los sistemas de información geográfica (SIG),
- ii) listas de chequeo,
- iii) matrices de interacción y
- iv) juicio de expertos.

El uso combinado de estas técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto, e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los Sistemas de Información Geográfica fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales en una matriz cuantificable y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión geográfica que pudieran representar riesgos importantes a los ecosistemas; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos a los procesos y los elementos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobreestimación de los mismos otorgando un mayor valor técnico y científico al proceso.

Con los resultados de este análisis se generó la información necesaria para proponer modificaciones de las fuentes generadoras de impactos ambientales negativos, o en su defecto plantear las medidas necesarias para mitigarlos, las cuales se abordan con detalle en el Capítulo 6 de esta MIA-R. Es decir, la identificación de los impactos ambientales, permitió la adecuación del proyecto de tal forma que se garantice el desarrollo de medidas de mitigación y compensación consideradas como parte integral del mismo (SGMA, Capítulo 6). De esta manera se sentaron las bases para garantizar la mínima afectación al Sistema Ambiental Regional (SAR) al que pertenece el proyecto, así como el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en sus áreas de influencia.

**Tabla 5. 4.** Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente serán generados por el proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales ( <b>EIA</b> ), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Listas de chequeo	Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993). Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Matrices de interacción	Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la <b>EIA</b> , ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas, presenta algunas desventajas que son importantes considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).
Juicio de expertos	Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.

Fuente: Generación propia GPPA.

5.2.5 Análisis de cartografía temática, estudios especializados y uso del sistema de información geográfica

**Tabla 5. 5.** Estructura general del contenido del Capítulo 4 de la MIA-R del Proyecto.

CONTENIDO			NIVEL DE EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO
Delimitación del área de estudio	Fundamento técnico	Caracterización del medio físico, caracterización ambiental terrestre y marina.	SAR terrestre SAR marino
Descripción Ambiental	<b>Caracterización del SAR</b>		
	Aspectos abióticos	Clima	Península de Yucatán
		Fenómenos climatológicos	SAR
		Radiación solar	Península de Yucatán
		Calidad atmosférica	Península de Yucatán
		Geología, geomorfología y fisiografía	Península de Yucatán, Municipio y SAR
		Suelos	Península de Yucatán y SAR terrestre
		Hidrología	Península de Yucatán
		Geohidrología	Península de Yucatán
	Microtopografía	Frente costero del predio DTS.	
	Hidrografía y oceanografía costera (batimetría, modelación numérica, mareas, oleaje, granulometría)	Costa de Quintana Roo, SAR marino	
	Aspectos bióticos	Vegetación terrestre	SAR terrestre Predio DTS
		Fauna (vertebrados terrestres)	SAR terrestre Predio DTS
		Biota marina	SAR marino Bancos de arena
	Unidades ambientales	Contexto regional	SAR terrestre SAR marino
Aspectos socioeconómicos	Contexto regional	Municipal	
Análisis ambiental	<b>Diagnóstico Ambiental Regional</b>		
	Estructura y función del SAR	Clima	SAR terrestre SAR marino
		Geología, geomorfología y fisiografía	SAR terrestre
		Suelo	SAR terrestre
		Hidrología y geohidrología	SAR terrestre
		Hidrografía y oceanografía costera	SAR marino
		Vegetación terrestre	SAR terrestre
		Fauna terrestre	SAR terrestre
		Biota marina	SAR marino
	Uso del suelo	Municipal	
	<b>Tendencias de Desarrollo y/o Deterioro</b>		
	Pronóstico ambiental	Escenarios futuros	SAR terrestre SAR marino Frente costero del DTS
		Flora y fauna	Predio DTS
		Humedales	Predio DTS
		Biota marina	SAR marino
		Hidrografía y oceanografía costera	SAR marino
	Paisaje	SAR terrestre SAR marino Frente costero del DTS	

5.2.6 Listas de chequeo

Las listas de chequeo se elaboraron a partir de los factores naturales y socioeconómicos del entorno susceptibles de ser modificados (Tabla 5. 3), así como de las acciones en cada fase del proyecto que pudieran generar impactos en dichos factores (Tabla 5.1 y 5.2). Los impactos se dividieron de acuerdo con el nivel, el ambiente (marino o terrestre) y el factor sobre el que inciden y se muestran en la **Tabla 5. 6**.

**Tabla 5. 6.** Impactos identificados de acuerdo con el nivel y el factor del entorno sobre el que inciden.

Nivel	Ambiente	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
Elementos	Marino	Agua marina	Modificación de sus características físico/químicas	Modificación del pH, temperatura, salinidad, turbidez
			Contaminación	Vertimiento de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
		Biota marina	Pérdida de individuos y/o cobertura	Lesiones, pérdida de hábitat, depositación de sedimentos, competencia con especies exóticas o invasoras, abandono del sitio
			Generación de hábitat	Creación de sitios potenciales de colonización para la biota marina
		Sustrato marino	Modificación del fondo marino	Cambios en la topografía submarina por rellenos, dragados o colocación de estructuras submarinas permanentes
		Terrestre	Flora	Pérdida de individuos
	Aumento de densidad			Reforestación
	Conservación de individuos			Rescate
	Fauna		Pérdida de individuos	Lesiones, abandono temporal del sitio.
			Conservación de individuos	Rescate
			Generación de hábitat para fauna silvestre	Creación de sitios potenciales de colonización para la fauna terrestre (duna)
	Suelo		Modificación de las características físicas	Compactación, relleno
			Contaminación	Vertimiento de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
	Agua superficial		Contaminación	Vertimiento de residuos sólidos, líquidos y peligrosos
	Aire		Contaminación por ruido	Generación de sonidos de volumen y/o frecuencia ajenos a los que se presentan en el ambiente natural
			Contaminación por gases y polvos	Emisión de gases y/o partículas suspendidas a la atmósfera



Nivel	Ambiente	Factor modificado	Impacto	Causas posibles de impacto
	Socio económico	Paisaje	Alteración de geoformas	Conformación de duna y playa, presencia de estructuras de protección cercanas a la playa que superen el nivel medio del mar.
		Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación o mejora de atractivos turísticos
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios
			Generación de empleos indirectos	Demanda de servicios e insumos
Procesos	Marino	Dinámica litoral	Alteración de la dinámica litoral	Creación de barreras para el transporte y/o depósito de sedimentos
			Estabilización de la zona litoral	Disminución de la erosión por la instalación de protecciones marinas y conformación de playa y duna.
		Crecimiento arrecifal	Disminución del crecimiento arrecifal	Depósito de sedimentos, cambios en la calidad del agua, daños por contacto
		Crecimiento de pastos marinos	Disminución del crecimiento de pastos marinos	Cambios en la calidad del agua, daños por arrastre de objetos en el fondo marino
	Terrestre	Productividad	Cambios en la productividad	Introducción de sistemas de riego, fertilización del suelo
		Sucesión	Modificación en los patrones de sucesión	Introducción o eliminación de especies invasoras o exóticas, introducción de sistemas de riego, fertilización del suelo, construcción de infraestructura, reforestación o forestación
Ecosistemas	Marino	Arenal somero	Disminución de volumen y área	Extracción de arena
		Pastos marinos	Disminución de cobertura	Dragado, relleno, eliminación de la vegetación
		Arrecife coralino	Disminución de cobertura	Cambios en la calidad del agua, aumento de la tasa de sedimentación, lesiones o muerte
			Aumento de enfermedades	Detrimiento de la calidad del agua, aumento de lesiones al tejido coralino, aumento de la tasa de sedimentación.
	Terrestre	Duna costera	Disminución de cobertura	Desmontes
			Aumento de diversidad y cobertura	Reforestación o forestación
		Manglar	Aumento de Resiliencia	Protección y Conservación del ecosistema ante el embate de tormentas y huracanes.
		Playa	Aumento/ mantenimiento de superficie	Reconformación de duna y playa.

Una vez identificados los factores del medio susceptibles de recibir impactos se procedió a elaborar una lista de chequeo por etapa en donde se relacionó cada actividad del Proyecto con los impactos que podría producir y los factores ambientales que podría afectar (Tablas 5.7, 5.8 y 5.9). A cada impacto se le clasificó como negativo si sus efectos provocaban un detrimento en los atributos de cada factor considerado; o positivo si mejoraban la calidad ambiental del SAR o implicaba una mejoría en los procesos socioeconómicos que lo caracterizan. En este sentido es importante señalar que, en el ámbito del desarrollo sustentable, se reconoce la necesidad y derecho de aprovechamiento de los recursos naturales, así como la necesidad de impulsar el desarrollo, siempre que este no genere alteraciones al entorno.

Es importante resaltar que la elaboración de las siguientes listas de chequeo se fundamentó no solo en la percepción de las interacciones de los componentes del entorno con el Proyecto, sino también en un detallado análisis de la cartografía temática disponible, el juicio de expertos y la experiencia en identificación de impactos producidos por desarrollos similares en otras partes del país y del estado de Quintana Roo. Así el proyecto no solo genera información nueva y relevante para el SAR, sino que retoma la información disponible, mediante una retroalimentación científicamente fundamentada, para corroborar o desechar las hipótesis existentes.

Tabla 5. 7. Lista de chequeo para la etapa de preparación del proyecto. p: impacto positivo; n: impacto negativo.

No.	Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
1	Marcado, trazo y rescate	Biota marina	Densidad poblacional	Conservación de individuos rescatados	p	
		Flora	Densidad poblacional	Conservación de individuos rescatados	p	
		Fauna	Densidad poblacional	Conservación de individuos rescatados	p	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
			Generación de empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	
2	Limpieza de playa	Aire	Calidad	Contaminación por ruido		n
				Contaminación por gases y polvos		n
		Agua superficial	Calidad	Contaminación		n
		Flora	Densidad poblacional	Pérdida de individuos		n
		Fauna	Densidad poblacional	Pérdida de individuos		n
		Duna costera	Extensión	Pérdida de extensión		n
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
3	Nivelación y compactación	Suelo	Calidad	Modificación de las características físicas		n
				Contaminación por ruido		n
		Aire	Calidad	Contaminación por gases y polvos		n
				Contaminación		n
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas		n
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
<b>Total</b>					<b>7</b>	<b>11</b>

Tabla 5. 8. Lista de chequeo para la etapa de construcción del proyecto. p: impacto positivo; n: impacto negativo.

No.	Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo
4	Extracción de arena con draga	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
				Contaminación por gases y polvos	n
		Agua marina	Calidad	Aumento de turbidez	n
		Arenal somero	Volumen/área	Pérdida de arena	n
		Biota marina	Densidad poblacional	Pérdida de individuos	n
	Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
5	Transporte de arena	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
		Agua marina	Calidad	Contaminación	n
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p
6	Colocación y llenado de geotubos marinos	Agua marina	Calidad	Aumento de turbidez	n
		Sustrato marino	Profundidad, tipo de fondo	Modificación del fondo marino	p
		Biota marina	Densidad poblacional	Pérdida de individuos	n
			Hábitat	Generación de hábitat	p
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p
			Generación de empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p
		Dinámica litoral	Procesos de transporte de sedimentos	Alteración de la dinámica litoral	p
	Estabilización de la zona litoral		p		
	Playa	Superficie	Aumento de superficie de playa	p	
7	Colocación y llenado de geotubos en playa	Agua marina	Calidad	Aumento de turbidez	n
		Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
				Contaminación por gases y polvos	n
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas	n
		Playa	Superficie	Conservación de la superficie de playa	p
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p
	Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivos turísticos	p	
8	Excavación y llenado de tarquinas	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
				Contaminación por gases y polvos	n
		Suelo	Calidad	Contaminación	n
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas	n
		Fauna terrestre	Densidad poblacional	Pérdida de individuos	n
	Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
9	Vertido y distribución de arena en playa	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
				Contaminación por gases y polvos	n
		Suelo	Calidad	Contaminación	n
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas	p
		Playa	Superficie	Aumento de superficie de playa	p
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p
	Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivos turísticos	p	
10	Vertido y distribución de arena en caleta artificial	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n
				Contaminación por gases y polvos	n
		Suelo	Calidad	Contaminación	n
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas	p
		Playa	Superficie	Aumento de superficie de playa	p
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p
	Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivos turísticos	p	
11	Reforestación de duna costera	Flora terrestre	Densidad poblacional	Aumento de densidad	p
		Fauna terrestre	Hábitat	Generación de hábitat	p
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p
			Generación de empleos indirectos	Demanda de insumos	p

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL – CAPÍTULO 5

No.	Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
		Sucesión	Patrones de establecimiento de especies	Modificación de los patrones	p	
		Productividad primaria	Biomasa	Aumento en la producción de biomasa	p	
		Playa	Superficie	Mantenimiento de superficie de playa	p	
		Duna costera	Cobertura	Aumento de diversidad y cobertura	p	
12	Construcción de estructuras de protección	Agua marina	Calidad	Aumento de turbidez		n
		Sustrato marino	Profundidad, tipo de fondo	Modificación del fondo marino	p	
		Biota marina	Densidad poblacional	Pérdida de individuos		n
			Hábitat	Generación de hábitat	p	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
			Generación de empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	
		Dinámica litoral	Procesos de transporte de sedimentos	Alteración de la dinámica litoral	p	
			Playa	Superficie	Estabilización de la zona litoral	p
Paisaje	Alteración de geoformas	Aumento de superficie de playa	p			
13	Excavación en seco	Agua subterránea	Calidad	Contaminación de acuífero por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua subterránea	Hidrología subterránea	Modificación en la hidrología subterránea		n
		Agua superficial	Calidad	Contaminación de agua superficial por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua superficial	Patrones de escorrentía	Modificación en la hidrología superficial		n
		Aire	Calidad	Contaminación atmosférica por gases y polvos		n
		Aire	Calidad	Contaminación atmosférica por ruido		n
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
		Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	
		Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación del atractivo turístico	p	
		Suelo	Alteración de geoformas	Pérdida de suelo		n
		Suelo	Calidad	Contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Playa Rocosa	Área	Pérdida de cobertura		n
		Fauna Terrestre	Distribución	Desplazamiento de fauna silvestre		n
14	Colocación de malla impermeable	Agua Marina	Calidad	Modificación a la calidad de agua marina por suspensión de sedimentos		n
		Agua Marina	Calidad	Contaminación del agua marina por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
		Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	
15	Excavación en agua	Agua en caleta	Calidad	Modificación a la calidad de agua marina por suspensión de sedimentos		n
		Agua en caleta	Calidad	Contaminación de agua marina por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua Marina	Calidad	Modificación a la calidad de agua marina por suspensión de sedimentos		n
		Agua Marina	Calidad	Contaminación del agua marina por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua subterránea	Calidad	Contaminación de acuífero por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua subterránea	Hidrología subterránea	Modificación en la hidrología subterránea		n
		Suelo	Alteración de geoformas	Pérdida de suelo		n
		Suelo	Calidad	Contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
		Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL – CAPÍTULO 5

No.	Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
		Biota marina	Riqueza	Generación de hábitats para la biota marina / acuática	p	
16	Apertura de bocas de conexión y limpieza	Agua Marina	Calidad	Modificación a la calidad de agua marina por suspensión de sedimentos		n
		Agua Marina	Calidad	Contaminación del agua marina por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua subterránea	Calidad	Contaminación de acuífero por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Agua subterránea	Hidrología subterránea	Modificación en la hidrología subterránea		n
		Dinámica litoral	Conformación de la línea de costa	Alteración de dinámica litoral		n
		Paisaje	Naturalidad	Fragmentación del paisaje		n
		Paisaje	Geoforma	Alteración de geoformas		n
		Biota marina	Riqueza	Pérdida de vegetación marina		n
		Biota marina	Riqueza	Pérdida de individuos de fauna bentónica		n
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p			
17	Desmantelamiento de obras provisionales y limpieza general del sitio	Agua superficial	Calidad	Contaminación de agua superficial por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Aire	Calidad	Contaminación atmosférica por gases y polvos		n
		Aire	Calidad	Contaminación atmosférica por ruido		n
		Paisaje	Continuidad y contigüidad	Fragmentación del paisaje		n
		Suelo	Calidad	Contaminación de suelo por residuos sólidos, líquidos y peligrosos		n
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p			
<b>Total</b>					<b>48</b>	<b>61</b>



Tabla 5. 9. Lista de chequeo para la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. p: impacto positivo; n: impacto negativo.

No	Acción	Factor	Propiedad	Impacto	Signo	
18	Mantenimiento de estructuras de protección	Agua marina	Calidad	Aumento de turbidez	n	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
19	Reconformación de duna costera	Aire	Calidad	Contaminación por ruido	n	
				Contaminación por gases y polvos	n	
		Suelo	Calidad	Modificación de sus características físicas	n	
		Paisaje	Geoformas	Alteración de geoformas	p	
		Fauna terrestre	Densidad	Pérdida de individuos	n	
		Dinámica litoral	Procesos de transporte de sedimentos	Estabilización de la zona litoral	p	
		Playa	Superficie	Mantenimiento de la superficie	p	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
Generación de empleos indirectos	Demanda de insumos		p			
Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivo turístico	p			
20	Limpieza de playa	Flora terrestre	Densidad	Conservación de individuos	p	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
		Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivo turístico	p	
21	Acciones fitosanitarias	Flora terrestre	Densidad	Conservación de individuos	p	
		Agua superficial	Calidad	Contaminación	n	
		Empleos	Generación de empleos directos	Demanda de mano de obra y servicios	p	
		Oferta turística	Aumento de la oferta turística	Generación de atractivo turístico	p	
22	Mantenimiento de la caleta artificial y monitoreo	Biota marina	Riqueza	Generación de hábitats para la biota marina / acuática	p	
		Agua Marina	Calidad	Modificación a la calidad de agua marina por suspensión de sedimentos	n	
		Agua Marina	Calidad	Contaminación del agua marina por residuos sólidos, líquidos y peligrosos	n	
		Dinámica litoral	Conformación de la línea de costa	Alteración de dinámica litoral	n	
		Socioeconomía	Empleos directos	Demanda de mano de obra	p	
		Socioeconomía	Empleos indirectos	Demanda de insumos y servicios	p	
<b>Total</b>					<b>13</b>	<b>6</b>

### 5.2.7 Matrices de interacción

Las matrices de interacción permiten una visualización objetiva de la información disponible para el SAR en relación con los impactos ambientales identificados para el proyecto. La Matriz de Identificación de Impactos Ambientales (Matriz 5.1), consiste en una tabla que confronta cada actividad prevista por el proyecto con cada factor sobre el que incide, para calificar los impactos que pudieran provocarse y que fueron previamente identificados en la Lista de Chequeo (Tablas 5.7 a 5.9). Primero se identifica a los impactos negativos (N) y positivos (P) según el criterio de Gómez-Orea (2002), quien señala que el signo de un impacto mide la gravedad de éste cuando es negativo y el “grado de bondad” cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración.

Como en el caso de la Lista de Chequeo, esta matriz se fundamentó en el juicio de los expertos que participaron en la investigación ambiental del proyecto, en el análisis de la información cuantitativa generada con el SIG y en los datos arrojados por los estudios científicos desarrollados específicamente para los temas de vegetación, fauna, biota marina y dinámica litoral del SAR.

Su objetivo fue identificar las interacciones que producen impactos positivos (P) y negativos (N), mediante la ponderación de:

- El componente ambiental más afectado por el proyecto,
- La etapa que más efectos ambientales positivos o negativos provoca y
- Las actividades que generan la mayor recurrencia de cada impacto ambiental identificado.

Con la información obtenida de esta manera fue posible determinar las medidas de mitigación y compensación que se integraron a los programas que conforman el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental propuesto para el Proyecto y descrito en el Capítulo 6, así como establecer medidas precautorias para la no afectación de elementos, procesos o ecosistemas sensibles.



### 5.3 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Para calcular la significancia o relevancia de un impacto se consideraron dos variables: la magnitud y la incidencia.

La magnitud se define como la cantidad y calidad del factor modificado en términos relativos al marco de referencia adoptado<sup>2</sup> (Gómez-Orea 2002) y se calculó para la presente MIA-R a partir de las superficies por tipo de vegetación o ecosistema que será afectado de forma directa por el proyecto (superficie de aprovechamiento por tipo de ambiente o vegetación) y del estado de conservación de cada factor que será afectado de acuerdo a lo manifestado en los estudios científicos particulares realizados para el SAR delimitado (Anexos del Capítulo 8).

La incidencia se refiere a la severidad, grado y forma de la alteración, definidos por su intensidad y por la siguiente serie de atributos de tipo cualitativo: consecuencia, acumulación, sinergia, momento, reversibilidad, periodicidad, permanencia y recuperabilidad (Gómez-Orea 2002). Para calcular la incidencia se le asignó a cada uno de dichos atributos un valor entre 1 y 3 según las definiciones que se muestran en la Tabla 5.10.

**Tabla 5. 10.** Descripción de la escala de atributos para calcular la incidencia de los impactos.

Atributos	Escala		
	1	2	3
<b>Consecuencia (C)</b>	<b>Indirecto:</b> el impacto ocurre de manera indirecta.	No aplica	<b>Directo:</b> el impacto ocurre de manera directa.
<b>Acumulación (A)</b>	<b>Simple:</b> cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	No aplica	<b>Acumulativo:</b> cuando el efecto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
<b>Sinergia (S)</b>	<b>No Sinérgico:</b> cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	No aplica	<b>Sinérgico:</b> cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
<b>Momento Tiempo (T)</b>	<b>Corto:</b> cuando la actividad dura menos de 1 mes.	<b>Mediano:</b> la acción dura más de 1 mes y menos de 1 año.	<b>Largo:</b> la actividad dura más de 1 año.
<b>Reversibilidad del impacto (R)</b>	<b>A corto plazo:</b> la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo relativamente corto, menos de un año.	<b>A mediano plazo:</b> el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del sistema, pero el efecto permanece de 1 a 3 años.	<b>A largo plazo:</b> el impacto podrá ser revertido naturalmente en un periodo mayor a tres años, o no sea reversible.
<b>Periodicidad (Pi)</b>	<b>Aparición irregular:</b> cuando el efecto ocurre de manera ocasional.	No aplica	<b>Periódico:</b> cuando el efecto se produce de manera reiterativa.
<b>Permanencia (Pm)</b>	<b>Temporal:</b> el efecto se produce durante un período definido de tiempo.	No aplica	<b>Permanente:</b> el efecto se mantiene al paso del tiempo.
<b>Recuperabilidad (Ri)</b>	<b>Recuperable:</b> que el componente afectado puede volver a contar con sus características.	No aplica	<b>Irrecuperable:</b> que el componente afectado no puede volver a contar con sus características (efecto residual).

Fuente: Generación propia GPPA.

<sup>2</sup> Marco de referencia: espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de este MIA-R, se refiere al SAR definido.

Con base en el juicio de expertos, la Lista de Chequeo y la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales, se generó una Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales (Matriz 5.2) en donde se califica cada impacto según lo establecido en la Tabla 5.10 y de acuerdo con el factor ambiental y sus propiedades afectadas.

Con los resultados de dicho análisis se pudo calcular el Índice de Incidencia para cada impacto, mediante la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002)<sup>3</sup> y cuyos pasos se describen a continuación:

1. Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (Tabla 5.11).
2. El índice de incidencia de cada impacto se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que consiste en la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala (Expresión V.1):

$$I = C + A + S + T + Rv + Pi + Pm + Rc^4 \quad \text{Expresión V.1}$$

3. Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la expresión V.2.

$$\text{Incidencia} = I - I_{\min} / I_{\max} - I_{\min} \quad \text{Expresión V.2}$$

Siendo:

$I$  = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

$I_{\max}$  = el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 24, por ser 8 atributos con un valor máximo cada uno de 3.

$I_{\min}$  = el valor de la expresión en caso de que los atributos se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 8, por ser 8 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

La Matriz 5.2 permitió evaluar los impactos ambientales generados en términos de su importancia, y de este modo conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto e identificar y evaluar los impactos acumulativos y residuales, asociados directamente con los atributos de acumulación y recuperabilidad.

---

<sup>3</sup> Domingo Gómez Orea (2002), página 330

<sup>4</sup> Modificado de Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pag. 330



**Matriz 5. 2.** Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales.

Factor	Impacto	Signo del efecto	C	A	S	T	Rv	PI	Pm	Rc	Incidencia	Índice de incidencia	Rango
Playa	Aumento de superficie de playa	+	3	3	3	3	2	3	3	3	23	0.78	S
Socioeconómico	Generación de atractivo turístico	+	3	3	3	3	2	3	3	3	23	0.78	S
Arenal somero	Pérdida de arena	-	3	3	3	3	3	1	1	1	18	0.50	NS
Biota marina	Pérdida de individuos	-	3	3	3	2	2	1	1	1	16	0.39	NS
Dinámica litoral	Estabilización de la zona litoral	+	1	1	3	3	3	3	3	3	20	0.61	NS
Dinámica litoral	Alteración de la dinámica litoral	+	1	1	3	3	3	3	3	1	18	0.50	NS
Duna costera	Aumento de diversidad y cobertura	+	3	1	3	3	2	3	3	3	21	0.67	NS
Matorral costero	Pérdida de extensión	-	3	3	3	2	2	1	1	1	16	0.39	NS
Fauna terrestre	Pérdida de individuos	-	3	3	3	2	2	1	1	1	16	0.39	NS
Flora terrestre	Aumento de densidad	+	3	1	1	3	1	3	3	3	18	0.50	NS
Paisaje	Alteración de geoformas	-	3	3	1	2	2	1	3	3	18	0.50	NS
Playa	Mantenimiento de la superficie	+	1	1	3	3	2	3	3	3	19	0.56	NS
Suelo	Contaminación	-	3	1	3	3	2	3	1	1	17	0.44	NS
Sustrato marino	Modificación del fondo marino	+	3	1	1	3	1	1	3	3	16	0.39	NS
Agua marina	Contaminación	-	3	3	1	1	1	1	1	1	12	0.17	D
Agua marina	Aumento de turbidez	-	3	1	1	1	1	1	1	1	10	0.06	D
Agua superficial	Contaminación	-	3	1	3	2	1	1	1	1	13	0.22	D
Aire	Contaminación por ruido	-	3	1	3	1	1	1	1	1	12	0.17	D
Aire	Contaminación por gases y polvos	-	3	1	3	1	1	1	1	1	12	0.17	D
Arrecife coralino	Aumento de enfermedades	-	1	1	3	3	3	1	1	1	14	0.28	D
Biota marina	Generación de hábitat	+	3	1	3	3	1	1	1	1	14	0.28	D
Biota marina	Conservación de individuos	-	3	1	1	2	1	1	1	1	11	0.11	D
Crecimiento arrecifal	Disminución de la tasa de crecimiento	-	1	1	3	3	3	1	1	1	14	0.28	D
Fauna terrestre	Generación de hábitat	+	1	1	3	3	1	1	1	3	14	0.28	D
Fauna terrestre	Conservación de individuos	+	3	1	1	2	1	1	1	1	11	0.11	D
Flora terrestre	Conservación de individuos	+	3	1	1	2	1	1	1	1	11	0.11	D
Flora terrestre	Pérdida de individuos	-	3	1	3	2	2	1	1	1	14	0.28	D
Paisaje	Inserción de elementos discordantes	-	3	1	1	1	1	1	3	1	12	0.17	D
Productividad primaria	Aumento en la producción de biomasa	+	1	1	1	3	2	3	3	1	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de mano de obra y servicios	+	3	3	3	1	2	1	1	1	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de insumos	+	3	3	3	1	2	1	1	1	15	0.33	D
Sucesión	Modificación de los patrones	+	1	1	1	3	2	1	3	1	13	0.22	D
Suelo	Modificación de las características físicas	-	3	1	1	1	2	1	1	1	11	0.11	D

### 5.3.1 Jerarquización de impactos

La Matriz de Jerarquización de Impactos Ambientales (Matriz 5.3) es solamente una variante de la de Evaluación de Impactos Ambientales, pero tiene el objetivo de ordenar los impactos de mayor a menor para una mejor visualización de la jerarquía de los mismos.

Debido a que al estandarizar los valores obtenidos para el Índice de Incidencia el máximo valor posible es 1, los impactos se agruparon en 3 rangos de 0.33 que se muestran en la Tabla 5.11. La descripción de cada rango y su interpretación se ajustan a las especificidades del SAR en cuanto a la integridad de sus componentes, así como a la definición de impacto ambiental relevante citada en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

**Tabla 5. 11.** Rango de significancia de los impactos ambientales evaluados de acuerdo con su Índice de Incidencia.

Rango	Interpretación	Índice de Incidencia de
Significativo	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	0.68 o mayor
No significativo	Se compromete la integridad de elementos o procesos sin poner en riesgo la estructura y función de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.67
Despreciables	Alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	0.33 o menor

Fuente: Generación propia GPPA.

**Matriz 5. 3.** Matriz de Jerarquización de Impactos Ambientales. S, significativo; NS, no significativo; D, despreciable.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Índice de Incidencia	Índice de Incidencia	Rango
Playa	Aumento de superficie de playa	+	23	0.78	S
Socioeconómico	Generación de atractivo turístico	+	23	0.78	S
Arenal somero	Pérdida de arena	-	18	0.50	NS
Biota marina	Pérdida de individuos	-	16	0.39	NS
Dinámica litoral	Estabilización de la zona litoral	+	20	0.61	NS
Dinámica litoral	Alteración de la dinámica litoral	+	18	0.50	NS
Duna costera	Aumento de diversidad y cobertura	+	21	0.67	NS
Matorral costero	Pérdida de extensión	-	16	0.39	NS
Fauna terrestre	Pérdida de individuos	-	16	0.39	NS
Flora terrestre	Aumento de densidad	+	18	0.50	NS
Paisaje	Alteración de geoformas	-	18	0.50	NS
Playa	Mantenimiento de la superficie	+	19	0.56	NS
Suelo	Contaminación	-	17	0.44	NS
Sustrato marino	Modificación del fondo marino	+	16	0.39	NS
Agua marina	Contaminación	-	12	0.17	D
Agua marina	Aumento de turbidez	-	10	0.06	D
Agua superficial	Contaminación	-	13	0.22	D
Aire	Contaminación por ruido	-	12	0.17	D
Aire	Contaminación por gases y polvos	-	12	0.17	D
Arrecife coralino	Aumento de enfermedades	-	14	0.28	D
Biota marina	Generación de hábitat	+	14	0.28	D
Biota marina	Conservación de individuos	-	11	0.11	D
Crecimiento arrecifal	Disminución de la tasa de crecimiento	-	14	0.28	D
Fauna terrestre	Generación de hábitat	+	14	0.28	D
Fauna terrestre	Conservación de individuos	+	11	0.11	D
Flora terrestre	Conservación de individuos	+	11	0.11	D
Flora terrestre	Pérdida de individuos	-	14	0.28	D
Paisaje	Inserción de elementos discordantes	-	12	0.17	D
Productividad primaria	Aumento en la producción de biomasa	+	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de mano de obra y servicios	+	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de insumos	+	15	0.33	D
Sucesión	Modificación de los patrones	+	13	0.22	D
Suelo	Modificación de las características físicas	-	11	0.11	D

Los impactos ambientales que por su índice de incidencia resulten despreciables no serán considerados para la determinación de su magnitud y significancia. Sin embargo, esto no los excluye de su descripción más adelante en este mismo capítulo, ni del análisis para el establecimiento de las medidas de prevención, mitigación o compensación que se describen en el Capítulo 6 de la presente MIA-R. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que no todos los impactos identificados deben analizarse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse en los impactos clave (Gómez-Orea 2002).<sup>5</sup>

### 5.3.2 Determinación de la significancia

La determinación de la significancia o relevancia de un impacto es la tarea que muestra de forma más convincente el carácter multidisciplinario de la evaluación de impacto ambiental. Para poder estimar y medir la alteración de los diferentes componentes ambientales se requiere de un conocimiento profundo y especializado de los mismos, así como de la legislación que les afecta y de los criterios de evaluación utilizados por la comunidad científica. Por ello en esta etapa se requiere de manera más intensiva del juicio de expertos (Gómez Orea 2002).

#### 5.3.2.1 Criterio jurídico

La significancia de los impactos evaluados se determinó de acuerdo con la definición de “impacto significativo” establecida en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, que en su fracción IX del Artículo 3 dice a la letra:

*IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;*

Esta definición y su consecuente razonamiento, indican que no todos los impactos deben atenderse de la misma manera, sino que es necesario centrar la atención en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, sin menosprecio de las acciones que se puedan desarrollar para mitigar los impactos despreciables. Por ello es necesario describir y analizar los criterios que, con base en la definición arriba descrita, se consideraron en este caso. Para atender el requerimiento de la autoridad, en el capítulo 6 se consideran medidas para evitar, compensar o mitigar todos y cada uno de los impactos ambientales identificados, sin embargo, en este capítulo se hace énfasis en aquellos que son considerados en la legislación.

El atributo de significativo o relevante lo alcanza un impacto cuando el componente o subcomponente ambiental que recibirá el efecto del mismo adquiere la importancia especial reconocida en las leyes, en los planes y programas, en las NOM's, etc. respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos en alguna disposición aplicable para la protección al ambiente. En este último caso, es por ejemplo conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

---

<sup>5</sup> Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pág. 324

- Probablemente extinta en el medio silvestre.
- En peligro de extinción.
- Amenazada.
- Sujeta a protección especial.

El nivel de significancia del impacto que pudiera incidir sobre alguna de estas especies, radica en el estatus de protección que le asigne la Norma; así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de “en peligro de extinción” puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial. De esta forma, las medidas de mitigación ante tal impacto deberán ser diseñadas conforme a esta lógica, de tal forma que todos los impactos se encuentren atendidos en la justa medida de su significancia.

Igualmente, dentro de este criterio se consideran los límites y parámetros establecidos en los instrumentos legales, normativos y de política ambiental que de acuerdo a los Artículos 28 y 35 de la LGEEPA deben considerarse en la evaluación de impacto ambiental. Las acciones que se lleven a cabo en las diferentes etapas del proyecto deberán apuntalar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas.

### 5.3.2.2 Criterio ecosistémico (*integridad funcional*)

La *integridad funcional* de los ecosistemas está dada por la interacción entre sus componentes bióticos y abióticos de tal forma que se mantengan las múltiples funciones del ecosistema por tiempo indefinido (Crabbé et al. 1999). Callicot et al. (1997) la definen también como el conjunto de poblaciones de especies nativas en su abundancia y variedad históricas, que interactúan en comunidades bióticas naturalmente establecidas.

El nivel significativo de un impacto según este criterio se reconoce cuando es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y generar un desequilibrio ecológico (p.ej. reducción del gasto ecológico de un río, eliminando las condiciones de permanencia de un bosque de galería).

### 5.3.2.3 Criterio de calidad ambiental (*percepción del valor ambiental*)

La *valoración ambiental* está basada en un enfoque antropocéntrico y utilitario. Aunque no incluye todos los posibles valores, es más amplia de lo que parece y recoge o trata de recoger todos los que contribuyen a la satisfacción o bienestar de la humanidad. El medio ambiente o los bienes ambientales proporcionan distintos servicios a la humanidad que determinan su valor y son los siguientes (Linares y López, 2008):

- Fuente de recursos productivos: se puede medir por su contribución a la generación de beneficios en las actividades de producción.
- Sumidero de residuos: contribuyen a la función de producción y se pueden medir a partir de los precios de mercado de los bienes en cuya producción participan.
- Fuente de utilidad (no asociada a la producción): se deriva del disfrute de los bienes ambientales y puede tener carácter consuntivo (ej. pesca) o no (ej. senderismo), o simplemente a través del conocimiento de la protección de estos bienes (valor de existencia).

- Servicios de soporte a la vida en la Tierra. Regulación del clima, mantenimiento de la capa de ozono, ciclos hidrológicos y de nutrientes.

Una interpretación errónea del valor ambiental es estimar el mismo a partir del costo de reemplazo; es decir, determinarlo en función de lo que costaría sustituir los servicios del bien ambiental por otros similares, ya que esto no considera un gran número de beneficios que son irremplazables (Linares y López, 2008).

El carácter de significativo lo alcanza el impacto a partir del conocimiento generalizado existente sobre la importancia del recurso, ambiente o ecosistema para cubrir necesidades humanas o brindar servicios ambientales. Este criterio se basa en dictámenes técnicos o científicos, tales como los estudios realizados para la presente MIA-R.

#### 5.3.2.4 Criterio de capacidad de carga

La capacidad de carga es una herramienta de planificación usada principalmente en áreas naturales protegidas, que sustenta y requiere decisiones de manejo. La capacidad de carga es relativa y dinámica, porque depende de variables que constituyen apreciaciones y que según las circunstancias pueden cambiar.

Cualquier denominación de capacidad de carga debe basarse en los objetivos del área protegida, los cuales definen la categoría de manejo y limitan los usos que pueden darse dentro de ella. Puesto que la capacidad de carga de un sitio depende de las características particulares del mismo, debe ser determinada para cada lugar por separado (Cifuentes 1992).

La determinación de la capacidad de carga no debe ser tomada como un fin en sí misma ni como la solución a los problemas de visitación de un área protegida, ya que las decisiones en las que se basa, siendo humanas, estarán sujetas a consideraciones (o presiones) de orden social, económico y político que podrían desvirtuar la utilidad de la capacidad de carga como una herramienta de manejo (Cifuentes 1992).

En el caso que nos ocupa el Proyecto no se desarrolla dentro o en los límites de ningún área natural protegida. Es por ello que la significancia según este criterio se midió en razón de la posible afectación a la capacidad de asimilación, recuperación o renovación de recursos naturales en el SAR, de acuerdo con lo establecido en diversas Normas Oficiales Mexicanas.

#### 5.3.3 Análisis de resultados

En las listas de chequeo (Tabla 5.7 a Tabla 5.9), se presenta el análisis objetivo de los factores del entorno susceptibles de ser impactados y los tipos de impactos que podrán ser generados por cada actividad del proyecto. Esta lista es de gran certidumbre ya que en su realización se consideró tanto el juicio de los expertos participantes en la EIA de proyectos similares desarrollados en el mismo SAR, como los análisis de múltiples estudios realizados en la zona.

Considerando que las listas de chequeo y matrices de interacción tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos, estos tipos de impactos fueron identificados por el juicio de expertos e incorporados a dichas listas y matrices como factores de impacto ambiental a valorar.

Los resultados de estos análisis arrojan que la etapa que mayor número de impactos generará será la de construcción con 98, seguida por la de operación y mantenimiento con 25 y por la de



preparación con 16. Sin embargo, hay que destacar que no todos los impactos de cada etapa son del mismo signo. La etapa con mayor proporción de impactos negativos fue la de construcción, en donde éstos representan el 37.41% de los impactos totales; la etapa de preparación presentó un 7.19% de impactos negativos, mientras que la de operación y mantenimiento un 6.47%. El proyecto en su conjunto presentó un 51% de impactos negativos.

Por medio de la Matriz 5.1 se identificaron un total de 726 interacciones posibles proyecto-entorno, producto de 33 impactos incidentes en alguno de los 18 factores del medio susceptibles de afectación identificados, así como de 22 actividades componentes del proyecto. Sin embargo, sólo se identificaron 139 interacciones efectivas, que corresponden al 19% de las interacciones posibles.

Las actividades del proyecto que generarán mayor número de impactos negativos serán la extracción de arena con draga, las labores de preparación para la construcción de la duna artificial y la apertura de bocas en la caleta artificial. Las actividades con mayor número de impactos positivos serán la reforestación de la duna costera y la colocación estructuras de protección tanto temporales como permanentes.

Los factores del medio que recibirán mayor número de impactos negativos serán el aire y el agua marina. En contraste, los factores del medio con mayor número de impactos positivos serán el socioeconómico, la playa y la dinámica litoral.

El impacto negativo que se presentará con mayor frecuencia corresponde a la contaminación por ruido, seguido por el aumento de turbidez del agua marina y después por la contaminación del aire por gases y polvos. En cuanto a los impactos positivos, los de mayor frecuencia serán la demanda de mano de obra y servicios en primer lugar, la demanda de insumos en segundo lugar y posteriormente el aumento en el atractivo turístico de la zona.

Por otra parte, el análisis de los índices de incidencia (II) a partir de las matrices 5.2 y 5.3 muestra que ninguno de los impactos negativos identificados es significativo, mientras que 18% son no significativos y 33.3% son despreciables. Acerca de los impactos positivos, el 27.8% son significativos, el 50% no significativos y el 33% despreciables.

Los impactos positivos significativos identificados fueron la generación de atractivos turísticos, el aumento en la superficie de playa, el aumento en la diversidad y cobertura de la duna costera, la estabilización de la zona litoral y el mantenimiento de la superficie de playa.

De forma particular, se observó que, del total de los impactos identificados, sin importar el signo, el 63% fueron directos, el 25% fueron acumulativos, el 53% fueron sinérgicos, el 40% fueron de largo plazo, el 13% fueron reversibles solo a largo plazo, el 23% fueron de aparición irregular, el 30% fueron permanentes y el 23% fueron irrecuperables. Los impactos acumulativos y residuales se analizan de forma particular en los apartados 5.3.6 y 5.3.7 de este mismo capítulo.

#### 5.3.4 Magnitud de los impactos evaluados

Los impactos más significativos de acuerdo con su magnitud correspondieron a la afectación de arenales someros en el ambiente marino y a la playa arenosa y duna costera en el terrestre (Tabla 5.12, Figura 5. 6 y Figura 5. 7).

**Tabla 5. 12.** Superficies de aprovechamiento del Proyecto con respecto al SAR marino y terrestre.

SAR MARINO COSTERO (PROYECTO)		SUPERFICIE TOTAL EN EL SAR MARINO COSTERO (PROYECTO)		APROVECHAMIENTO DEL PROYECTO	
		ha	%	ha	% relativo al SAR marino costero (proyecto)
Ambientes Marinos	Arenal	10.53	4.50	0.82	0.35
	Arrecife frontal exterior	112.94	48.27		
	Arrecife frontal interior	19.83	8.48		
	Arrecife posterior	2.76	1.18	0.08	0.03
	Canal de arena	25.18	10.76		
	Fondo rocoso	0.01	0.00	0.01	0.00
	Roca emergida	0.03	0.01		
	Transición barlovento profunda	29.00	12.39		
	Transición barlovento somera	13.25	5.66	0.15	0.06
Tipos de vegetación o uso	Halófila pionera sobre playa arenosa	4.03	1.72	0.05	0.02
	Halófila pionera sobre playa rocosa	6.42	2.74	1.26	0.54
	Manglar	0.13	0.06		
	Matorral costero	6.39	2.73	0.11	0.05
	Modelado antrópico	1.45	0.62		
	Selva de transición	2.01	0.86		
	Selva mediana	0.02	0.01		
<b>SUBTOTAL SAR PROYECTO</b>		<b>233.98</b>	<b>100.00</b>	<b>2.48</b>	<b>1.06</b>

**Tabla 5. 13.** Superficie del polígono de banco de arena sobre el SAR marino costero de extracción.

SAR MARINO COSTERO (EXTRACCIÓN)		SUPERFICIE TOTAL EN EL SAR MARINO COSTERO (EXTRACCIÓN)		UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE ARNEA	
		ha	%	ha	% relativo al SAR marino costero (extracción)
Ambientes Marinos	Arenal profundo	146.60	42.95	6.41	1.88
	Arenal somero	44.23	12.96		
	Cresta arrecifal	6.13	1.80		
	Laja c/algas	23.95	7.02		
	Laja c/gorgonáceos	111.07	32.54		
	Laja c/pedacearía	1.51	0.44		
	Laja c/sedimentos	1.21	0.36		
	Laja c/sedimentos y algas	0.09	0.03		
	Pastizal	0.56	0.16		
Tipos de vegetación	Modelado antrópico	0.33	0.10		
	Playa arenosa	5.29	1.55		
	Vegetación secundaria	0.31	0.09		
<b>SUBTOTAL SAR EXTRACCIÓN</b>		<b>341.30</b>	<b>100.00</b>	<b>6.41</b>	<b>1.88</b>

Cabe mencionar que, en el SAR marino costero de extracción no habrá afectación a la superficie total de los ambientes en esa área, solamente se realizará la extracción de 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena.

Figura 5. 6. Plano de las áreas de aprovechamiento sobre los ambientes del SAR marino terrestre del proyecto.

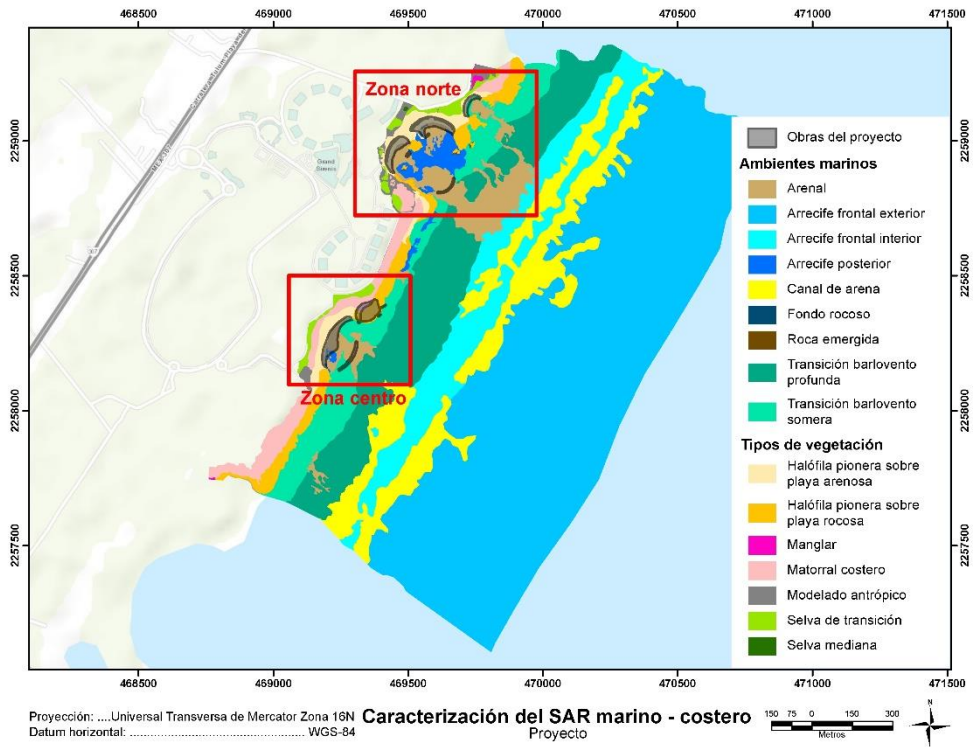
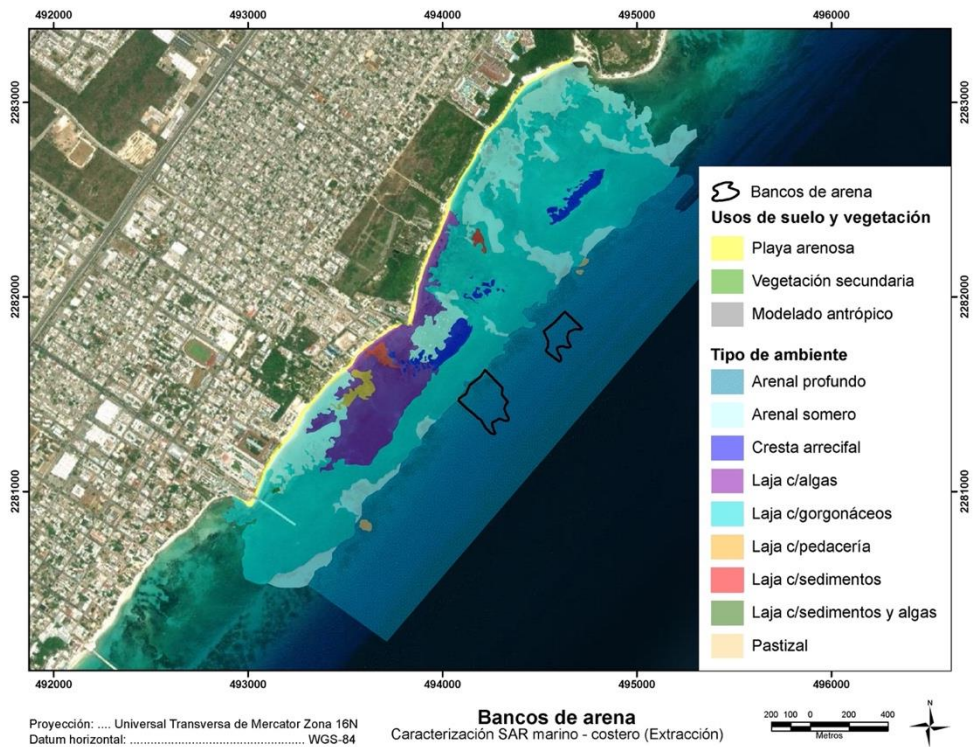


Figura 5. 7. Ubicación de los bancos de arena sobre los ambientes marinos costeros del SAR de extracción.

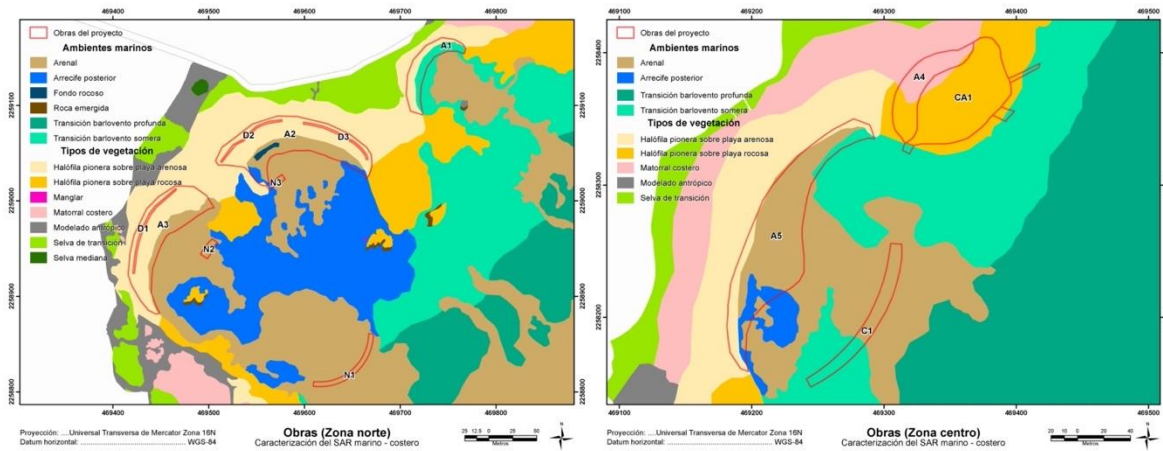


5.3.4.1 Arenales

En cuanto a superficie, el desarrollo de las obras y actividades del proyecto requerirá del aprovechamiento de 0.82 ha en el arenal somero del SAR del proyecto. En el SAR de extracción el aprovechamiento de los bancos se realizará en un arenal profundo en un polígono de 6.41 ha de superficie. La extracción de la arena no implicará cambio en la superficie de este ambiente marino.

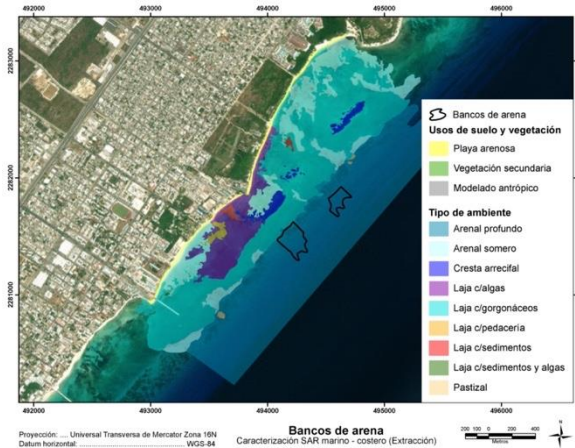
El total de aprovechamiento del proyecto con relación a los ambientes del SAR del proyecto corresponde al 0.35% (Figura 5. 8 y Figura 5. 9).

Figura 5. 8. Imagen de las áreas ocupadas por los diferentes componentes del proyecto y su relación con los ambientes marinos identificados en el SAR del proyecto.



Fuente: Elaboración propia GPPA.

Figura 5. 9. Ubicación de los bancos en el arenal profundo.



Del total de aprovechamiento propuesto en arenal somero 6.41 ha corresponden al aprovechamiento de los bancos de arena SIR-1 y SIR-2, de donde se obtendrán 39,734.72 m<sup>3</sup> de arena. En la etapa de construcción se requerirá 24,234.72 m<sup>3</sup> de arena y en la etapa de operación y mantenimiento se obtendrán 15,499.88 m<sup>3</sup>. El volumen de arena a extraer por banco se observa en la siguiente Tabla 5.14.



**Tabla 5. 14.** Volumen de arena a extraer de cada uno de los bancos seleccionados para el Proyecto.

Banco	Superficie (ha)	Volumen estimado del Banco (m <sup>3</sup> )	Volumen para el proceso constructivo del proyecto (m <sup>3</sup> )	Volumen para el mantenimiento del proyecto (m <sup>3</sup> )	Distancia aproximada a la línea de costa (m)
SIR-1	2.2	12,818.0	5,393.1	7,424.9	33000
SIR-2	4.3	26,916.6	18,841.62	8,074.98	33000
<b>Total</b>	<b>1.32</b>	<b>39,734.6</b>	<b>24,234.72</b>	<b>15,499.88</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración propia GPPA.

Este impacto no se considera significativo debido a que los arenales afectados representan un pequeño porcentaje de los arenales del SAR y a que el aprovechamiento sucederá una sola vez, lo que permitirá que los bancos de arena se recuperen paulatinamente debido a la dinámica litoral que impera en la zona.

#### 5.3.4.2 Biota marina

Por otro lado, el impacto de la explotación de los bancos de arena en la biota marina no será significativo debido a que ésta es muy escasa en dicho ambiente.

El banco SIR-1 abarca la parte más somera del polígono, en un rango de profundidad que va desde los 14 hasta los 17 metros. El sustrato es de arena fina de color claro, con un grosor de arena mayor a 50 cm más o menos uniforme, y con escasa presencia de biota marina conspicua, y nula presencia de vegetación como pastos marinos o macroalgas. En algunas partes se pueden observar los hoyos que hacen sobre la arena las rayas cuando están comiendo, lo que es una evidencia indirecta de su presencia. Se observaron algunos peces, sobre todo los que se entierran entre la cama de arena de la especie *Heteroconger halis*. La presencia de vegetación marina es prácticamente nula (Figura 5. 10).

**Figura 5. 10.** Imágenes del arenal profundo obtenidas del estudio de caracterización de bancos de arena.



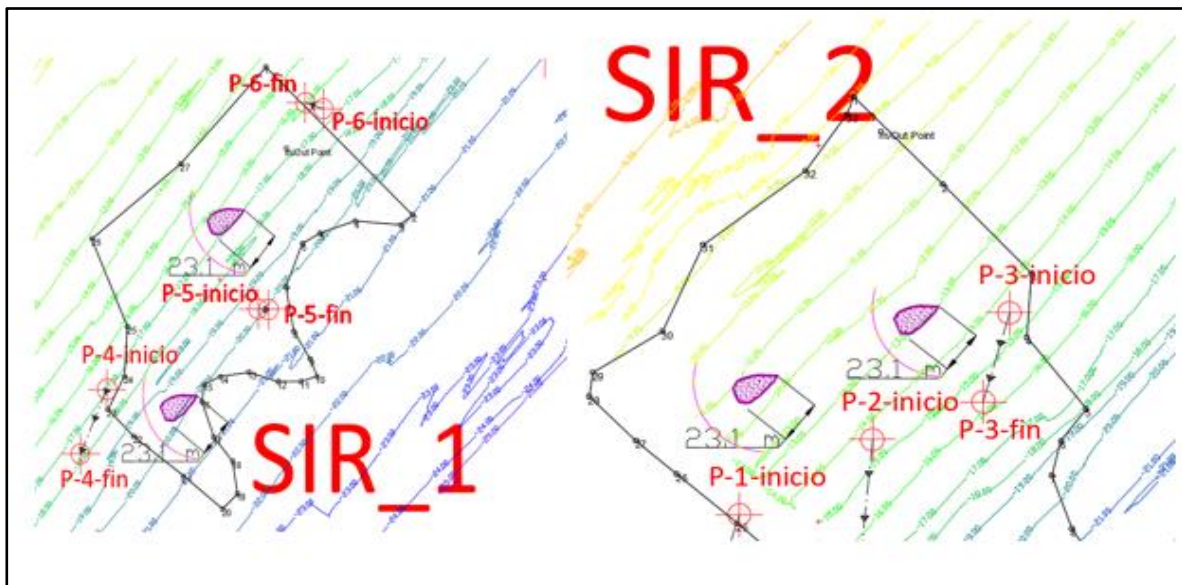


**Figura 5. 11.** se observan ejemplares de la especie *Strombus pugilis* (izq.) y una masa ovígera sobre la arena



Por último, se destaca que el impacto ocasionado a la biota marina en los arrecifes aledaños debido a la resuspensión de sedimentos y su posterior depositación sobre los organismos marinos, será el menor posible gracias a que los sitios de extracción y vertido de arena fueron seleccionados cuidadosamente, después de un análisis de varios sitios potenciales, considerando tanto las características de los sedimentos que los conforman, como su profundidad, su cercanía a los arrecifes coralinos y la dirección predominante de las corrientes. Se colocarán mallas geotextiles durante los procesos de extracción, transporte y depósito de arena en zonas estratégicamente seleccionadas para garantizar que la dispersión de sedimentos sea mínima y no se dirija hacia la zona de arrecifes (**Figura 5. 12**).

**Figura 5. 12.** Ejemplo de colocación de malla antidispersión para protección de la biota marina.



Durante la succión de arena se colocarán mallas de geotextil para evitar que los sedimentos viajen hacia los arrecifes coralinos. No se considera que exista posibilidad de riesgo ecológico por contaminación del agua debido a que solo se moverá arena del fondo marino hacia la playa. Asimismo, no existen formaciones coralinas importantes cerca del área de trabajo, a excepción de pequeños agregados coralinos al Noreste, los cuales serán protegidos por la malla geotextil que

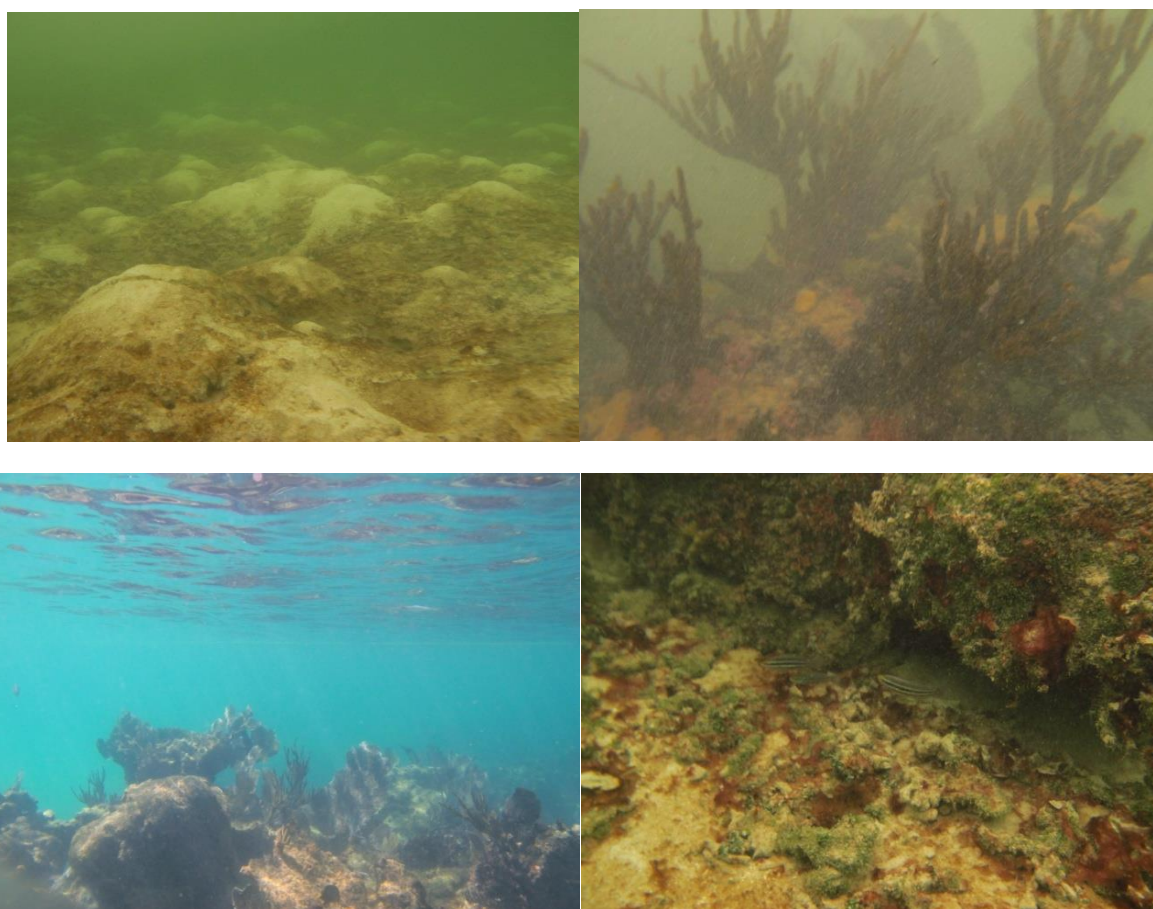
detendrá el movimiento de sedimentos para que caigan por gravedad sobre el mismo banco de arena.

#### 5.3.4.3 Arrecife posterior y fondo rocoso

La parte somera de Bahía Xaac y la Bahía Grande corresponde a un Arrecife Posterior, el cual se encuentra asociado a la estructura rocosa emergida ubicada en medio de ambas bahías. En su parte más profunda la base calcárea que conforma este arrecife está formada por la acumulación de esqueletos de *Acropora cervicornis* en la parte inferior y de *Acropora palmata* en la parte superior, así como de *Agaricia agaricites* y *Porites astreoides* en otras áreas, y sobre esta estructura crecen corales de diversos tipos, tanto duros como blandos. En la parte más somera de la base calcárea y colindante a los arenales se ubican algas e invertebrados sésiles como son los balanos o percebes.

La base calcárea colindante con la playa será afectada por el relleno de arena, se calcula la superficie de 0.08 ha los cuales representan el 0.03% de su superficie en el SAR y el fondo rocoso tendrá una afectación en 0.01 ha (**Figura 5. 13**).

**Figura 5. 13.** Vista de la zona profunda del arrecife posterior y del fondo rocoso del área cercana al proyecto.



#### 5.3.4.4 Transición barlovento somera

Asociada a la playa arenosa y rocosa se ubica la transición barlovento somera, consiste de la laja calcárea lisa cubierta de una capa de sedimentos, por lo que el relieve es muy bajo. Sobre esta laja calcárea se asientan algunas colonias de coral masivas, siendo dominantes las de crecimientos masivos, como las del género *Diploria*, *Siderastrea* y algunas de la especie *Montastrea annularis*.

La afectación en este ambiente está asociado a la apertura de las bocas de la caleta artificial y al relleno de arena en la Bahía Grande. Se cuantifica la superficie de 0.15 ha representando el 0.06% de la superficie en el SAR (**Figura 5. 14**).

**Figura 5. 14.** Imágenes de la transición barlovento somera sin relieve.



#### 5.3.4.5 Vegetación halófila (halófila)

Se cuantifica el aprovechamiento de 0.05 ha de vegetación halófila de playa (0.02% del SAR) el cual está asociado al relleno y conformación de la duna artificial. Además, se cuantifica el aprovechamiento de 1.26 ha de la playa rocosa o vegetación halófila sobre la roca (0.54% del SAR), y que corresponde a la construcción de la caleta artificial y la creación de una playa en la caleta.

La vegetación halófila dentro del SAR se distribuye formando una franja que bordea el límite con el Mar Caribe, de ancho variable. La mayor parte se desarrolla sobre playa de roca caliza que forma pequeñas oquedades en donde se pueden establecer algunas especies adaptadas a las duras condiciones de ese ambiente, como la intensa radiación solar, la exposición a la brisa marina y la escasez de sustrato (Figura 5. 15).

También se encuentra vegetación halófila que colinda con el matorral costero y sobre las playas arenosas del SAR



**Figura 5. 15.** Imágenes de la vegetación halófila encontrada dentro de los límites del SAR. Arriba y centro: vegetación halófila sobre playa rocosa. Abajo: vegetación halófila sobre playa arenosa y frente de playa.



#### 5.3.4.6 *Matorral costero*

El matorral costero tendrá una afectación de 0.11 ha (0.05% del SAR), derivado del proceso de relleno de playa y conformación de la duna artificial.



La vegetación de Matorral Costero dentro del SAR del proyecto se desarrolla formando una franja de entre 40 y 60 m de ancho que bordea el límite con las playas rocosas y arenosas. En la porción de tierra que divide la Bahía de Yalkuito de la playa arenosa adyacente al Sur, el Matorral Costero constituye un manchón redondo de 160 m de diámetro (Figura 5. 16).

**Figura 5. 16.** Imágenes del Matorral Costero dentro del SAR del proyecto.



En conclusión, el desarrollo del proyecto no afectará significativamente las áreas de arenal, playa y ambientes marinos en su permanencia o funcionamiento de los ecosistemas del SAR o las especies que en estos ecosistemas habitan, ya que no eliminará por completo los componentes ambientales asociados con ellos, tales como sus elementos, estructura y procesos, y por el contrario, en el caso de la duna y la playa mejorará su calidad ambiental, en cuanto a la zona de arenales los impactos ocasionados por la pérdida de arena e individuos de infauna son poco significativos si se toma en consideración la extensión de estos sitios en relación con el SAR. En ningún caso las acciones a realizar por el proyecto ponen en riesgo especies o poblaciones de biota marina. Por el contrario, la construcción de estructuras de protección generará un hábitat para la colonización de biota marina lo que se considera un impacto positivo.

Asimismo, el desarrollo del Proyecto no provocará que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción ya que en el predio no se encontraron especies endémicas o en riesgo que no existan en otras áreas de SAR y de la región noreste de la península de Yucatán, quedando excluidas de los supuestos establecidos en el artículo 35 de la LGEEPA.



### 5.4 Significancia de los impactos evaluados

A continuación, se presentan los resultados del análisis de significancia para cada uno de los impactos ambientales identificados, con relación a los factores del ambiente sobre los que inciden como resultado del desarrollo del Proyecto (Tabla 5. 15). Para facilitar el análisis y la interpretación de los resultados, algunos factores se agruparon si su relación era lo suficientemente estrecha, y se excluyeron los impactos clasificados como despreciables en la Matriz 5.3, ya que se consideró que ninguno de ellos podría alterar la integridad ecológica del SAR ni provocar sinergias negativas para el ambiente. Los impactos despreciables se analizan en el punto 5.4.

**Tabla 5. 15.** Factores ambientales e impactos agrupados en términos de su significancia para el Proyecto.

Factor	Impacto	Signo del efecto	Incidencia	Índice de incidencia	Rango
Playa	Aumento de superficie de playa	+	23	0.78	S
Socioeconómico	Generación de atractivo turístico	+	23	0.78	S
Arenal somero	Pérdida de arena	-	18	0.50	NS
Biota marina	Pérdida de individuos	-	16	0.39	NS
Dinámica litoral	Estabilización de la zona litoral	+	20	0.61	NS
Dinámica litoral	Alteración de la dinámica litoral	+	18	0.50	NS
Duna costera	Aumento de diversidad y cobertura	+	21	0.67	NS
Matorral costero	Pérdida de extensión	-	16	0.39	NS
Fauna terrestre	Pérdida de individuos	-	16	0.39	NS
Flora terrestre	Aumento de densidad	+	18	0.50	NS
Paisaje	Alteración de geoformas	-	18	0.50	NS
Playa	Mantenimiento de la superficie	+	19	0.56	NS
Suelo	Contaminación	-	17	0.44	NS
Sustrato marino	Modificación del fondo marino	+	16	0.39	NS
Agua marina	Contaminación	-	12	0.17	D
Agua marina	Aumento de turbidez	-	10	0.06	D
Agua superficial	Contaminación	-	13	0.22	D
Aire	Contaminación por ruido	-	12	0.17	D
Aire	Contaminación por gases y polvos	-	12	0.17	D
Arrecife coralino	Aumento de enfermedades	-	14	0.28	D
Biota marina	Generación de hábitat	+	14	0.28	D
Biota marina	Conservación de individuos	-	11	0.11	D
Crecimiento arrecifal	Disminución de la tasa de crecimiento	-	14	0.28	D
Fauna terrestre	Generación de hábitat	+	14	0.28	D
Fauna terrestre	Conservación de individuos	+	11	0.11	D
Flora terrestre	Conservación de individuos	+	11	0.11	D
Flora terrestre	Pérdida de individuos	-	14	0.28	D
Paisaje	Inserción de elementos discordantes	-	12	0.17	D
Productividad primaria	Aumento en la producción de biomasa	+	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de mano de obra y servicios	+	15	0.33	D
Socioeconómico	Demanda de insumos	+	15	0.33	D
Sucesión	Modificación de los patrones	+	13	0.22	D
Suelo	Modificación de las características físicas	-	11	0.11	D

El análisis se presenta por medio de una ficha por cada factor ambiental, la cual incluye los siguientes elementos: a) Factor y propiedad; b) Síntesis de caracterización del factor; c) Impactos previsibles y su índice de incidencia; d) Determinación de la relevancia que se le asigna; y e) Razonamientos para dicha determinación.

**Tabla 5. 16.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Paisaje.

Síntesis de caracterización			
<b>1. Factor: Paisaje</b>	<p>El proyecto se ubica en la zona noreste de la Península de Yucatán, sobre rocas calizas del cuaternario de origen biogénico, en un relieve sensiblemente plano.</p> <p>La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia geomórfica Zona Costera, la cual comprende gran parte de la costa oriente de la Península de Yucatán, misma que contiene playas rocosas y angostas, costas abruptas, playas semicirculares, caletas y manantiales submarinos. Específicamente en el área del proyecto se desarrolla la subdivisión geomórfica de playa, formada por depósitos del reciente asociados a erosión marina.</p> <p>El área del proyecto se encuentra en la unidad de suelos litosol y rendzinas. Por otra parte, dentro de la zona de estudio existe un sólo tipo de depósito del reciente y son suelos residuales producto de la alteración por intemperismo.</p> <p>En cuanto a la hidrología, el SAR donde se ubica el área del proyecto, como el resto de la Península de Yucatán, presenta una hidrología de tipo subterránea, propia de los paisajes cársticos con ríos subterráneos, cenotes, ojos de agua cavernas y grutas. La relativamente alta precipitación y la gran capacidad de infiltración del sustrato son propicias para la renovación del agua subterránea y la recarga en grandes porciones del territorio. En el SAR existen diferentes cuerpos de agua entre los que se destacan ríos superficiales, cenotes, abrevaderos, cuerpos de agua artificiales, entre otros. La superficie contabilizada para este concepto es de 34.08 ha que representa el 6.00 % del total del SAR.</p> <p>En cuanto a la vegetación, en el SAR se desarrolla selva baja subcaducifolia, selva de transición o ecotono, manglar y vegetación de matorral costero. En el área del proyecto se desarrolla manglar y vegetación halófila de duna costera. Las especies dominantes son de tipo herbáceo con una altura máxima de 37.7 cm. La playa es arenosa, muy angosta (menos de 3 m en promedio) y se encuentra desprovista de vegetación en su mayor parte debido a la presencia de infraestructura turística. En el área del proyecto existen edificaciones e infraestructura de tipo hotelera que fragmenta el paisaje tanto de la playa como en la duna costera. Los huracanes son comunes en la zona y determinan en gran medida los elementos del paisaje y su calidad.</p> <p>En el área del proyecto la superficie marina no presenta salientes tales como macizos rocosos o coralinos, boyas o faros que interrumpan la continuidad del paisaje.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.63	Alteración de geformas	Elemento	<p>Este impacto neto será negativo, directo, acumulativo, sinérgico y de largo plazo, sin embargo, también tendrá efectos positivos. Lo provocarán las acciones de nivelación y compactación de la playa, así como la excavación de tarquinas.</p> <p>La nivelación y compactación de la playa requerirá de maquinaria pesada para remover arena en donde sea necesario y nivelar el terreno. Esto implicará el cambio de la geoforma original que está dada por una acumulación de arena de hasta 1.5 m.s.n.m. con una pendiente muy poco pronunciada. Sin embargo, esta geoforma actualmente es muy vulnerable a la erosión tanto eólica como provocada por el oleaje, por lo que al ser sustituida por una duna artificial mucho mejor conformada y de mayor altura, este impacto se volverá positivo.</p> <p>En cuanto a la excavación de tarquinas, estas implicarán una alteración de la geoforma de la playa al crear huecos de 8 m de ancho, 8 m de largo y 1.5 m de profundidad. Sin embargo, este impacto será solo temporal y de corto plazo ya que el material extraído de las tarquinas se utilizará para rellenarlas cuando ya no sean necesarias y luego se cubrirán con arena del banco de préstamo, integrándose a la nueva geoforma de playa y duna costera (</p> <p>Figura 5. 17).</p>

**Figura 5. 17.** Ejemplo de colocación de la tarquina y la bomba sumergible.

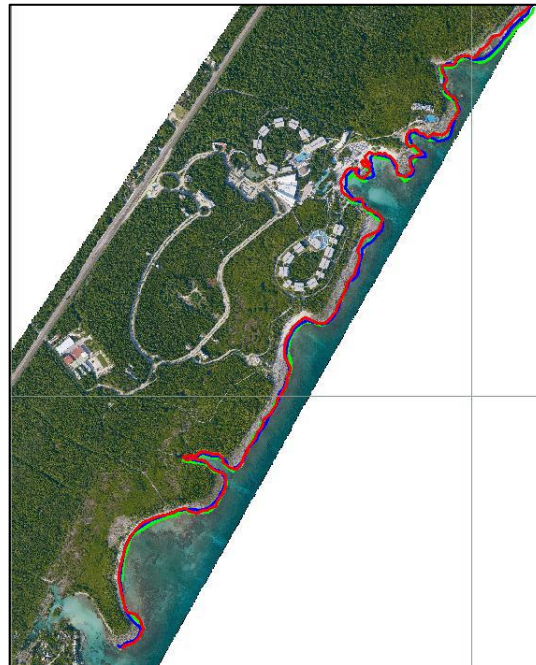


**Tabla 5. 17.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Dinámica litoral.

<b>Síntesis de caracterización</b>			
<b>2. Factor: Dinámica litoral</b>	<p>Con base en la información obtenida de imágenes referenciadas, se observa que la línea de costa en el SAR del proyecto presenta una tendencia hacia la retrogradación.</p> <p>Adicionalmente se realizó un análisis retrospectivo sobre la línea de costa en el SAR del proyecto, como muestran los resultados de comparaciones de la cota 0.00 obtenidas a través de imágenes satelitales referenciadas durante los años 2006, 2010 y 2016. Los resultados demuestran un proceso de pérdida de playa arenosa y una playa rocosa estable. El análisis demuestra que la línea de costa no ha sido modificada por acción directa del hombre, la pérdida de playa se deriva por el paso de fenómenos climatológicos extremos como son los huracanes. Además, se puede una costa rocosa que difícilmente puede ser modificada en el corto y mediano plazos.</p> <p>El análisis granulométrico muestra que la zona está gobernada por arenas finas y medias con muy poco material fino (<math>D_{50}</math> entre 0.3 y 0.7 mm). El material que conforma las playas es homogéneo (mal graduado), por lo que es proclive a erosionar fácilmente durante un evento de alta energía. Asimismo, debido a que el material es de baja densidad (lo cual es típico de arenas biogénicas), su disposición a ser removido es aún mayor. Las arenas en el área de estudio se encuentran en una condición de movimiento incipiente, es decir, basta con un pequeño aumento en la energía del oleaje o alguna alteración de tipo antrópico para que inicie el transporte de material. De igual forma existe una condición de baja trabazón ofrecida por la forma, baja densidad y mala graduación de la arena. Todo lo anterior, combinado con la escasez de fuentes de material (la generación biogénica es muy pobre) y con la baja velocidad de caída y la ocurrencia de eventos extremos, explica la pobre resiliencia del sistema respecto de la erosión costera.</p> <p>Con relación a la corriente, es un sistema complejo, sin embargo, la constante de la corriente es que mantiene su flujo paralelo a la costa hacia el Canal de Yucatán. Las variaciones en la costa se deben a la fusión de variables atmosféricas y oceánicas, que interactúan con una compleja batimetría, dada por la presencia de plataformas someras extensas junto a un canal que adquiere grandes profundidades a poca distancia.</p>		
	I.I	Impacto	Nivel
0.63	Alteración de la dinámica litoral	Proceso	<p>Este impacto será positivo, indirecto, sinérgico y de largo plazo, provocado principalmente por la colocación de estructuras de protección. Las técnicas y materiales seleccionados para su construcción han sido utilizados en otros lugares de la República Mexicana y del mundo con excelentes resultados con el fin de recuperar áreas perdidas por la acción del oleaje en orillas de ríos y costas. Estas estructuras evitan que la arena que llega a la playa se regrese al mar con la fuerza de la resaca (entiéndase por resaca la corriente que regresa el agua de la ola al mar, y que circula por debajo de las nuevas olas).</p> <p>Las protecciones marinas que serán colocadas como parte del proyecto frente al predio del proyecto refractarán el oleaje y lo harán menos intenso. Las olas continuarán su camino hacia la costa con un ángulo diferente y chocarán entre sí detrás de cada protección.</p> <p>Las estructuras de protección constituyen una estructura masiva que ayudará a disipar la energía del oleaje, ya que el arrecife natural no es capaz de hacerlo por completo y si la marea se eleva por efecto de una tormenta la protección que brinda es aún menor.</p> <p>Este impacto se considera positivo ya que disminuirá el proceso erosivo de la costa, manteniendo la superficie de playa, manglar y duna costera, con todos los beneficios que esto conlleva para la flora, fauna y socio-economía local.</p> <p>Finalmente es importante destacar que en cuanto a la dinámica litoral del SAR no se consideró un impacto negativo pues el proyecto se diseñó de manera que, si bien las obras solo se pueden hacer dentro de los límites del predio, los predios colindantes no sufrieran afectaciones en sus frentes de playa. A este respecto cabe mencionar que el efecto de las estructuras que se planea construir es local y dada la distancia a la que se encuentran de la playa, la erosión que pudieran generar en los terrenos vecinos es marginal. Adicionalmente, el proyecto incluye un relleno artificial de arena. Este material depositado en la playa frente al proyecto necesariamente sufrirá un proceso de redistribución, el cual proveerá de pequeños volúmenes de arena a los vecinos de dichos desarrollos. De modo que cualquier impacto a las zonas vecinas sería positivo.</p> <p>Finalmente, la arena que viaje hacia el Norte del SAR encontrará como límite la caleta Bahía Xaac, por lo que no podrá seguir avanzando. Este material que se acumule tenderá a robustecer la punta y con ello se favorecerá, a largo plazo, la estabilidad de toda la celda litoral.</p>

0.75	Estabilización de la zona litoral	Proceso	<p>Este impacto será positivo, indirecto, sinérgico, de largo plazo y residual. La colocación de las estructuras de protección, así como la reconfiguración de la duna costera, generarán condiciones propicias para la estabilización de la zona litoral en el área del proyecto ya que disminuirán la intensidad del oleaje y el ángulo de incidencia del mismo, reduciendo el transporte de arena de la playa hacia el mar. Por otra parte, la construcción de la duna artificial también estabilizará la línea de costa, ya que protegerá la zona posterior a ella de los embates del oleaje y vientos de tormenta. La altura contemplada de +3 m.s.n.m. garantiza su efectividad como protección contra el oleaje de tormenta.</p> <p>Una vez construidos las estructuras de protección permanentes se generará una barrera que evitará la pérdida de arena en la zona del proyecto, lo cual estabilizará el ancho de la playa, por lo que ya no será necesaria la protección brindada por las estructuras de protección. El ancho de playa podrá variar a lo largo del año, sin embargo, la arena solo se moverá hacia el norte o el sur del área protegida por las estructuras de protección permanentes, por lo que en términos netos se conservará el ancho de la playa y se mantendrá estable la zona litoral.</p> <p>Este impacto también se considera positivo ya que evitará la necesidad de rellenar la playa constantemente para conservarla, eliminando así la probabilidad de afectar al ecosistema. Asimismo, preservará las condiciones de granulometría y ancho de la playa, manteniendo su valor socioeconómico y proporcionando sitios de descanso, reproducción y alimentación a diversas especies de fauna nativa.</p>
------	-----------------------------------	---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

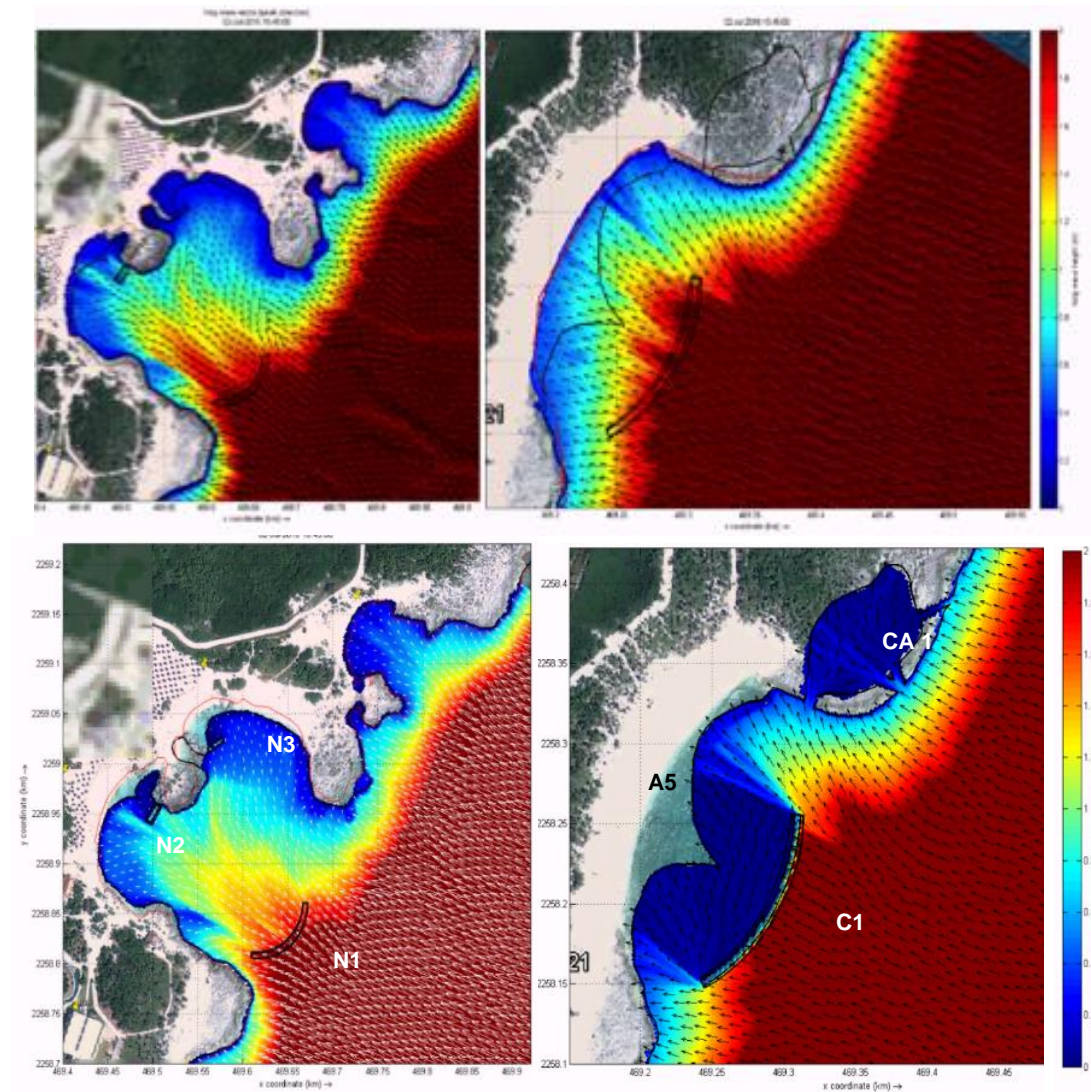
**Figura 5. 18.** Líneas de costa frente al proyecto entre años 2006 (verde), 2010 (azul) y 2016 (rojo).



Fuente: GPPA elaboración propia.



**Figura 5. 19.** Modelos computarizados del comportamiento del oleaje proveniente del Este en la zona del proyecto. Arriba: altura del oleaje sin estructuras de protección permanentes; abajo: altura del oleaje con estructuras de protección permanentes.

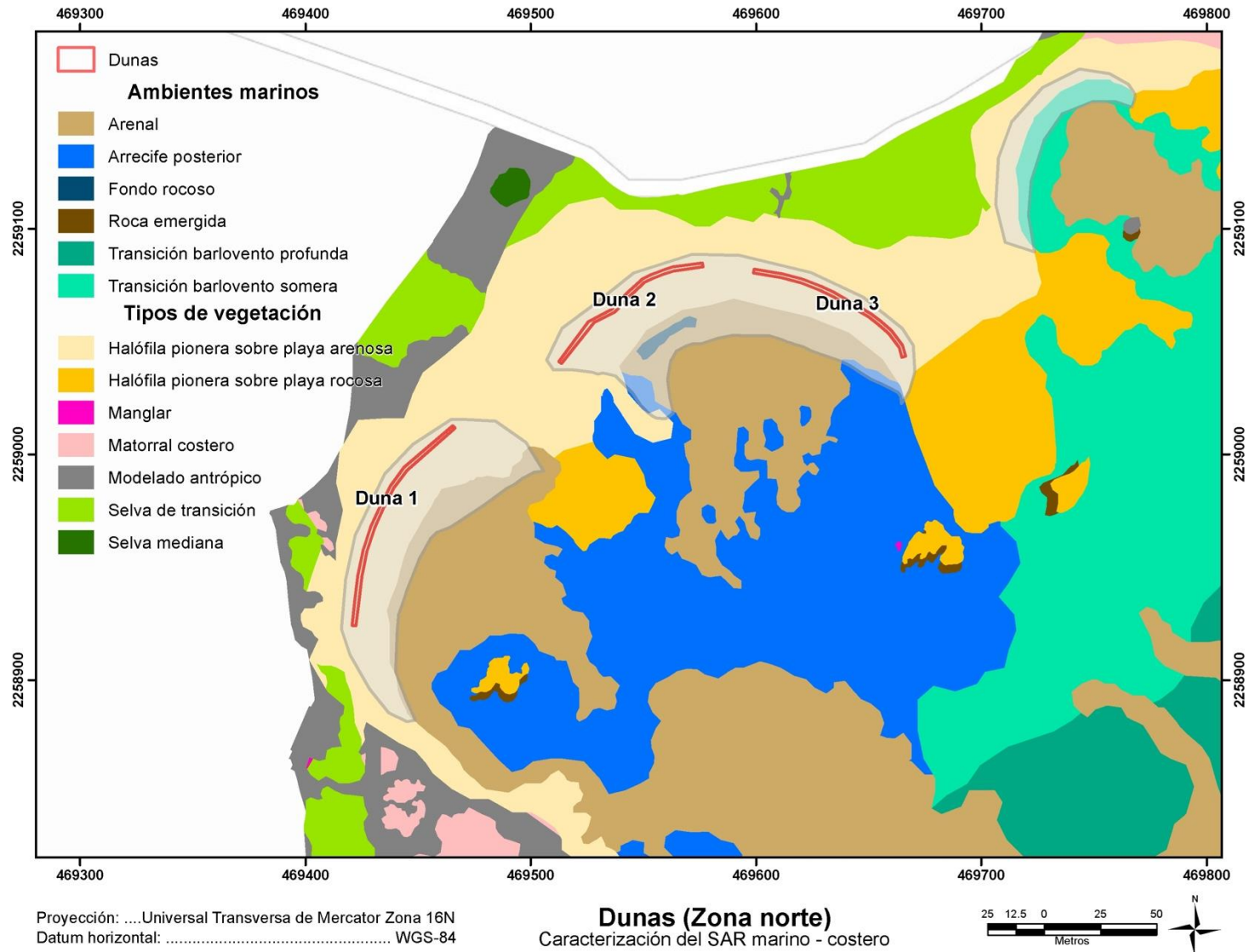


Fuente: Tecnocéano, Anexo 2.2

**Tabla 5. 18.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes a los factores duna costera y productividad primaria.

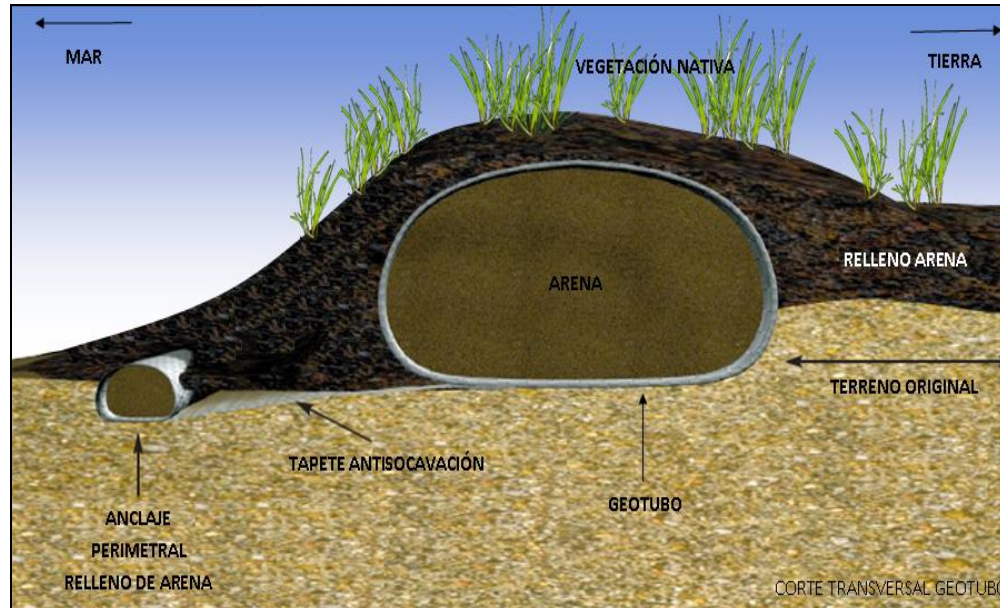
<b>Síntesis de caracterización</b>			
<b>3. Factor: Duna y Matorral costero y productividad</b>	<p>En el SAR del proyecto no existe un cordón de dunas costeras continuo. El área colindante con la playa se ubica un matorral costero con una pendiente insipiente y que geomorfológicamente se considera como cordón transversal sin conformar una duna.</p> <p>En el Matorral Costero se identificaron tres estratos. El arbóreo con 4.4 m de altura, el arbustivo con 1.8 m de altura y el herbáceo menor a 0.5 m de altura. Los estratos arbóreo y arbustivo presentaron una riqueza específica muy similar, de 15 y 14 respectivamente, mientras que el herbáceo fue el menos rico con 8 especies. Se identificaron 8 especies comunes a los estratos arbóreo y arbustivo, mientras que el herbáceo solo compartió una especie (<i>M. arboreus</i>) con el estrato arbustivo y una (<i>T. radiata</i>) con el estrato arbóreo.</p> <p>En cuanto a la Diversidad, los valores de H muestran que el estrato más diverso es el arbustivo debido a su distribución mucho más equitativa de las especies. El estrato arbóreo resultó ser mucho menos diverso a pesar de tener casi la misma riqueza específica del estrato arbustivo, debido a que está dominado por una sola especie que, de acuerdo con los VIR, es la palma <i>T. radiata</i>. El VIR para las especies del estrato arbustivo indica que no existe una especie claramente dominante en dicho estrato.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.81	Aumento de diversidad y cobertura de la duna costera	Elemento	<p>Este impacto será positivo, directo, simple, sinérgico y de largo plazo y derivará de la forestación de la duna artificial.</p> <p>En total se cubrirán 0.05 ha de duna artificial con vegetación nativa del sitio. Entre los objetivos de la reforestación se encuentran estabilizar la arena que se colocará sobre el geotubo para evitar que se pierda por arrastre del viento, y generar un ecosistema diverso, sano y resistente a impactos adversos tanto de origen natural como humano. De esta forma aumentará la diversidad florística y la cobertura de la duna costera en el área del proyecto (Figura 5. 20).</p> <p>Por medio de las actividades de forestación y reforestación se espera que la vegetación cambie a estados sucesionales más avanzados, en donde su diversidad aumente y de esta manera se recupere gran parte de la estructura y función de una duna costera sana. Asimismo, como parte de las labores de conservación, se realizarán actividades tendientes al mejoramiento de la calidad ambiental de la duna costera, como son la limpieza periódica de basura que recale del mar en dicha zona, la poda de ramas muertas o enfermas y la eliminación de especies exóticas como <i>Casuarina equisetifolia</i>.</p> <p>El empleo de especies nativas y adaptadas a las características fisicoquímicas de la duna costera en la reforestación, permitirá mejorar la composición y estructura florística de este ambiente y acelerar el proceso de sucesión secundaria. Derivado de esto la comunidad será más resiliente a impactos adversos, ya sean antropogénicos o de origen natural, lo que disminuirá los riesgos de pérdida de diversidad y/o cobertura por contaminación, plagas o enfermedades, o competencia con especies exóticas invasoras y se fortalecerá su estructura para hacerla más resistente a los efectos de fenómenos climáticos adversos.</p>
0.5	Disminución de cobertura del matorral costero	Elemento	<p>Este impacto será negativo, directo, acumulativo, sinérgico y recuperable a mediano plazo. La disminución de la cobertura de la duna costera es un impacto que será generado por el desmonte del matorral en la construcción de la caleta artificial en una superficie de 0.11 ha.</p> <p>En cuanto a las labores de reconfiguración y relleno de playa, éstas serán de carácter temporal, y posteriormente se realizarán labores de reconfiguración de la duna costera y reforestación, por lo que este impacto será compensado con los beneficios al ecosistema que se generen por estas últimas actividades.</p>

Figura 5. 20. Áreas del área donde se construirá la duna artificial como parte del proyecto.





**Figura 5. 21.** Corte transversal de la duna artificial. Se observa en la parte superior a la vegetación nativa estabilizando el relleno de arena.



**Tabla 5. 19.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Playa.

<b>Síntesis de caracterización</b>			
<b>4. Factor: Playa</b>	<p>La zona de playa de Sirenis presenta una erosión generalizada por lo que el ancho de sus playas va de 5 a 20 metros. Considerando que el límite de zona federal marítimo-terrestre es de 20 m a partir de la marea más alta, se observa que parte del predio en su límite con el mar se encuentra actualmente dentro de esta zona.</p> <p>La zona norte está perdiendo arena, pero aún conserva playa al interior de la Caleta Xaac. En la zona centro donde se ubica la Caleta Grande, la playa ya se encuentra erosionada, pero aún se conserva la conformación de una pequeña playa.</p>		
I.I.	Impacto	Nivel	Relevancia:
0.94	Aumento de la superficie	Ecosistema	<p>Este impacto será positivo, acumulativo, sinérgico y de largo plazo. Se generará de forma directa por el relleno de la playa para recuperar los 20m de Zona Federal Marítimo Terrestre después del límite oficial de la propiedad.</p> <p>Se llevará a cabo el relleno de 5 secciones (A1, A2, A3, A4 y A5,) con arena proveniente de bancos de arena marinos, con la finalidad de mejorarlas y ensanchar su superficie. El ancho de la playa será variable al finalizar el proceso de vertimiento y estabilización, se estima para la playa A1, un ancho entre 7.5 – 12m con talud de 10:1 (H:V), las playas A2 y A3, tendrán un ancho de aproximadamente 15 m; abarcarán una superficie de 1.13 ha y se ubicarán en la Zona Norte. El relleno A4, no estará en superficie, será para la base de la CA1, la A5, tendrá un ancho entre 25-30 m; estos dos rellenos cubrirán una superficie de 0.72 ha y se dispondrán en la que se denominó Zona Centro. Todos los rellenos tendrán la misma relación de talud que la A1. La superficie total de los cinco rellenos será de 1.86 ha. El volumen de arena total que se ocupará para su relleno será de 24,234.72 m3.</p> <p>La arena que será extraída de los diferentes bancos de material y la que constituye la playa actualmente corresponden al mismo tipo, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), ambas son arenas mal graduadas con poco o nada de finos, por lo que el material de relleno a utilizar en el sitio del proyecto es inocuo al no ser exótico de la región ni tener características diferentes.</p> <p>En cuanto al relleno provisional, éste no se considera como un impacto significativo en la playa ya que será únicamente temporal, debido a que se realizará cuando no se cuente aún con la protección de las estructuras de protección, por lo que la arena será arrastrada hacia el mar paulatinamente. Esta obra solo es necesaria para permitir el paso de maquinaria, equipo y personal al área de las obras del proyecto, debido al alto grado de erosión que presenta la playa actualmente.</p>
0.69	Mantenimiento de la superficie	Ecosistema	<p>Una vez colocadas las estructuras de protección, el ancho de la playa se conservará, con las variaciones esperadas de acuerdo a los vientos dominantes (Ver. Dinámica litoral), gracias al efecto protector que tendrán las estructuras de protección permanentes, los cuales evitarán la pérdida de arena por efecto del oleaje y las corrientes. Dichas estructuras modificarán la intensidad y dirección del oleaje permitiendo la creación de tómbolos en donde se acumulará arena, la cual podrá alimentar a la playa. La reconformación de la duna costera también contribuirá al mantenimiento de la superficie de playa. Aquí las arenas levantadas por el viento se depositarán sobre la duna costera o viceversa dependiendo de las condiciones climáticas. De esta forma la duna costera servirá también como un reservorio de sedimentos que alimentará a la playa.</p> <p>Es importante resaltar que la playa es una geoforma dinámica, que aumenta y disminuye su superficie naturalmente a lo largo del año dependiendo de las condiciones climáticas y las corrientes dominantes, por lo que se espera que la superficie de la playa del proyecto varíe a lo largo del año en su ancho algunos metros, pero sin llegar a recuperar las características que presenta actualmente.</p>



**Tabla 5. 20.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Socioeconómico.

Síntesis de caracterización				
<b>5. Factor: Socioeconómico</b>	<p>Los centros de población cercanos al SAR del proyecto, son Akumal y Tulum en el municipio de Tulum. Akumal es zona urbana con mayor influencia para el proyecto particularmente por el uso de los recursos naturales dentro de la Unidad a través de las diferentes actividades económicas y productivas asociadas. El centro de población cercano al SAR de extracción es la ciudad de Playa del Carmen, la cual es cabecera municipal del municipio de Solidaridad y uno de los principales polos turísticos de la Riviera Maya.</p> <p>El Corredor Cancún-Tulum, corresponde a la zona costera de los Municipios de Benito Juárez, Puerto Morelos, Solidaridad y Tulum. En esta región se concentra prácticamente la totalidad de las actividades relacionadas con los sectores secundario y terciario, así como el 61.90 % de la población del Estado. La población económicamente activa en estos dos municipios es de 389,481 habitantes (47.47 % de la población total de los dos municipios).</p> <p>De acuerdo con los datos obtenidos en la literatura consultada, en Solidaridad y Tulum se registra una oferta hotelera de 38,402 cuartos hoteleros en operación (Solidaridad 32,859 y Tulum 5,543 cuartos) y una afluencia de turistas de 3,372,687 principalmente de Estados Unidos, Canadá y Europa (periodo enero-diciembre, 2010). Asimismo, existen proyectos hoteleros en marcha que permiten establecer que el crecimiento de la infraestructura turística irá en ascenso durante los próximos cinco a diez años.</p> <p>La población de 12 años y más del municipio de Solidaridad, que es económicamente activa es de 81,832 personas (68.56 % del total) de los cuales el 66.10 % se encuentra ocupada y el 2.47 % se encuentra desocupada.</p> <p>El turismo es la actividad más importante en el Municipio de Solidaridad al igual que en todo el estado de Quintana Roo.</p>			
	I.I.	Impacto	Nivel	Relevancia:
	0.94	Generación de atractivo turístico	Elemento	Este será un impacto positivo, directo, acumulativo, sinérgico y de largo plazo generado por la reconfiguración de la duna costera, así como por el relleno de playa. Ambas acciones mejorarán el paisaje y por ende las aptitudes para uso turístico recreativo del frente de playa del proyecto. Ya que la economía del desarrollo de la Riviera Maya en general depende de la imagen de sus playas como atractivo turístico, este impacto es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de la región.
	0.44	Demanda de insumos	Elemento	Este impacto será positivo, directo, acumulativo y de corto plazo. Resultará de todas las acciones del proyecto que requieran de insumos, tales como gasolinas, refacciones, herramientas, etc. La demanda de insumos generará empleos de manera indirecta, ya que aumentará la demanda de las proveedoras y distribuidoras de cada producto. Sin embargo, en cuanto terminen las acciones del proyecto este impacto dejará de generarse.
0.44	Demanda de mano de obra y servicios	Elemento	Este impacto será positivo, directo, acumulativo, sinérgico y de corto plazo. Resultará de todas las acciones del proyecto que requieran de mano de obra y/o servicios, tales como supervisión submarina por parte de buzos expertos, manejo de la draga, reforestación, entre otros. Mediante el desarrollo de las actividades del proyecto se generarán empleos directos pero temporales, ya que al finalizar la fase de construcción ya no se requerirá de mano de obra. Sin embargo, la fase de operación seguirá proporcionando empleos directos, pero a mucho menor escala, ya que requerirá de monitoreos y mantenimiento de las protecciones marinas y de la vegetación que demandarán también mano de obra y servicios.	

**Tabla 5. 21.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Arenal.

Síntesis de caracterización			
<b>6. Factor: Arenal</b>	<p>Entre los diferentes ambientes que se desarrollan en la zona de influencia marina del proyecto, existen dos tipos de arenales: somero y profundo. En el SAR de extracción la zona del arenal profundo se refiere a una franja extensa que se forma a partir de donde termina la laja calcárea y que se va hacia las partes más profundas del área de estudio. El sustrato se caracteriza por ser de arena fina de color blanco, con un grosor de la capa de sedimento variable, que va desde los pocos centímetros hasta más de 70 cm. La biota marina en este sitio está prácticamente ausente en esta zona. Se observan pequeños parches dispersos y de baja densidad de pasto marino de la especie <i>Halodule wrightii</i>, y de algas verdes calcáreas.</p> <p>En el SAR del proyecto se la extensión y áreas de arenales son muy amplias. De manera puntual En la boca de la Bahía Xaac se encuentra un arenal cuya profundidad varía entre 2 y 4 m, pudiendo alcanzar hasta 9 m en su parte noreste. El borde del arenal está compuesto de rocas y esqueletos de coral con poca biota marina, conformada únicamente por algunos ejemplares aislados de coral cerebro de los géneros <i>Diploria</i> y <i>Pseudodiploria</i>, así como gorgonáceos arborescentes sin haber observado la presencia de <i>Plexaura homomalla</i>. En la Bahía Grande en la zona de la rompiente de la Bahía Grande o Sur se encuentra sustrato de laja calcárea con muy poco relieve, ya consolidada y de 1.8 m de profundidad, con muy poca biota bentónica.</p>		
I.I.	Impacto	Nivel	Relevancia: No Significativo
0.63	Pérdida de arena	Elemento	<p>Este impacto es negativo, recuperable y de larga duración. En el SAR de extracción será provocado por el aprovechamiento de arena de los 2 bancos seleccionados. El volumen total a extraer de todos los bancos en su conjunto será de 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena, de los cuales se obtendrán 24,234.72 m<sup>3</sup> en la etapa de construcción y 15,499.88 m<sup>3</sup> en la etapa de operación y mantenimiento.</p> <p>El impacto a cada banco por la extracción de arena puede reducirse a lo largo del tiempo gracias a que la dinámica litoral propia de la zona continuará aportándoles sedimentos, lo que podría recuperar progresivamente su volumen.</p> <p>Debido a su escasa biota marina y a las labores de rescate que se realizarán previas a su explotación, no se considera significativo el impacto a los organismos que se encuentren en el banco de arena.</p> <p>En el SAR del proyecto el impacto será positivo ya que en los arenales colindantes con el proyecto se realizará el vertimiento de arena, la conformación de la playa.</p>

**Tabla 5. 22.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes a los factores Arrecife coralino y Crecimiento arrecifal.

Síntesis de caracterización			
<b>7. Factor: Arrecife coralino y crecimiento arrecifal</b>	<p>En el SAR del proyecto el arrecife coralino es un arrecife de borde de plataforma o también conocido como arrecife de franja, se caracteriza por presentar diferentes ambientes como son un arrecife frontal exterior, canal de arena, arrecife frontal interior, transición barlovento profundo, transición barlovento somero, arrecife posterior y arenales. En la zona norte del proyecto, se ubica la Bahía Chica y la Bahía Xaac. En Bahía Chica se forman unos macizos y canales incipientes y que corresponde a una transición barlovento somera, con la parte de la cima muy plana, en donde se encuentran varias colonias de gorgonáceos en forma de abanico del género <i>Gorgonia</i>. Se registró una profundidad promedio de 3.5 m, y presencia muy escasa de corales, siendo cabezos de coral pequeño de tamaño mediano de la especie <i>Pseudodiploria strigosa</i>, así como algunas colonias aisladas de gran tamaño de la especie <i>Orbicella annularis</i>. En Bahía Xaac, se ubica un arrecife posterior, En su extremo noreste y lejano a la línea de costa, presenta una franja de sustrato rocoso con presencia de laja y esqueletos de coral de aproximadamente 15 metros de ancho con una profundidad de 1.8 m aproximadamente, en donde se encuentran algunos cabezos de coral vivo de tamaño mediano y grande de la especie <i>Pseudodiploria strigosa</i> (50-100 cm diámetro), algunos con tejido sano y otros con mortalidad parcial. Existe presencia abundante de colonias de gorgonáceos de la especie <i>Plexaura homomalla</i>, la cual se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Posterior a esta franja se forma una planicie de arena fina, a 2.2 m de profundidad, en donde existe alta turbidez por la suspensión de los sedimentos finos del sustrato por acción del movimiento de la masa de agua. En su extremo sur se encuentra una franja de sustrato rocoso y esqueletos de coral más angosta (10 metros aprox.) y más profunda (2.7 m) que la encontrada en el extremo norte. La biota marina es mucho menos abundante, encontrando pocas colonias de gorgonáceos y algunas de la especie <i>Plexaura homomalla</i>. Los cabezos de coral también son escasos, solamente existe uno de tamaño grande de la especie <i>Pseudodiploria strigosa</i> (1 m diámetro aprox.) en donde inicia la base de arena. La parte somera de Bahía Xaac corresponde a un Arrecife Posterior, el cual se encuentra asociado a la estructura rocosa emergida ubicada en medio de la bahía. La base calcárea que conforma este arrecife está formada por la acumulación de esqueletos de <i>Acropora cervicornis</i> en la parte inferior y de <i>Acropora palmata</i> en la parte superior, así como de <i>Agaricia agaricites</i> y <i>Porites astreoides</i> en otras áreas, y sobre esta estructura crecen corales de diversos tipos, tanto duros como blandos.</p> <p>En el SAR de extracción se caracteriza por presentar un arrecife de borde de plataforma en parches arrecifales, se ubica una cresta arrecifal y una laja calcárea con algas, gorgonáceos, pedacería y sedimentos. La cresta arrecifal en la sección Arrecife corresponde a una estructura discontinua que representa la línea de cresta arrecifal que se forma en áreas aledañas, pero que en esta zona se presenta como parches aislados de mediana extensión. Este ambiente se caracteriza por tener una estructura heterogénea con alta presencia de corales escleractinios de crecimiento masivo y gorgonáceos, principalmente abanicos de mar del género <i>Gorgonia</i> spp.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.38	Aumento de enfermedades y disminución de la tasa de crecimiento	Elemento y proceso	<p>Ambos impactos serán negativos, indirectos, simples, temporales y sinérgicos. Serán provocados por la depositación de sedimentos que serán removidos durante las labores de extracción, transporte y depositación de arena del proyecto, así como por la construcción de las estructuras de protección. El aumento de enfermedades y la disminución de la tasa de crecimiento coralino son impactos que podrían derivarse principalmente de las actividades de extracción de arena de los bancos, en especial por el método de dragado, el llenado de geotubos marinos y la depositación de arena en la playa, ya que generarán una pluma de dispersión de sedimentos finos que podría depositarse sobre los corales.</p> <p>Altas tasas de sedimentación sobre los corales se asocian a menor riqueza específica en el arrecife, menor porcentaje de tejido vivo debido al aumento en la incidencia de enfermedades, menores tasas de crecimiento, aumento en la abundancia de corales ramificados, baja tasa de reclutamiento, disminución de la productividad neta y menores tasas de acreción (Rogers, 1990). Debido a que las causas de ambos impactos y las medidas de mitigación que corresponden son las mismas para ambos, se analizarán juntos a continuación.</p> <p>Las corrientes marinas en el SAR del proyecto se dirigen hacia el noreste en la zona de barlovento del arrecife, donde se ubica el arrecife posterior y arenales profundos. En la zona de sotavento las corrientes se invierten, dirigiéndose hacia el suroeste, llegando a los pastizales marinos.</p> <p>La velocidad de las corrientes varía dependiendo de la cercanía a la costa. En la parte más cercana la mayor velocidad se desarrolla en la superficie y va de 0.131m/seg, a 0.177m/seg. En la zona de arenal profundo la mayor velocidad se desarrolla alrededor de los 8m de profundidad con 0.222m/seg.</p>

Los bancos de arena seleccionados (SIR-1 y SIR-2), por su ubicación cercana al cantil y el canal entre Playa y Cozumel, la dirección de las corrientes y su velocidad que hay en esta zona, genera una pluma de dispersión de sedimentos alejada de los macizos coralinos más cercanos, por lo que el riesgo de afectarlos por esta causa es mínimo. Sin embargo, durante las labores de extracción de arena también se colocarán mallas antidispersión para asegurarse que los sedimentos no afecten a los corales cercanos.

Durante el vertimiento de arena en la playa se colocará también una malla antidispersión frente al área de trabajo para evitar que los sedimentos en suspensión viajen hacia el Noreste, Este y Sur, considerando que en esta zona la distancia máxima a la que podrán desplazarse será de 15 m. Sin embargo, ya que todos los cálculos realizados para ubicar las mallas geotextiles consideraron condiciones de viento y oleaje normales, se implementará como medida adicional detener los trabajos durante los eventos de tormentas estacionales (Nortes y Suradas), y durante tormentas extraordinarias. De esta manera no aumentará el riesgo de que las plumas de dispersión sean diferentes a las estimadas.

La arena que se depositará para recuperar de forma provisional 10 m de playa también será dispersada paulatinamente por el oleaje, principalmente debido a que aún no se contará con ningún tipo de barrera protectora ya que las estructuras de protección no estarán construidas todavía. Esta arena provendrá de un banco terrestre autorizado ubicado en el poblado de Puerto Morelos. Ya que sus características, tanto granulométricas como de composición, la hacen compatible con la playa del proyecto, no se considera un agente contaminante del medio marino. Por otra parte, ya que la dispersión de la arena será paulatina, se espera que los sedimentos no alcancen a los arrecifes coralinos cercanos antes de que sean colocados las estructuras de protección. Una vez colocados dichos arrecifes servirán como barrera para la dispersión de los sedimentos que hayan sido arrastrados por el oleaje hacia la zona marina. Por ello su impacto sobre el arrecife coralino se considera despreciable.

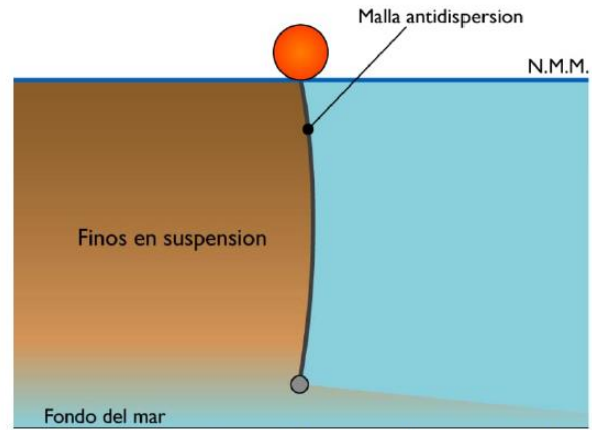
Los arrecifes coralinos ubicados en el SAR marino costero del proyecto no se verán afectados por la depositación de sedimentos ya que se encuentran a una mayor distancia y en sentido contrario al de las corrientes marinas predominantes. Por otra parte, los golpes pueden generar áreas necróticas en las colonias coralinas que deriven en enfermedades o muerte, lo que disminuye su tasa de crecimiento. El tránsito y maniobra de embarcaciones diversas, así como el acarreo de objetos pesados sobre la superficie del agua en zonas de arrecife son actividades que pudieran dañar a los corales por golpes o encallamientos. En el caso del proyecto la única zona de arrecife coralino que está en riesgo de sufrir este tipo de daño es el arrecife posterior en Bahía Xaac, la transición barlovento somera en Bahía Chica y en Bahía Grande.

Estos ambientes entre las zonas de maniobras de los chalanes, remolcadores y embarcaciones de apoyo requeridos para la construcción de las estructuras de protección. Para señalar la ubicación de dicho macizo se colocarán boyas de señalamiento que indicarán el límite máximo para el acercamiento de las embarcaciones de apoyo. En cuanto a los chalanes, éstos deberán anclarse a una distancia mínima de 50 m y procurando siempre que la dirección de la corriente no los dirija hacia el macizo de coral. Los remolcadores deberán en todo momento mantenerse a una distancia mínima de 100 m del macizo coralino.

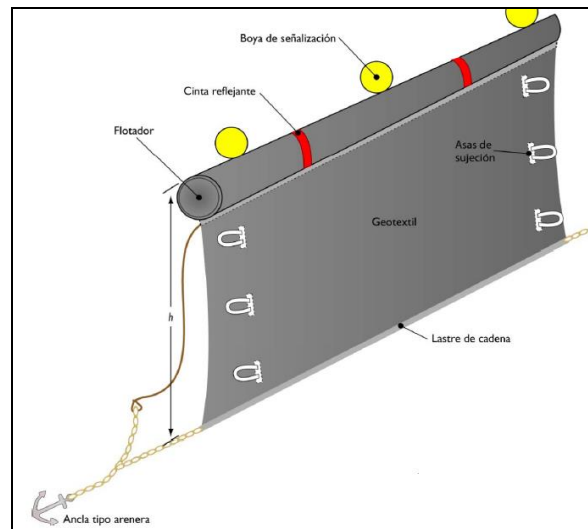
Como medida adicional para la protección de los arrecifes, los trabajos se deberán realizar sólo en condiciones ideales cuando el mar este calmo (oleaje máximo de 1.5 pies o 45 cm) y viento máximo de 7 nudos (12.9 km/hr); por ello y de acuerdo al programa de trabajo propuesto, se prevé que estas acciones se realicen entre los meses de marzo a julio. De esta manera, el impacto que podría causar el proyecto al arrecife coralino y sus procesos naturales, será disminuido significativamente por las medidas de prevención adoptadas, las cuales garantizan que los sedimentos no se dispersen hacia los corales y disminuyen considerablemente el riesgo de golpes o encallamientos.

Los arrecifes aún más alejados, como los que se encuentran en los Parques Nacionales Arrecifes de Puerto Morelos y Arrecifes de Cozumel, no se verán afectados de ninguna manera por las actividades del proyecto debido a que se ubican fuera del rango de depositación de sedimentos de cualquiera de los bancos seleccionados, tanto por la distancia al área del proyecto como por la dirección en la que se ubican y tampoco se encuentran en la ruta de navegación de ninguna de las embarcaciones requeridas para el desarrollo del Proyecto.

**Figura 5. 22.** Esquema que muestra el funcionamiento de las mallas antidispersión para la retención de sedimentos finos.

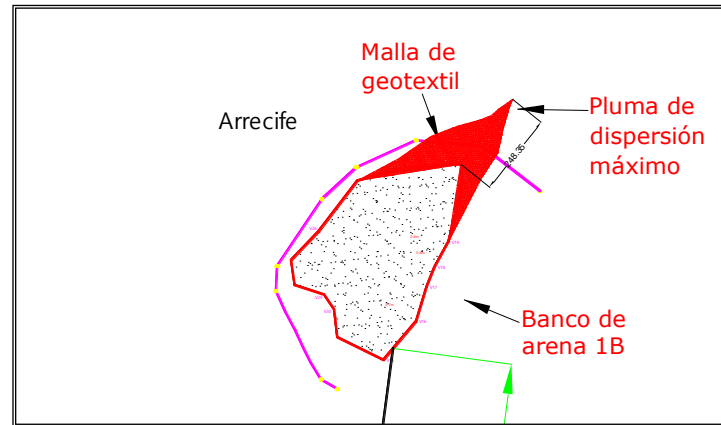


**Figura 5. 23.** Esquema de las partes de la malla antidispersión tipo que será utilizada en el proyecto.

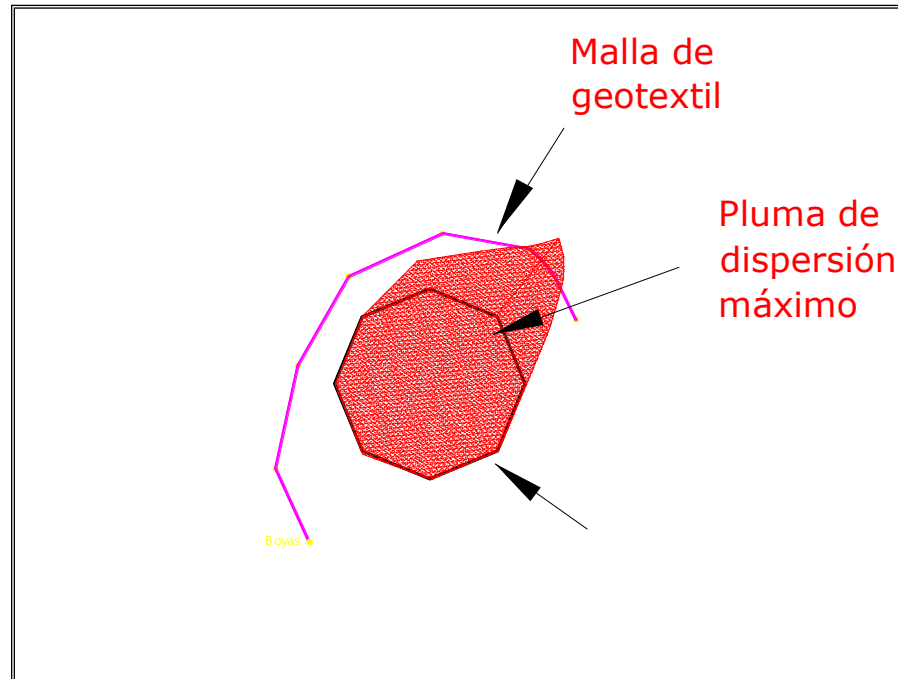




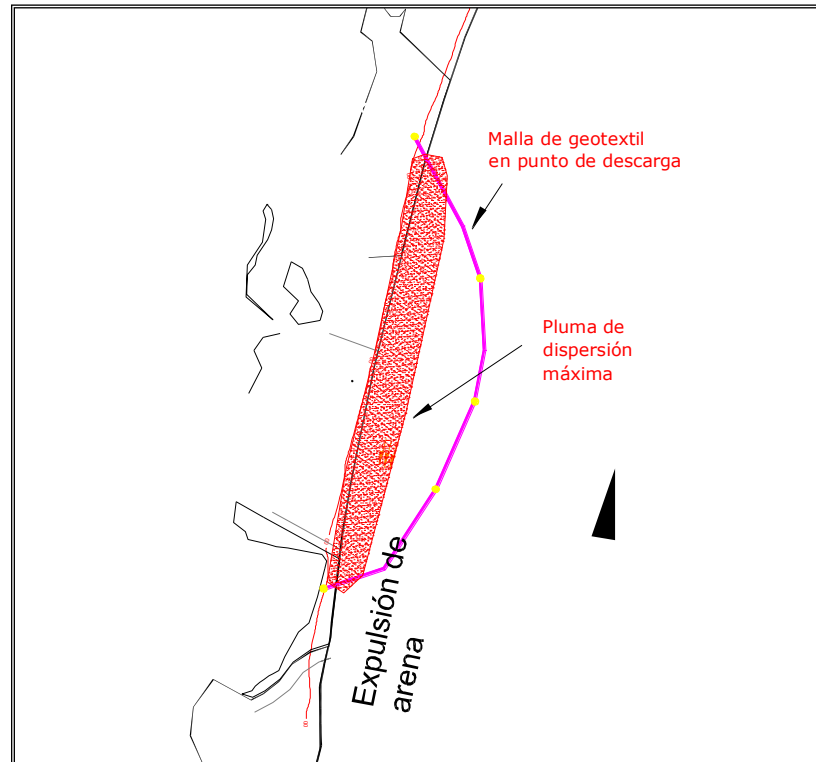
**Figura 5. 24.** Pluma de dispersión máxima en la extracción de arena sobre el banco de arena, la distancia máxima calculada es de 248.35m hacia el Noreste.



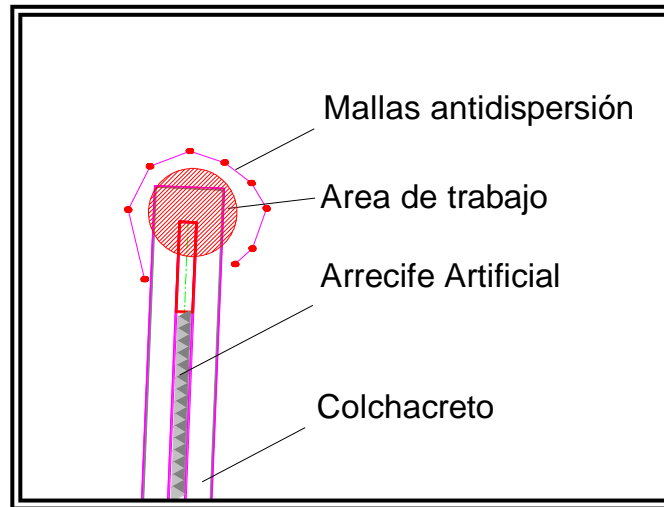
**Figura 5. 25.** Pluma máxima de dispersión de sedimentos de 159.3m en caso de haber una fuga en el área de anclaje y maniobras.



**Figura 5. 26.** Pluma máxima de dispersión en la salida de la tubería de inyección de arena, la distancia máxima de desplazamiento es de 21m hacia el Noreste.



**Figura 5. 27.** Diagrama que ilustra la forma de colocar las mallas antidispersión en las áreas de trabajo durante la construcción de las estructuras de protección.

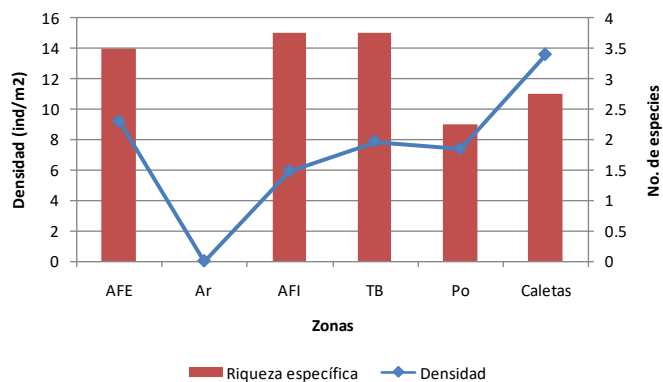


**Tabla 5. 23.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes a los factores Biota marina y Sustrato marino.

8. Factor: Biota marina y sustrato marino	Síntesis de caracterización
	<p>De acuerdo con la caracterización – zonificación ambiental realizada en la zona costera y marina del DTGS y de los monitoreos ambientales que se realizan en el marco de la autorización den materia de impacto ambiental del desarrollo la biota marina que se desarrolla en el SAR del proyecto, con excepción de los corales (tanto escleractinios como gorgonáceos) y los pastos marinos que se describen en los cuadros correspondientes, está constituida por peces, invertebrados y algas marinas. A continuación, se describen estos grupos primero en el ambiente arrecifal y después en los arenales.</p> <p>En el ambiente arrecifal del SAR del proyecto se registraron un total de 30 especies de <b>peces arrecifales</b>, pertenecientes a 22 géneros y 15 familias. La mayor riqueza específica se presentó las zonas Arrecife Frontal Interior y la Transición Barlovento ambas con 15 especies, seguida por el Arrecife Frontal Exterior con 14 especies registradas, mientras que en las Caletas y el Posterior la riqueza fue de 11 y 9 especies respetivamente. Con respecto a la densidad Caletas registró el mayor número de individuos por metro cuadrado con 3.4 ind/m<sup>2</sup>; en el Arrecife Frontal Exterior se registraron 2.3 ind/m<sup>2</sup>; mientras que en la Transición Barlovento y el Posterior la densidad fue de 1.9 ind/m<sup>2</sup> y 1.8 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente; finalmente el Arrecife Frontal Interior registró la menos densidad con 1.5 ind/m<sup>2</sup> (Figura 5. 28). La densidad y abundancia de peces, está relacionada con el estructura y relieve del arrecife coralino, puesto que entre mayor relieve existe una mayor posibilidad de refugio y disponibilidad de alimento.</p> <p>En cuanto a las <b>macroalgas</b> en el SAR del proyecto se registró un total de 26 especies de macroalgas, pertenecientes a 17 géneros y 4 divisiones. La especie que tiene mayor presencia y abundancia en todas las zonas es el alga calcárea verde de crecimiento erecto <i>Halimeda tuna</i>, seguida de la especie <i>Caulerpa verticillata</i> que es abundante en el Arrecife Frontal. La zona que tiene un mayor número de especies es la Transición Barlovento, sobre todo en su parte profunda, en donde son mayores el número de especies de algas rojas. La cobertura de algas es alta en toda el área de estudio, encontrando una cobertura mayor al 40%. La zona con mayor cobertura corresponde al Arrecife Posterior, pero con un bajo número de especies y alta dominancia de un alga verde que crece pegada a las rocas. Otra zona con alta cobertura es la Transición Barlovento, en donde también se registró el mayor número de especies (Figura 5. 29).</p> <p>Para los <b>invertebrados bentónicos</b> existentes en el SAR del proyecto, se encontraron 19 especies de invertebrados, pertenecientes a 17 géneros y 16 familias. El grupo de organismos que incluyó un mayor número de especies fue el de los poríferos o esponjas, con 15; siguiendo en importancia, se registró al grupo de los equinodermos (representados por erizos únicamente), con 3 especies. Finalmente, se registró también una especie de crustáceo. Además, se realizó un estudio de caracterización de biota marina conspicua en los bancos de arena que serán utilizados para la extracción de arena.</p> <p>En los bancos de arena se registró un total de 15 especies de <b>peces</b>, pertenecientes a 13 géneros y 11 familias. En total se registró un total de 158 individuos. Las especies dominantes en el Banco 1 fueron <i>Heteroconger halis</i> y <i>Hemipteronotus martinicensis</i>; mientras que en el Banco 2 especies del género <i>Hemipteronotus</i>, seguida de <i>Lutjanus buccanella</i>. La especie con mayor distribución fue <i>Hemipteronotus martinicensis</i>, ya que se registró en todas las secciones de ambos bancos de arena. La densidad más alta de peces se encontró en el Banco 1, con 0.46 ind/m<sup>2</sup>, mientras que los valores más bajos se ubicaron en el Banco 2, con 0.23 ind/m<sup>2</sup>. En relación al número de especies, el más alto se encontró en el Banco 2, con 7. El número de especies más bajo se registró en el 2, con 3 especies (Figura 5. 30).</p> <p>La <b>vegetación marina</b> en los bancos de arena es muy escasa. Se registraron únicamente 5 especies, pertenecientes a 5 géneros y 2 phyla. De estas especies, 4 corresponden a algas verdes calcáreas de crecimiento erecto, y una de ellas es de pasto marino <i>Halodule wrightii</i>. Este pasto marino se encontró en parches pequeños de baja densidad en las secciones somera e intermedia del Banco 2; mientras que en el Banco 1 no se registró esta especie de pasto marino. La cobertura vegetal en los bancos de arena es muy baja. En el Banco 2 se registró la mayor abundancia de macroalgas y pastos marinos, con el valor más alto de cobertura en su sección somera, con un valor de 7.3%, seguida de la sección intermedia con un valor de 4%, y de un 2.3% en la sección profunda. En cambio, en el Banco 1 se registró solamente un 1% de cobertura en su parte profunda, sin presencia de cobertura vegetal en su parte intermedia (Figura 5. 31).</p> <p>En el área de estudio se registró un total de 9 especies de <b>invertebrados</b>, pertenecientes a 9 géneros y 8 familias, de 5 diferentes grupos taxonómicos, que incluyen corales blandos, corales duros, crustáceos, esponjas y moluscos. El caracol gasterópodo <i>Lobatus costatus</i> se encontró con una amplia distribución, encontrándolo en la mayoría de los transectos muestreados, siendo además la especie más abundante en todos los sitios.</p> <p>La <b>infauna</b> que se registró en las muestras de arena que se extrajeron de los bancos de arena consta de 49 especies, pertenecientes a 41 géneros, 27 familias, 19 órdenes, 11 subclases, y 7 clases, de 4 grupos taxonómicos que incluyen: anélidos, sipuncúlidos, moluscos y equinodermos. Cabe mencionar que la gran mayoría de los ejemplares corresponden al grupo de los moluscos, tanto de la clase Bivalvia como Gastropoda.</p>

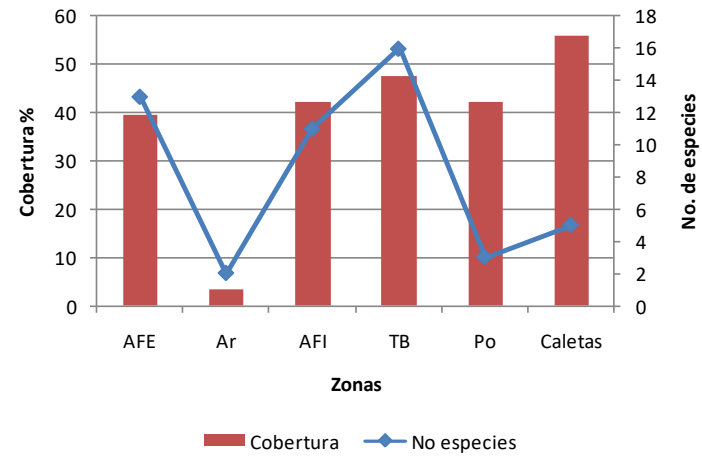
I.I.	Impacto	Nivel	Relevancia:
0.38	Generación de hábitat	Elemento	Este impacto será positivo, directo y de largo plazo. Será provocado principalmente por la colocación de estructuras de protección. La cobertura coralina está muy relacionada con la disponibilidad de sustrato duro para el asentamiento de larvas coralinas o fragmentos de coral desprendidos de las colonias ya establecidas. Asimismo, la abundancia de peces está relacionada con la estructura y el relieve del arrecife coralino, puesto que entre mayor sea el relieve hay mayores posibilidades de refugio y disponibilidad de alimento. Se espera que estas zonas funcionen como una continuación del arrecife natural, atrayendo diversas especies de invertebrados y peces, y siendo colonizadas paulatinamente por algas calcáreas, gorgonáceos y corales escleractinios. Por ser positivo, el proyecto no ha considerado medidas de mitigación para este impacto.
0.5	Modificación del fondo marino	Elemento	Este impacto neto será positivo, directo, simple y de largo plazo. Lo provocará la colocación de las estructuras de protección marina. Implicará el cambio de sustrato arenoso por un sustrato firme y rugoso de polipropileno. La profundidad en la zona donde sean colocados disminuirá considerablemente para poder cumplir con su función de refractar el oleaje. Esta acción generará un impacto positivo al diversificar el tipo de fondo, lo cual se relaciona con un mayor número de ambientes y redundancia en mayor diversidad biótica.
0.5	Pérdida de individuos	Elemento	Este impacto será negativo, directo, acumulativo, sinérgico y reversible a mediano plazo. Lo provocarán las labores de colocación de los geotubos y de las estructuras de protección y las labores de extracción de arena, ya que será inevitable dañar organismos bentónicos que se encuentren enterrados bajo ésta. Los daños pueden ir desde lesiones leves hasta la muerte y los grupos de organismos más vulnerables a este impacto son los equinodermos, moluscos y algunos anélidos. Sin embargo, este impacto no se considera significativo ya que las áreas en donde se llevarán a cabo dichas actividades presentan una baja densidad de organismos bentónicos, lo que reduce considerablemente la probabilidad de dañarlos durante el desarrollo de las actividades mencionadas.
0.38	Conservación de individuos	Elemento	Este impacto será positivo, directo, simple, sinérgico y permanente. Se ha considerado como medida de mitigación el rescate de organismos marinos que se encuentren en el área de desarrollo del proyecto, antes de comenzar las actividades de construcción, concentrando esfuerzos en la búsqueda de organismos enterrados bajo la arena. Los organismos rescatados serán reubicados en áreas con características similares a las que fueron encontrados, pero alejadas de las zonas de trabajo del proyecto. Adicionalmente el área donde se ubicará el proyecto corresponde al 1% del SAR por lo que el resto de ambientes marinos costeros se consideran como áreas de conservación.

Figura 5. 28. Densidad y riqueza específica de peces arrecifales en el área de estudio.

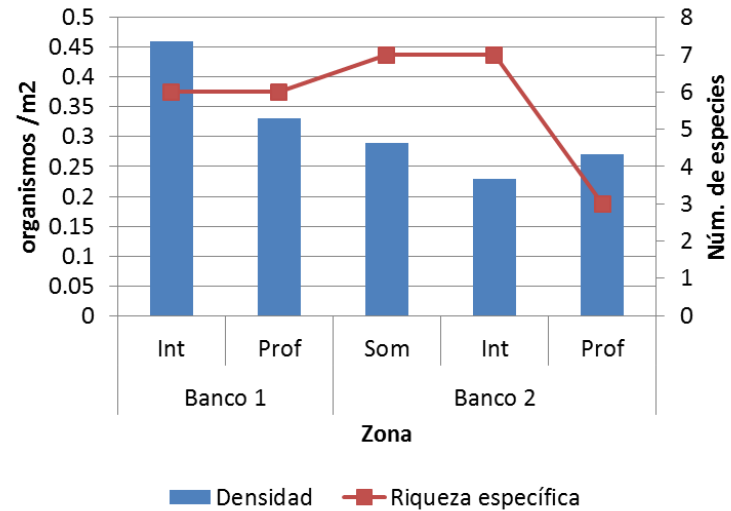




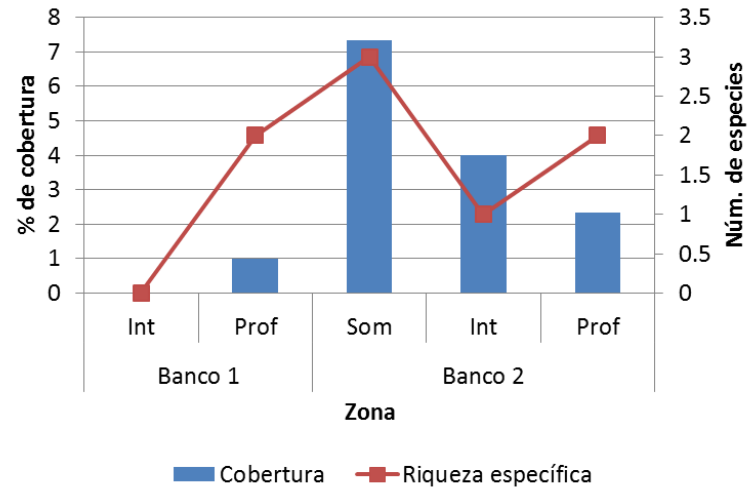
**Figura 5. 29.** Riqueza específica y abundancia de macroalgas en el área de estudio.



**Figura 5. 30.** Densidad y riqueza específica de peces arrecifales en los bancos de arena.



**Figura 5. 31.** Riqueza específica y abundancia de vegetación marina en el área de los bancos de arena.



**Tabla 5. 24.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Fauna terrestre.

Síntesis de caracterización			
<b>9. Factor: Fauna terrestre</b>	<p>De acuerdo con la información obtenida en la caracterización y monitoreo de la fauna en el SAR del proyecto se obtuvieron 126 registros que corresponden a 17 órdenes, 32 familias y 49 especies de vertebrados. Las aves representan el grupo más abundante y diverso dentro del predio con el 76.98% del total de los registros.</p> <p>A nivel de especie, el vertebrado terrestre que arrojó mayor índice de abundancia relativa fue zanate mayor (<i>Quiscalus mexicanus</i>). Esta especie fue observada prácticamente en cualquier sector del predio, en solitario o en parvadas; además, está incluida en el 72.22% de las aves registradas en el predio que muestran sensibilidad baja a los cambios.</p> <p>En cuanto a los índices de riqueza y diversidad faunística por tipos de vegetación, la Selva de Transición presentó los mayores valores de estos dos índices (20 especies, <math>H' = 1.211</math>). El hecho está regido por el mayor número de especies registradas y la dominancia de alguna de ellas en este ambiente, ya que los registros en este tipo de vegetación incluyeron las especies con las abundancias más altas.</p> <p>El análisis de similitud de los distintos tipos de vegetación y ambientes inmersos en Grand Sirenis es representada por la relación entre el Matorral Costero y la Costa Rocosa, que mostró el valor más alto en proporción a las relaciones de los demás ambientes (42.11% de similitud). Esto indica que el intercambio de especies en más alto entre estos ambientes y las estrategias de conservación deben asegurar estas áreas para permitir el recambio faunístico.</p> <p>Se identificó una especie endémica, la lagartija espinosa de Cozumel (<i>Sceloporus cozumelae</i>), así como especies cuasiendémicas como el bolsero encapuchado (<i>Icterus cucullatus</i>) y la chara yucateca (<i>Cyanocorax yucatanicus</i>). El predio alberga también a especies de importancia para la conservación que se encuentran situadas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, la lagartija espinosa de Cozumel (<i>Sceloporus cozumelae</i>) y el perico pecho sucio (<i>Aratinga nana</i>) como especies situada en la categoría “Protección Especial (Pr)”, lo cual indica que sus poblaciones se encuentran afectadas.</p> <p>Al realizar una comparativa de los índices de riqueza de especies arrojados en los 7 estudios realizados en el periodo 2012-2015 es visible una tendencia uniforme en el porcentaje de la riqueza de especies mostrando en cada visita de monitoreo el dominio del grupo de las aves. En promedio, el grupo de las aves representa el 74.58% de las especies que se han identifican en el predio.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.38	Generación de hábitat	Elemento	Este impacto será positivo, indirecto y sinérgico. Se generará como consecuencia de las labores de reconfiguración y reforestación de la duna costera. Asimismo, la playa reconstituida generará condiciones propicias para el establecimiento de diferentes especies de invertebrados como copépodos y anfípodos, los cuales a su vez atraerán a diferentes especies de vertebrados, en especial aves, lo que redundará en un aumento de la riqueza y diversidad faunística del sitio. Por otra parte, el aumento en el ancho de la playa y la protección contra el oleaje brindada por las estructuras de protección generará mejores condiciones para el desove de tortugas marinas en el frente de playa del predio del proyecto.
0.5	Pérdida de individuos	Elemento	Este impacto será negativo, directo, acumulativo y sinérgico. Será provocado principalmente por la recuperación provisional de 10 m de playa y por el potencial desmonte de la duna costera, sin embargo, las labores de rescate de fauna que se implementarán previamente disminuirán considerablemente este impacto. Los organismos rescatados serán liberados en áreas cercanas fuera de la zona de desarrollo del proyecto, de tal forma que podrán desplazarse hacia la zona de donde fueron capturados una vez que hayan terminado las obras de construcción del proyecto. Por otra parte, este impacto se compensará con la creación de hábitat para la fauna derivada de las acciones de restauración y reforestación de la duna costera, así como con el aumento de la superficie de playa. Además, se realizarán recorridos diariamente a lo largo de la playa durante la época de desove de tortugas marinas para buscar nidos. En caso de registrarse, serán llevados a corrales especiales como parte de las actividades del campamento tortuguero que opera en el proyecto, evitando así daños a los individuos de tortugas marinas por las obras del proyecto.

**Tabla 5. 25.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Flora terrestre.

<b>Síntesis de caracterización</b>			
<b>10. Factor: Flora terrestre</b>	<p>La flora terrestre en la franja costera del SAR está constituida en su mayor parte por especies halófitas costeras nativas de la región, propias de las etapas tempranas de sucesión y del frente de playa, conocidas como especies pioneras y que son de porte herbáceo o rastrero. También se desarrollan especies de manglar, cuyo porte varía dependiendo del ambiente en el que se desarrollen, pudiendo encontrarse como arbustos en el área colindante con la duna costera o como árboles, en la parte central de la cuenca inundable. Existen pocas especies características del matorral costero, entre ellas palmas como <i>Thrinax radiata</i> y <i>Cocos nucifera</i>, árboles como <i>Manilkara zapota</i> y <i>Cordia sebestena</i> y arbustos como <i>Suriana marítima</i> y <i>Tournefortia gnaphalodes</i>. Las especies de flora terrestre que se consideran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 con cinco: <i>Avicennia germinans</i>, <i>Conocarpus erectus</i>, <i>Laguncularia racemosa</i>, <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Thrinax radiata</i>.</p> <p>La flora terrestre en el área del proyecto se desarrolla en la zona Suroeste y Noreste es donde permanece un continuo de vegetación de la playa hasta el manglar. En la zona central la vegetación ha sido sustituida por el desarrollo de infraestructura.</p> <p>Dominan las asociaciones con especies tolerantes al enterramiento por arena y aspersion salina, así como las especies arbustivas y arbóreas que conforman a los matorrales costeros y las selvas en las zonas internas-protegidas del sistema de dunas.</p> <p>Las especies con estatus de conservación son la palma <i>Thrinax radiata</i> y los mangles <i>Conocarpus erectus</i>, <i>Rhizophora mangle</i>, <i>Laguncularia racemosa</i> y <i>Avicennia germinans</i>. La mayoría de las especies encontradas son especies nativas, propias de las dunas costeras, la vegetación a pesar de que se encuentra fragmentada por la instalación de infraestructura presenta una diversidad de especies de los diferentes ambientes de la duna costeras. Las especies registradas están adaptadas a las condiciones ambientales de las propias dunas (baja cantidad de nutrientes, movilidad del sustrato, gran cantidad de carbonato de calcio, baja retención de humedad) y al impacto de los vientos de tormenta tropical y de huracanes.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.63	Aumento de densidad	Elemento	<p>Este será un impacto positivo, directo y de largo plazo, generado por las labores de reforestación de la duna artificial y las áreas de conservación de duna costera. La superficie total de reforestación, incluyendo duna artificial y áreas de relleno de playa será de 24,234.72 m<sup>2</sup>. La densidad promedio de los ejemplares que se trasplantarán a las áreas de reforestación y forestación de la duna artificial será de 2 ind/m<sup>2</sup> para especies rastreras y arbustivas bajas, y de 1 ind/m<sup>2</sup> para especies arbustivas altas y palmas, por lo que en el área de la duna artificial la densidad aumentará de 0 a 1.5 ind/m<sup>2</sup>.</p>
0.38	Pérdida de individuos	Elemento	<p>Este será un impacto negativo, directo, sinérgico y de mediano plazo, resultado de las labores de eliminación de la vegetación halófito costera para el relleno provisional y permanente de la playa, así como para la construcción de la duna artificial; sin embargo, se compensará por medio de las labores de rescate que se realizarán de manera previa a la construcción, y de reforestación que se llevarán a cabo posteriormente en la misma zona.</p> <p>La vegetación colindante con el proyecto podría ser afectada por enterramiento con arena durante las labores de conformación de la duna artificial, lo cual provocaría que algunos de los ejemplares murieran paulatinamente. Para evitar esto, se colocará una protección hecha con tablas de triplay a lo largo de cada zona de trabajo de reconfiguración de la duna costera, que funcione de tal forma que impida el paso de la arena desde la zona de duna costera hacia la cuenca inundable o zonas de vegetación.</p> <p>Por otra parte, ya que la mayor parte de los individuos que se desarrollan en el área que será desmontada corresponden a especies de porte arbustivo y herbáceo, su recuperación será más sencilla y rápida ya que no requerirán de mucho tiempo para restablecerse y alcanzar su talla actual.</p> <p>Las labores de rescate de vegetación que se realizarán de forma previa al desmonte, asegurarán que los ejemplares de especies y tallas viables sean llevados al vivero en donde permanecerán hasta ser trasplantados de nuevo en el área de donde fueron extraídos. De esta forma se reduce considerablemente este impacto.</p>

**Tabla 5. 26.** Análisis de significancia de los impactos correspondientes al factor Suelo.

Síntesis de caracterización			
<b>11. Factor: Suelo</b>	<p>Las unidades de paisaje del SAR del proyecto corresponden a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Playa arenosa. - que presenta un perfil de playa menor a 10°, no se desarrolla suelo y sobre ella se encuentran restos de pastos marinos y algas y se presentan procesos de oleaje moderado y de baja energía, erosión de playas y abrasión de arena.</li> <li>b) Costa baja arenosa y rocosa. - se caracteriza por depósitos litorales del holoceno constituidos por arena blanca compuesta principalmente de fragmentos de ostras, bivalvos y gasterópodos, echado o buzamiento débil hacia el mar. Es un ambiente de oleaje moderado y de baja energía con acumulación de arenas, abrasión en arenas, insolación e intemperismo severos. Acumulación de cantos, bloques calcáreos y restos de conchas. Por otra parte, la playa rocosa es una plataforma formada por calizas y coquinas donde el ambiente presenta oleaje intenso, corrosión y abrasión a lo largo de fracturas y grietas.</li> <li>c) Planicie de inundación con manglar. - constituye un lecho de inundación permanente en algunas zonas y temporal en otras, en donde se desarrolla vegetación de manglar y se presentan procesos lénticos de baja energía física e influencia de procesos biológicos, eutrofización y evaporación, sus suelos son hidromórficos tipo solonchak y gleysol con procesos de eluviación.</li> </ul> <p>En cuanto a la estructura, textura, fases, pH, porosidad, capacidad de retención del agua, salinización y capacidad de saturación del suelo en el área de estudio puede decirse que los suelos de los bajos inundables que caracterizan a la Unidad son de tipo arenoso-margoso, color gris claro, con drenaje deficiente por lo que pueden permanecer inundados ya entrada la temporada seca del año y un pH ácido debido a la cantidad de materia orgánica en descomposición que puede encontrarse en estas zonas de humedales. En cuanto a las características físicas del suelo en la sección terrestre de las obras del proyecto, se encontró que en la franja de playa el suelo se encuentra compactado por el pisoteo y limpieza continuos, lo que ha disminuido su capacidad de infiltración al rango de 500-1000 cm h-1. La densidad aparente de la playa es de 1.34 g/cm<sup>3</sup>, mientras que en la duna costera es de 1.33 g/cm<sup>3</sup>.</p>		
	I.I.	Impacto	Nivel
0.56	Contaminación	Elemento	<p>Este impacto será negativo, directo, simple y de largo plazo. Sin embargo, no es significativo debido a que las acciones que lo provocarán serán temporales y de corta duración. Éstas se agrupan en todas las que requieren del uso de maquinaria pesada en tierra, es decir, las obras de reconformación de playa y duna, así como las que implican el uso de sustancias químicas como fertilizantes o plaguicidas y la generación de residuos sólidos, líquidos o peligrosos.</p> <p>La maquinaria a utilizar requiere de combustibles fósiles tipo gasolina o diésel para su funcionamiento, así como de aceites para la lubricación de sus partes. Dichas sustancias pueden derramarse o gotear de la maquinaria y contaminar el suelo. Este impacto se mitigará realizando todas las labores necesarias de llenado de tanques de combustible, mantenimiento y reparación fuera del área del proyecto, aprovechando el área que se designe para ello, la cual contará con las características necesarias para evitar la contaminación del suelo.</p> <p>En el caso de los agroquímicos, éstos serán utilizados durante las labores de reforestación y mantenimiento de duna solo en caso necesario, sin embargo, su uso representa un riesgo de contaminación para el suelo. Para disminuir este riesgo los agroquímicos se utilizarán solo en caso extremo, siguiendo las instrucciones del fabricante y únicamente se usarán los que se encuentren autorizados por la CICOPLAFFEST. De igual forma, serán almacenados adecuadamente en las áreas designadas para ello.</p> <p>La generación de residuos sólidos, derivada principalmente de la limpieza de playa, de la reforestación de duna y de las labores de relleno y de retiro de los geotubos de las estructuras de protección no se consideró un riesgo de contaminación para el suelo debido a que el volumen generado será mínimo. Además, se dispondrá de los residuos de manera apropiada, siguiendo lo que dicte la autoridad competente. El proyecto aprovechará las instalaciones del proyecto para almacenar temporalmente los residuos, las cuales cubren con las especificaciones necesarias para evitar contaminar el aire, el agua o el suelo.</p>



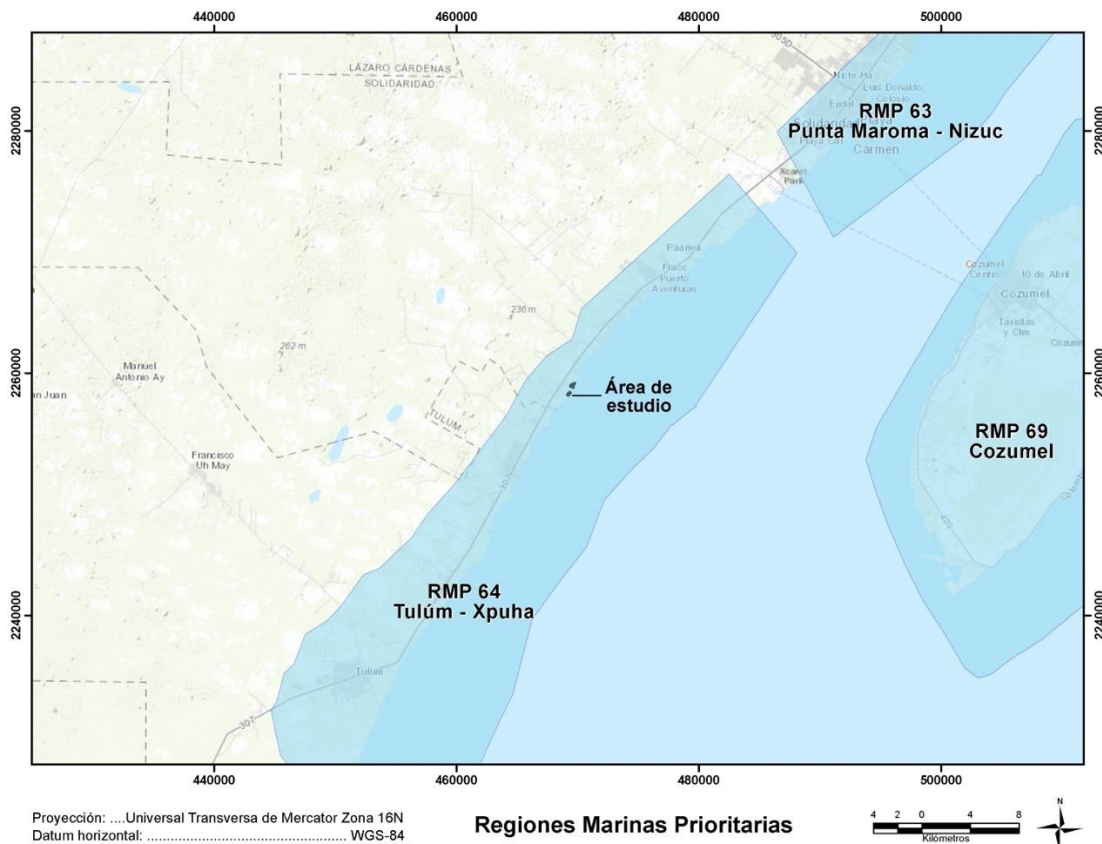
### 5.5 Impactos acumulativos

En atención a lo que establece la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, entendidos como aquellos que resultan del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (Art. 3 Fracción VII del mismo reglamento).

El análisis de los impactos ambientales de este tipo se basó en la determinación de las desviaciones de la “línea base o cero” originadas por efectos aditivos, considerando que el proyecto no es la única fuente de cambio en el SAR. Por ello fue importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto interactúa.

Es importante resaltar que el área donde se ubica el proyecto se encuentra dentro del área marina prioritaria No. 64 Tulum-Xpu-Ha, catalogada por CONABIO, la cual se caracteriza por la presencia de cenotes, caletas, arrecifes y dunas costeras, así como por el aporte de agua dulce por ríos subterráneos (**Figura 5. 32**).

**Figura 5. 32.** Ubicación de las áreas marinas prioritarias identificadas por CONABIO, con relación a la localización del proyecto.



Fuente: Elaboración propia GPPA con base en la información de CONABIO 2013.

La problemática ambiental señalada por CONABIO para cada zona, influyó en la clasificación de los impactos identificados para el proyecto como acumulativos y/o sinérgicos. En el caso de la zona prioritaria Tulum-Xpu Ha se ha detectado la modificación del entorno debida a dragados, relleno de áreas inundables, desforestación y daño al ambiente por embarcaciones pesqueras y turísticas. Los principales problemas ambientales identificados por CONABIO son el blanqueamiento de corales, la contaminación por basura y aguas residuales, así como presión excesiva sobre los recursos manatí y tortugas. Todo lo anterior provocado principalmente por la falta de regulación en el uso de caletas y cenotes por parte del sector turístico.

La identificación de los impactos acumulativos se realizó a partir de los resultados de las matrices de significancia, el juicio de expertos y la interpretación geográfica, así como de las proyecciones que se presentan en el capítulo 7 del presente estudio. De lo anterior se identificaron los siguientes impactos acumulativos positivos:

- Aumento de la superficie de playa
- Generación de atractivo turístico
- Demanda de mano de obra (generación de empleos directos)
- Demanda de insumos (generación de empleos indirectos)

Los impactos acumulativos negativos, fueron los siguientes:

- Alteración de geoformas
- Pérdida de extensión de matorral costero
- Pérdida de individuos de biota marina
- Pérdida de individuos de fauna terrestre
- Contaminación de agua marina

Tres de los cuatro impactos acumulativos positivos inciden sobre el factor socioeconómico y corresponden a la generación de empleos directos e indirectos, así como al aumento de oferta turística.

En cuanto a los impactos acumulativos positivos, por su incidencia solo el aumento en la superficie de la playa y la generación de atractivos turísticos se encuentran en la categoría de Significativos. El resto de los impactos acumulativos negativos identificados presentaron un Índice de Incidencia que los clasifica como No Significativos.

Acerca de los impactos acumulativos negativos, todos resultaron ser no significativos, con excepción de la contaminación del agua que resultó ser despreciable. La alteración de geoformas fue el de mayor significancia, tanto por su incidencia como por su magnitud, además de que otros de los impactos acumulativos detectados se asocian a él (pérdida de extensión y de cobertura de duna costera, pérdida de individuos de fauna terrestre).

La pérdida de extensión y disminución de cobertura matorral costero, son impactos acumulativos no significativos. En los apartados anteriores se explica con detalle que la magnitud de dichos

impactos no será significativa ya que la superficie afectada representa una superficie muy pequeña del predio y del SAR. En cuanto a su incidencia, se explica con detalle que estos impactos no serán significativos debido a las condiciones de baja diversidad y pobre estructura que presenta la duna costera actualmente, así como a las labores de reconfiguración y forestación de la duna costera que forman parte del proyecto.

En cuanto a la pérdida de individuos de fauna terrestre y de biota marina, ambos impactos acumulativos serán no significativos, debido a que se realizarán labores de rescate previas al desarrollo de las obras del proyecto que mitigarán el impacto de forma considerable, así como en el área, tanto terrestre como marina, la diversidad faunística encontrada fue baja.

Por último, con relación a la contaminación del agua marina este impacto se considera acumulativo debido a las posibles descargas de aguas residuales, así como a los lixiviados de tiraderos clandestinos que pudieran existir en la zona. Sin embargo, el proyecto contará con todas las medidas de prevención necesarias para evitar que se contamine el agua marina del SAR (ver Capítulo 6), por lo que este impacto se considera despreciable.

## 5.6 Impactos residuales

Tal y como lo establece la fracción V del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se deberán identificar, evaluar y describir los impactos residuales, entendidos como aquellos que persisten después de la implementación de medidas de mitigación (Art. 3 Fracción X del mismo reglamento).

Dichos impactos representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente y a partir de ellos se determina el “costo ambiental” del proyecto, es decir la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR.

La identificación de estos impactos se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, el cual se entiende como la capacidad de los ecosistemas de recobrar su funcionalidad ambiental. Los impactos con calificación de 3 implican efectos en el ambiente que no le permitirán regresar a su estado original, aún con la aplicación de medidas de mitigación, por lo que se les consideró residuales. Los impactos con valores menores a 3 se consideraron recuperables siempre que se implementen las medidas de compensación y/o mitigación que se presentan en el Capítulo 6.

Derivado de lo anterior se puede establecer que el proyecto generará solo un impacto residual negativo que corresponde a la alteración de geoformas y que se evaluó como no significativo. Deriva de la construcción de la duna artificial, la cual se elevará como un elemento nuevo en el paisaje, con una altura mucho mayor a la que presenta actualmente. Tal y como se explica en apartados anteriores., este es un impacto negativo porque modifica el paisaje natural, sin embargo, los efectos de dicho impacto generan otros que son positivos, como la protección del manglar y la infraestructura turística adyacente y la conservación de la superficie de la playa, por lo que se considera un impacto que no alterará negativamente la integralidad funcional de los ecosistemas del predio ni del SAR. El resto de los impactos negativos no serán residuales porque el proyecto cuenta con medidas de mitigación eficientes que garantizan que los ecosistemas y recursos asociados retornen a su estado original e incluso mejoren la prestación de servicios ambientales.

Los impactos residuales positivos identificados fueron los siguientes:

- Aumento de la superficie de playa
- Mantenimiento de la superficie de playa
- Aumento de oferta turística
- Aumento de diversidad y cobertura de duna costera
- Estabilización de la zona litoral
- Aumento de la densidad de flora terrestre
- Modificación del fondo marino
- Generación de hábitat para fauna terrestre

En cuanto a los impactos positivos la mayoría de éstos, con excepción de los de tipo socioeconómico, se relacionan con la recuperación de la superficie de playa y el mejoramiento de las características geomorfológicas y ecológicas de la duna costera.

La construcción de la duna artificial protegerá a los ecosistemas aledaños y a la infraestructura turística del efecto de vientos y oleaje de tormenta. De esta manera disminuirá proceso de retroceso de la playa y muerte de la vegetación asociada a este durante dichos eventos climáticos. De igual forma, la forestación de la duna costera artificial mejorará su estructura haciendo a este ecosistema más resistente a los impactos adversos, tanto naturales como antropogénicos, lo que redundará en una menor tasa de pérdida de extensión de vegetación y en el mantenimiento de la superficie de la playa. Esto repercutirá a su vez en la generación de hábitat de mejor calidad para la fauna terrestre.

La colocación de las estructuras de protección generará un impacto residual positivo indirecto, ya que modificará el patrón del oleaje para disminuir la erosión de la línea de costa, lo que redundará en el aumento de la superficie de playa. Así mismo, modificará el fondo marino creando una zona con mayor heterogeneidad ambiental lo que aumentará la biodiversidad ya que proporcionará sitios de refugio, alimentación y reproducción para un mayor número de especies de biota marina.

## 5.7 Descripción de impactos ambientales

En esta sección se describen los impactos ambientales identificados como resultado del proceso de análisis correspondiente, a partir de los diversos componentes ambientales del área de influencia directa e indirecta del proyecto, definidos en el Capítulo 2 de esta MIA-R, así como de los resultados de las listas de chequeo del proyecto, de las matrices de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales y de Evaluación de Impactos Potenciales, y de la opinión de expertos.

Los impactos descritos a continuación incluyen los que resultaron con un I.I. menor a 0.33 por lo que se consideraron despreciables. Para su mejor comprensión se dividirán en negativos y positivos de acuerdo a lo establecido en las listas de chequeo y matrices y se analizarán por factor afectado. Las medidas de mitigación sugeridas y presentadas en el Capítulo 6 garantizan que no persistirán efectos negativos en el ambiente después de su aplicación debidas a estos impactos.

### 5.7.1 Agua marina

#### *Contaminación y aumento de turbidez*

La contaminación del agua marina es un impacto que deriva de la operación de la maquinaria y embarcaciones para llevar a cabo las diversas actividades del proyecto en la zona marina, como son la draga, bombas sumergibles y embarcaciones menores (ver Capítulo 2). Ya que todas estas

máquinas requieren de combustibles fósiles y de lubricantes derivados del petróleo para su correcta operación, existe el riesgo de derrames al mar durante la realización de actividades. Sin embargo, el impacto se consideró despreciable ya no todas las máquinas estarán operando al mismo tiempo, a que la cantidad de aceite y combustible que manejan es pequeña y a que las corrientes marinas en la zona dispersarían rápidamente un derrame de las proporciones que pudieran ocurrir al desarrollarse el proyecto.

Por otra parte, como medida preventiva y para reducir el riesgo de contaminación ante un derrame de hidrocarburos en el sitio; cualquier servicio o reparación de la maquinaria de uso marino se realizará fuera del área de extracción de arena, de navegación o de anclaje y maniobras. Para el caso de la draga, todas las labores de mantenimiento se llevarán a cabo en el puerto de Calica o en Puerto Morelos.

Asimismo, todas las embarcaciones involucradas en el proceso de extracción, transporte y vertido de arena contarán con flotadores absorbentes para contención de derrames de hidrocarburos a bordo y con la preparación y el procedimiento adecuados para proceder en tal caso. La verificación de que los materiales y herramientas a utilizar en caso de una contingencia por derrame de hidrocarburos se encuentren en buen estado, así como el procedimiento a seguir en dado caso que se presente una situación de contingencia será supervisada en el marco del Subprograma de prevención y manejo de contingencias del Sistema de Manejo y Gestión Ambiental.

Por otro lado, la arena que se depositará para la recuperación provisional de 10 m de playa antes de construir las estructuras de protección no generará contaminación ya que los sedimentos que serán vertidos provienen de un banco terrestre autorizado ubicado en Puerto Morelos y cuentan con características granulométricas y de composición que los hacen compatibles con los encontrados en la playa del proyecto.

En cuanto al aumento de turbidez, es un impacto que se presentará debido a la extracción de arena de los bancos seleccionados y su posterior vertimiento en los geotubos y la playa. Sin embargo, los sedimentos que se generen con la succión de la arena se controlarán utilizando barreras de malla geotextil que tendrán flotadores en la superficie y lastre en el fondo para extenderlas y retener los sedimentos en la zona; estarán debidamente señalizadas y supervisadas para su buen funcionamiento. Así mismo, se utilizarán estas mallas geotextiles en sitios estratégicos durante la construcción del Proyecto como por ejemplo en el vertimiento de arena para el llenado de geotubos (para protecciones marinas y conformación de la duna), como una medida preventiva.

El proceso de instalación y tipo de selección de las mallas se basará en los lineamientos de la USCE, (United States Army Corps of Engineers). Por otra parte, el tiempo en que se realizarán estas actividades será muy corto y, debido al tipo de arenas que se extraerán, estas se precipitarán al fondo a menos de 600 m de distancia. Aunado a lo anterior, las obras de extracción, transporte y vertido de arena solo se llevarán a cabo entre los meses de marzo y julio para reducir al máximo las condiciones climáticas adversas, se monitoreará constantemente las condiciones climáticas a través de los diferentes sistemas de monitoreo de sitios oficiales.



### 5.7.2 Biota marina

#### *Pérdida de individuos*

#### *Pérdida de hábitat*

#### *Conservación de individuos*

La pérdida de individuos y la pérdida de hábitat para la biota marina son impactos negativos directos. Serán provocados por las labores de colocación de los geotubos y de las estructuras de protección, así como por las obras de relleno de la playa con arena, ya que será inevitable dañar organismos bentónicos que se encuentren enterrados bajo la arena. Los daños pueden ir desde lesiones leves hasta la muerte y los grupos de organismos más vulnerables a este impacto son los equinodermos, moluscos y algunos anélidos.

En el caso de los bancos de arena, la biota bentónica es muy escasa, la vegetación marina es prácticamente inexistente y los peces presentes pueden retirarse del sitio de forma temporal instintivamente, por lo que los impactos generados por las actividades en esta área, sobre la biota marina, no se consideran significativos.

Para el caso de las obras de los diferentes componentes del proyecto como la colocación de estructuras de protección, relleno de playa, entre otros, los impactos no se consideran significativos ya que las áreas en donde se llevarán a cabo dichas actividades presentan una baja densidad de organismos bentónicos, lo que reduce considerablemente la probabilidad de dañarlos durante el desarrollo de las actividades mencionadas.

Una vez instalados las estructuras de protección generarán un nuevo tipo de hábitat, con mayor heterogeneidad, que permitirá la recuperación paulatina de la diversidad y abundancia de biota marina en los sitios afectados.

Por otra parte, la conservación de individuos es un impacto positivo, directo y simple que deriva de las acciones de rescate de biota marina que se implementarán antes de comenzar la etapa de construcción y será una medida de mitigación del impacto negativo de pérdida de individuos. Sin embargo, se considera despreciable debido a que en las áreas que serán afectadas por el desarrollo del proyecto la abundancia y diversidad de biota marina es baja.

### 5.7.3 Sustrato marino

#### *Modificación del fondo marino*

La modificación del fondo marino se evaluó como un impacto positivo, directo, simple y residual. Será resultado de las actividades de dragado de los bancos de arena y de la colocación de estructuras de protección marinas (geotubos y estructuras de protección). Los geotubos y estructuras de protección cambiarán el sustrato arenoso por una superficie sólida y rugosa, y modificarán la batimetría.

Este impacto tendrá consecuencias positivas indirectas sobre otros factores como la biota marina, ya que producirá un ambiente más favorable para el desarrollo de organismos bentónicos como esponjas y pastos marinos. Por otra parte, la colocación de los geotubos y estructuras de protección creará un ambiente más heterogéneo, que permitirá su colonización por un mayor número de especies marinas de las que actualmente se encuentran en el área designada para su

ubicación. Sin embargo, ya que las superficies en las que se producirá este impacto son muy pequeñas con relación al SAR, este impacto se considera No Significativo.

#### 5.7.4 Flora terrestre

##### *Pérdida de individuos*

##### *Conservación de individuos*

##### *Aumento de densidad*

La pérdida de individuos de flora terrestre será un impacto negativo, directo y sinérgico, que será el resultado de las labores de eliminación de la vegetación de la duna costera original y la preparación del terreno para el desarrollo de la duna artificial y la reconfiguración de la playa. Es importante mencionar que actualmente esta zona solo se encuentra cubierta de vegetación al sur y al norte, pero en el centro ha sido sustituida por infraestructura.

Sin embargo, este impacto negativo será compensado con el segundo impacto, denominado conservación de individuos, el cual consiste en el rescate de individuos vegetales y el trasplante de ejemplares de especies propias de duna costera en el área destinada para la forestación de la duna artificial, actividades realizadas en el marco del Programa de Manejo Integral de la Vegetación. Los ejemplares que serán utilizados para las actividades de forestación y reforestación, serán los rescatados en las áreas de aprovechamiento, y los propagados ya sea vegetativamente o por semilla, los cuales se producirán y se les dará mantenimiento en los viveros considerados por el Proyecto. Las actividades de reproducción de especies vegetales se realizarán antes de comenzar el resto de las actividades del proyecto y tienen como objetivo salvaguardar la diversidad florística del sitio. Sin embargo, debido a que la superficie con cobertura vegetal que será afectada por las obras del proyecto será muy pequeña con relación al SAR, y a que la composición y estructura de la vegetación de duna costera y manglar en las zonas del proyecto son muy pobres en comparación con otras áreas de la región, ambos impactos se consideran no significativos.

En cuanto al aumento de densidad, éste es un impacto positivo y deriva de las acciones de forestación de duna artificial. Para la reforestación y forestación se realizó un diseño basado en el ángulo de visión del ojo humano, lo que determinó el porte y talla de los individuos a utilizar, así como también ayudó a determinar las zonas óptimas en donde se ubicaran los ejemplares; el diseño de plantación para cada zona se basó en el mejor aprovechamiento de espacios y se fundamentó en diseños sugeridos por expertos en la materia. Este impacto será directo, simple y residual, aunque se considera como No significativo debido a su magnitud en términos del área designada para reforestación y forestación comparada con el SAR.

#### 5.7.5 Fauna terrestre

##### *Pérdida de individuos*

##### *Conservación de individuos*

##### *Generación de hábitat*

La pérdida de individuos de fauna en la porción terrestre del proyecto es un impacto negativo, directo, acumulativo y sinérgico que derivará de la remoción de la vegetación original y de la

conformación del terreno para la construcción de la duna artificial y la reconfiguración de la playa. A pesar de que este impacto será mitigado por las labores de rescate de fauna previas al inicio de obras, se podrán causar lesiones a individuos de lento desplazamiento o que tienden a refugiarse bajo tierra o entre la vegetación muerta. Sin embargo, debido a la baja diversidad y abundancia de este tipo de organismos en el área, este impacto se considera no significativo.

Por otra parte, la conservación de individuos es un impacto positivo, directo y simple que pretende compensar el anterior, y deriva de las acciones de rescate de fauna terrestre que se implementarán antes de comenzar las labores de desmonte, realizadas en el marco del Programa de Manejo Integral de la Fauna. Sin embargo, se considera despreciable debido a que en las áreas que serán afectadas por el desarrollo del proyecto, la abundancia y diversidad de fauna de lento desplazamiento susceptible de rescate es baja. Para cuando se realicen las labores de rescate las especies de fauna que pudieran desplazarse lo habrán hecho ya, por lo que no se recuperará un gran número de ejemplares de fauna.

Por último, la generación de hábitat es también un impacto positivo, indirecto, sinérgico y residual que será consecuencia de la reconfiguración y forestación de la duna costera y del mantenimiento de la superficie de playa. Estas actividades generarán nuevos nichos ecológicos que podrán ser ocupados por diversas especies de fauna, tanto para descansar, refugiarse o alimentarse, como para reproducirse. Esto aumentará la biodiversidad de la zona, sin embargo, debido a la superficie que representa el proyecto en términos del SAR, no se considera un impacto significativo.

### 5.7.6 Suelo

#### *Contaminación*

#### *Modificación de las características físicas*

La contaminación del suelo se evaluó como un impacto negativo, directo, simple y sinérgico. Derivará de las acciones del proyecto que generen residuos de tipo sólido, líquido o peligroso como por ejemplo las aguas residuales domésticas generadas por el personal, los residuos peligrosos generados por las acciones de mantenimiento de la maquinaria y vehículos de transporte, la basura doméstica generada por el consumo de víveres del personal contratado, entre otras. Sin embargo, el proyecto incluye una serie de medidas de prevención para evitar que dichos residuos entren en contacto con el suelo y lo contaminen (ver Capítulo 6), por lo que este impacto se reduce casi totalmente.

Entre las medidas a implementar por el proyecto se pueden citar el uso de sanitarios portátiles y su mantenimiento constante por empresas autorizadas, el uso de centros de abastecimiento de combustible cercanos, uso de vehículos dispensadores de combustible para la maquinaria, el uso de contenedores de residuos sólidos ubicados estratégicamente y debidamente señalizado para su correcta separación, entre otros. Por otro lado, las actividades que podrían generar riesgo de contaminación al suelo serán temporales y de corta duración y el volumen de los residuos generados será muy pequeño. Por lo anterior este impacto se considera No Significativo.

La modificación de las características físicas del suelo es un impacto negativo, directo y simple que se refiere a cambios en la estructura y química del suelo. Derivará de las acciones de nivelación y compactación del terreno para la reconfiguración de la playa y duna artificial, así como del relleno de playa y cobertura de la duna con arena de los bancos seleccionados. Dichas acciones se llevarán a cabo sobre el área cubierta por vegetación de duna costera, en donde se encuentran suelos tipo arenosol. Estos suelos, a pesar de no tener una estructura bien

conformada, contienen materia orgánica y nutrientes que son aprovechados por las plantas en su crecimiento o transportados al manglar por medio de escurrimientos subsuperficiales, y que perderán dichas características al ser removidos o compactados. Sin embargo, este impacto será compensado con la construcción de la duna artificial, la cual será reforestada con especies nativas que con sus raíces y materia orgánica restituirán paulatinamente las características del suelo e incluso podrían mejorarlo. Por otro lado, la superficie que recibirá este impacto es muy pequeña con relación al SAR, por lo que este impacto se considera No Significativo.

### 5.7.7 Agua superficial

#### *Contaminación*

Este impacto deriva de las actividades del proyecto que generen residuos líquidos en la zona terrestre, o que impliquen el manejo de sustancias peligrosas que pudieran entrar en contacto con el agua superficial, específicamente en la cuenca donde se desarrolla el manglar. Se consideró despreciable debido a que el volumen de residuos líquidos que será generado por el desarrollo del proyecto es pequeño (50 l/día) y a que el proyecto contará con la infraestructura necesaria para manejar este tipo de residuos adecuadamente, ya que usará la del proyecto en funcionamiento.

Para manejar adecuadamente las aguas residuales domésticas generadas por los 83 trabajadores contemplados durante la etapa de construcción, se requerirán entre 4 y 5 letrinas portátiles con capacidad de 10 litros cada una, las cuales se limpiarán diariamente. En cuanto al proceso de dragado, la draga no generará líquidos que deban ser liberados en sitio.

### 5.7.8 Aire

#### *Contaminación por gases y polvos y contaminación por ruido*

Los impactos al aire serán provocados por la operación de la maquinaria requerida para el desarrollo del proyecto, tanto en el mar como en tierra. Se consideraron despreciables ya que el tipo y número de unidades de maquinaria pesada, vehículos y embarcaciones contarán con el sistema de escape y silenciadores en buenas condiciones de operación, así como con adecuada afinación de los motores de combustión interna.

Todas las emisiones estarán debajo de los niveles máximos permisibles establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas siguientes: NOM-041-SEMARNAT-2006 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible; NOM-045-SEMARNAT-1996 que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible; NOM-080-SEMARNAT-1994 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores.

Por otra parte, los gases y polvos que pudieran emitirse serán dispersados rápidamente por las corrientes de aire que imperan en la zona, además de que el impacto será solo temporal y de corta duración.

La mayor parte de los impactos negativos despreciables cuentan con alguna medida de mitigación o compensación, que se explica ampliamente en el Capítulo 6.

### 5.7.9 Paisaje

#### *Alteración de geoformas*

Este impacto es negativo, directo, acumulativo, sinérgico y residual. Será consecuencia de las actividades de nivelación y compactación de la playa, la excavación de tarquinas, la conformación de la duna artificial y la construcción de la caleta artificial. De todas las actividades anteriores, únicamente la excavación de tarquinas tendrá carácter temporal; el resto serán permanentes.

Por otra parte, la construcción de la duna artificial y la caleta artificial también tendrán efectos positivos de mayor relevancia que sus efectos negativos. Constituirá una barrera contra el oleaje y vientos de tormenta que permitirá que la vegetación de duna costera no sea eliminada por completo durante dichos fenómenos, evitando que la arena invada el manglar y reduzca su superficie; de igual forma, proporcionará estabilidad a la zona de playa disminuyendo su tasa de erosión. Así mismo proveerá de protección a las instalaciones del proyecto que se encontrarán detrás de la duna conformada. Por todo lo anterior este impacto se considera Significativo.

### 5.7.10 Socioeconómico

#### *Generación de atractivos turísticos*

##### *Demanda de insumos*

##### *Demanda de mano de obra y servicios*

Los impactos que incidirán sobre el factor socioeconómico son todos positivos, directos, acumulativos y sinérgicos. La demanda de insumos resultará de las acciones del proyecto que requieran de productos no manufacturados en el predio, como gasolinas, refacciones, herramientas, agroquímicos, etc. La demanda de mano de obra y servicios derivará de todas las actividades del proyecto que requieran de personal para su realización, así como de servicios tales como recolección de residuos, supervisión ambiental, entre otras. Mediante estas acciones se generarán empleos directos e indirectos pero temporales, ya que al finalizar la fase de construcción no se requerirá de más mano de obra. Durante la fase de operación se generarán empleos directos a muy pequeña escala. Por esto ambos impactos se consideran No Significativos.

La generación de atractivos turísticos es además un impacto residual que se deberá al relleno de la playa, que generará un ambiente agradable para el descanso y recreo de los bañistas. Este impacto permanecerá una vez terminadas las actividades del proyecto, por lo que generará beneficios a mediano plazo. Considerando que la economía del estado de Quintana Roo se basa en el desarrollo del turismo de sol y playa, este es un impacto Significativo.

### 5.7.11 Dinámica litoral

#### *Estabilización de la zona litoral*

##### *Alteración de la dinámica litoral*

Estos impactos serán positivos, indirectos, simples y sinérgicos. La estabilización de la zona litoral es, en particular, uno de los impactos positivos más importantes del proyecto ya que constituye uno de los objetivos del mismo, que es el de disminuir el proceso erosivo natural que impera en el



frente de playa de los predios en cuestión. Derivará de la colocación de protecciones marinas y la conformación de la duna artificial, que disminuirán el efecto del oleaje durante eventos de tormenta y por lo tanto reducirán el proceso erosivo. Este impacto se considera significativo.

En cuanto a la alteración de la dinámica litoral, éste será un impacto directo derivado de la colocación de las protecciones marinas y las estructuras de protección, que disminuirán el oleaje que incide sobre la costa frente al predio. Esto representa un cambio en la dinámica litoral que es positivo ya que incide sobre el proceso de erosión de la playa, reduciéndolo especialmente durante eventos de tormenta. Sin embargo, debido a que el efecto no implica la alteración de corrientes marinas se considera no significativo.

En eventos de surada o norte se espera que la arena de la playa se reacomode de manera que la saliente se haga más pronunciada y se genere un tómbolo detrás de las protecciones marinas, cargado ya sea al sur o al norte de acuerdo al evento que se presente. Se espera también que la superficie de la playa aprovechable cambie un poco sin embargo la cantidad de arena en el área permanecerá sin cambios importantes. Después de finalizar los eventos de surada o norte, se espera que poco a poco los tómbolos se conviertan en salientes nuevamente y la arena se acomode recobrando su estado “normal” o su estado en su “tiempo cero”.

#### 5.7.12 Arrecife coralino y crecimiento arrecifal

##### *Aumento de enfermedades*

##### *Disminución de la tasa de crecimiento*

Ambos impactos serán negativos, indirectos, simples, temporales y sinérgicos. Serán provocados por la depositación de sedimentos que serán removidos durante las labores de extracción, transporte y depositación de arena del proyecto. El aumento de enfermedades y la disminución de la tasa de crecimiento coralino son impactos que podrían derivarse principalmente de las actividades de dragado del banco de arena SIR-1 y SIR-2, del llenado de geotubos marinos y la depositación de arena en la playa, ya que generarán una pluma de dispersión de sedimentos finos que podría depositarse sobre los corales.

Sin embargo, debido a las medidas de prevención y mitigación que se proponen como parte del proyecto, estos impactos no se presentarán. Las mallas geotextiles que se colocarán en sitios estratégicos determinados después de un cuidadoso análisis de las corrientes imperantes en la zona, así como de la granulometría de los sedimentos que serán extraídos del banco de arena mencionado (lo que dio lugar a la generaron polígonos de dispersión), garantizan que los corales cercanos no serán afectados por la depositación de sedimentos.

Por otra parte, el tipo de embarcaciones que serán utilizadas para llevar a cabo las actividades del proyecto, son del calado adecuado para evitar impactos a los arrecifes. Asimismo, debido a que la ruta seleccionada para el transporte de la arena desde el banco hasta el área de depositación, se encuentra alejada del sistema de arrecifes, disminuye la probabilidad de accidentes en este ecosistema y por lo tanto del aumento de enfermedades o disminución de su tasa de crecimiento.

### 5.7.13 Productividad primaria

#### *Aumento en la producción de biomasa*

Este impacto será positivo, indirecto y simple. Deriva del aumento en la cobertura y densidad de la vegetación de duna costera y manglar, los cuales son efectos a su vez de las acciones de reforestación de duna costera, forestación de duna artificial y disminución del proceso erosivo del litoral.

El aumento de la densidad y cobertura, así como el mejoramiento de la estructura de los ecosistemas de duna costera, implican una mayor producción de biomasa que puede ser cuantificada a través de diversas técnicas. Este impacto es importante considerando el proceso de calentamiento global debido a la deforestación y la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así como el proceso de formación de suelo. A pesar de que los ecosistemas del predio del proyecto no son tan productivos como una selva, pueden capturar carbono a través del crecimiento de sus especies de flora y devolver nutrientes al suelo. Sin embargo, por ser un impacto indirecto y debido a que la superficie de duna y manglar en las que se espera un aumento de productividad como resultado de la implementación del proyecto es muy pequeña con relación al SAR, este impacto se considera No Significativo.

### 5.7.14 Sucesión

#### *Modificación de los patrones de sucesión*

Este impacto deriva de las acciones de reforestación de la duna costera. Al enriquecer la comunidad de duna costera con nuevas especies nativas y adaptadas a las condiciones imperantes en cada ecosistema, se estará adelantando el proceso de sucesión secundaria. Esto llevará a una recuperación más rápida de dichos ecosistemas. Sin embargo, debido a la lentitud del proceso de sucesión y a que el área a reforestar es pequeña en comparación con el SAR, este impacto se consideró despreciable.

### 5.7.15 Arenales

#### *Pérdida de arena*

Este impacto será negativo, directo, simple y de largo plazo. Se deberá a las actividades de extracción de arena para el relleno de la zona de playa y el llenado de geotubos del proyecto. Afectará a la zona de los bancos de arena seleccionados. No se considera un impacto que altere la integridad de los ecosistemas, ya que los sitios de extracción se han seleccionado cuidadosamente considerando la profundidad a la que se ubican, la cantidad de arena que contienen, la velocidad y dirección de las corrientes en cada sitio y su cercanía con arrecifes coralinos. De esta forma se evitarán daños a los arrecifes cercanos y a cualquier otro tipo de biota marina.

La superficie afectada representa menos del 3.9% de los arenales ubicados en el SAR de extracción. Por otra parte, este impacto no es residual ya que el movimiento natural de las corrientes acumulará paulatinamente arena en el sitio, recuperando sus características originales a mediano plazo.

### 5.7.16 Matorral costero

#### *Disminución de cobertura*

#### *Aumento de la diversidad y cobertura*

La pérdida de extensión y la disminución de la cobertura del matorral son impactos negativos, directos, acumulativos y sinérgicos que serán consecuencia de las actividades de preparación y conformación del terreno para la construcción de la duna artificial y la reconfiguración de la playa. Implicarán la pérdida de cobertura vegetal en el área designada para dichas actividades, así como la disminución de su cobertura en zonas aledañas producto del movimiento de maquinaria y equipo necesario para la realización de las actividades ya mencionadas.

Sin embargo, estos impactos se consideran no significativos ya que, en términos de magnitud, la superficie afectada es muy pequeña (0.11 ha que representan el 0.05% del matorral costero del SAR). En términos de su significancia, la duna costera en el área del proyecto presenta baja diversidad biológica y su estructura geomorfológica indica que se encuentra sometida a un proceso intenso y continuo de erosión, por lo que no cumple con las funciones de protección a la línea de costa que normalmente tienen otras áreas con dunas costeras estabilizadas y mejor estructuradas en la región.

El aumento de diversidad y cobertura de duna costera será un impacto positivo que compensará los dos impactos negativos analizados en los párrafos anteriores. Será directo, sinérgico y residual y derivará de las acciones de reconfiguración y forestación de la duna costera, así como de las medidas de manejo y protección de la duna costera que forman parte del Programa de Gestión y Manejo Integral del Proyecto (Capítulo 6). Ya que para la forestación de la duna artificial se utilizarán únicamente especies nativas de la región y características de este tipo de comunidad, se aumentará la diversidad de la zona, así como la cobertura vegetal original, por lo que este impacto se consideró significativo.

### 5.7.17 Playa

#### *Aumento de la superficie*

#### *Mantenimiento de la superficie*

Ambos impactos son positivos, sin embargo, el aumento de superficie de playa será directo y acumulativo mientras que el mantenimiento de la superficie de playa será indirecto y simple.

El aumento de la superficie de la playa se deberá al relleno con arena obtenida de los bancos elegidos. El relleno se ubicará a lo largo del frente de playa del predio, sobre la duna artificial y tendrá un ancho original de 22 a 25 m de playa en promedio a lo largo de los 1,730 m lineales aproximadamente que la conforman. El ancho y largo del relleno variará de manera natural dependiendo de las condiciones ambientales predominantes en el sitio a lo largo del año.

Este impacto tendrá efectos positivos en factores como el socioeconómico, al mejorar las condiciones de la zona como atractivo turístico, o la fauna terrestre, al proporcionar hábitat para alimentación y reproducción de especies como aves marinas y vadeadoras o reptiles como las tortugas marinas. Se considera a este como un impacto Significativo.

El mantenimiento de la superficie de playa será un impacto que derivará de forma indirecta del conjunto de actividades y obras del proyecto. Como ya se explicó en el caso del impacto denominado aumento de cobertura de manglar, las obras del proyecto están diseñadas para evitar la erosión de la playa, por lo que se mantendrá su superficie sin necesidad de constantes rellenos. Debido a la superficie de playa que será recuperada, y a los impactos que derivarán de este en factores como el socioeconómico o la fauna terrestre, se considera un impacto significativo.

## 5.8 Construcción del escenario modificado por el proyecto

El efecto más importante del proyecto consistirá en la rehabilitación y reforestación de un total de 0.05 ha de duna costera y la recuperación de 24,234.72 m<sup>2</sup> de playa arenosa. La duna artificial proporcionará protección al manglar de los vientos y de ser cubierto por arena durante eventos de tormentas intensas, mientras que las estructuras de protección marina protegerán la playa, evitando que la marea de tormenta afecte directamente al manglar.

De igual forma, se reforestarán las 0.05 ha de vegetación de duna costera, lo cual aumentará la biodiversidad del área y generará importantes servicios ambientales en la zona, como la protección de la costa y generación de hábitat para la vida silvestre, entre otros.

El paisaje en la zona de playa y duna se habrá modificado de manera significativa durante la etapa de operación del proyecto. La zona de playa habrá recuperado una superficie de 30 m en promedio y en los segmentos que se ubican justo frente a las protecciones marinas se habrá ensanchado en promedio 30 m. La playa será dinámica y su ancho presentará variaciones a lo largo del año en respuesta a la dirección de los vientos dominantes y a la frecuencia e intensidad de tormentas.

Por otro lado, la duna costera se observará como una geoforma bien definida a lo largo de la playa, con una altura de +3.0 m.s.n.m., cubierta por vegetación compuesta por especies nativas adaptadas a las condiciones de ese ambiente. En ella se espera sea posible observar diversas especies de aves, tanto residentes como migratorias, haciendo uso de la vegetación para alimentarse, descansar o incluso reproducirse.

Asimismo, se espera que la diversidad de reptiles y mamíferos también aumente. Por otra parte, gracias al diseño de reforestación establecido en el capítulo 2, que evita colocar especies de porte alto frente a los ángulos de visión de cada uno de los edificios del proyecto, se reduce la necesidad de podar la vegetación, con excepción de las zonas aledañas a los pasos peatonales o áreas de estar. De igual forma, los proyectos mencionados se integrarán de manera más armónica con el ambiente natural de la duna costera, ya que se implementarán pasos hacia la playa de tipo andadores elevados que permitirán la acumulación de arena y su colonización por vegetación nativa, por lo que evitarán su erosión.

En el ambiente marino se espera que la calidad del agua permanezca sin cambios con relación a las condiciones que presentaba antes de implementar el proyecto. El arrecife que se desarrolla frente a la playa del proyecto no deberá presentar problemas de salud debidos a la sedimentación, aumento de enfermedades en los corales ni disminución de su diversidad. Por el contrario, se espera un leve aumento en la riqueza biológica del arrecife, debido a la colocación de Estructuras de protección, que proporcionarán refugio a diversas especies de peces e invertebrados marinos, así como sustrato para el desarrollo de diversas especies de flora y fauna marinas.

En cuanto a la laguna arrecifal, se espera que los pastos marinos que se encuentran cerca los bancos de arena SIR-1 y SIR-2, continúen su desarrollo sin ser afectados por el sedimento arenoso que pudiera depositarse sobre ellos como resultado de las corrientes y el oleaje. Lo anterior se

basa en los resultados de estudios realizados por Duarte y Sand-Jensen (1990) y Duarte *et al.* (1994), en donde describen que los pastos marinos pueden soportar ser cubiertos por sedimentos, produciendo cicatrices y nuevas hojas por encima del nivel del sedimento.

Los bancos de arena disminuirán su profundidad y extensión debido a su explotación, ya sea con bombas sumergibles o con draga, realizada como parte del desarrollo del proyecto, lo cual afectará a la biota marina que se desarrolla en esta zona. Sin embargo, se espera que, en un tiempo relativamente corto, dichos bancos de arena recuperen parte de su profundidad y características granulométricas, como resultado de la dinámica litoral de la zona y sean colonizados de nuevo por las mismas especies.

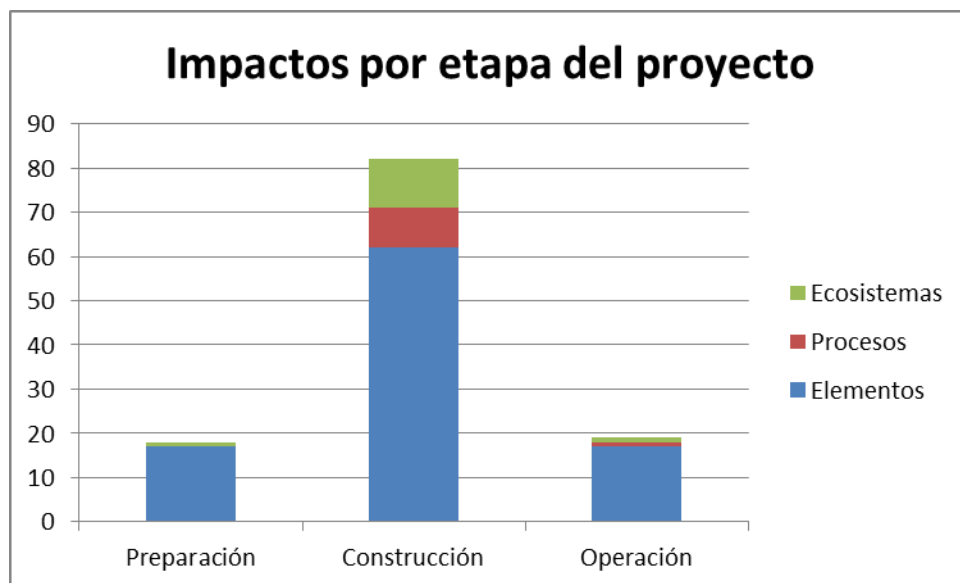
Acerca de los factores socioeconómicos, se espera que aumente el valor y plusvalía de las propiedades como resultado de la mayor extensión de la playa, que permitirá la diversificación de actividades náutico-recreativas y mejorará el paisaje. Esto derivará en un aumento de la actividad económica de la zona debido a la mayor oferta de atractivos y servicios turísticos.

## 5.9 Conclusiones

Como es de esperarse, la intervención de ecosistemas por cualquier tipo de actividad, generará impactos sobre el entorno. Será responsabilidad de quien genere los impactos ambientales desarrollar las medidas correspondientes para poderlos reducir de tal forma que no se comprometa la integridad funcional de los ecosistemas.

El proyecto afecta principalmente a elementos en todas sus etapas de desarrollo, siendo la etapa de construcción la que generará el mayor número de impactos, seguida por la etapa de operación. En la etapa de preparación del proyecto, éste no impactará procesos ya que solo consiste en: 1) el marcado, trazo y rescate, 2) desmonte y 3) la nivelación y compactación de arena, sin embargo, si afectará directamente a diversos ecosistemas presentes de manera poco significativa (**Figura 5. 33**).



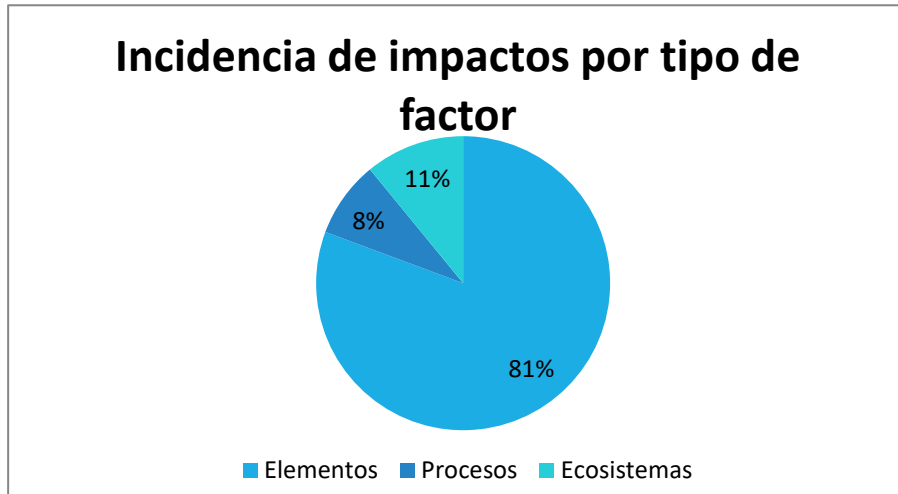
**Figura 5. 33.** En el gráfico se presenta el número de impactos según su nivel de afectación por etapa del proyecto.

Se observa un aumento en el número de incidencias de los impactos durante la etapa de construcción, los cuales disminuyen en la etapa de operación, lo que es común en proyectos de este tipo. Si se aplican las medidas sugeridas en el Programa de Manejo y Gestión Ambiental (Capítulo 6 de esta MIA-R), la tendencia de dichos impactos será a disminuir hasta llegar a un punto de equilibrio en donde la mayoría de los impactos serán despreciables.

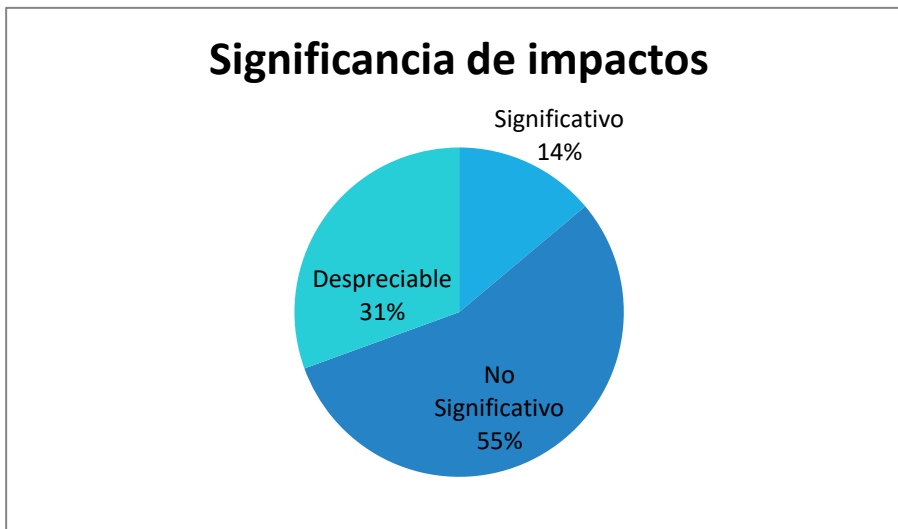
Los impactos que incidirán sobre los procesos y ecosistemas, así como los impactos relevantes constituyen el menor porcentaje de todos los impactos identificados que pudiera generar el proyecto en el predio y en el SAR delimitado, sin embargo, su nivel de incidencia y relevancia obligan a su descripción y análisis detallados.

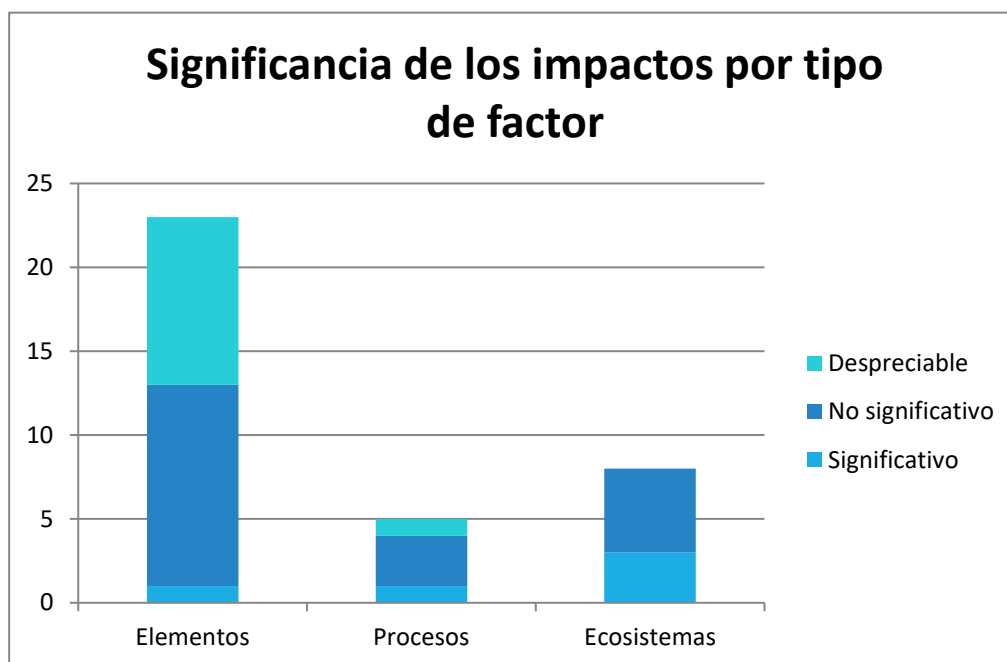
Los impactos significativos fueron en su mayor parte positivos y correspondieron al aumento de diversidad y cobertura de duna costera, el aumento de la superficie de playa y la generación de atractivos turísticos. Estos impactos no solo no comprometen la diversidad biológica y funcionalidad de los ecosistemas del predio y del SAR, sino que mejoran la calidad de los bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas en dichas zonas. Al mejorar la estructura y aumentar la cobertura de la duna costera se recuperan servicios ambientales de gran importancia, como son la conservación de la superficie de la playa y la protección al manglar y la infraestructura turística del efecto de eventos climáticos como tormentas y huracanes (**Figura 5. 34 y Figura 5. 35**).

**Figura 5. 34.** Porcentaje de incidencia de los impactos ambientales por factor derivados del desarrollo del PROYECTO.



**Figura 5. 35.** Rango de significancia de los impactos ambientales derivados del desarrollo del proyecto.



**Figura 5. 36.** Significancia de los impactos por tipo de factor.

Con base en el contexto de la identificación de impactos analizados, las presentes conclusiones se derivan de demostrar con base en los criterios de significancia descritos en este capítulo, que la evaluación de impactos cumplió con el doble enfoque solicitado en la LGEEPA y su Reglamento en la materia, respecto a:

- Calificar el efecto de los impactos sobre los ecosistemas, en cuanto a la relevancia de las posibles afectaciones a la integridad funcional de los mismos (Artículo 44, fracción II del REIA), dando como resultado la baja significancia del proyecto sobre ellos.
- Desarrollar esta calificación en el contexto de un SAR (Artículo 13, fracción IV del REIA), de forma tal que la evaluación se refiere al sistema y no solo al objeto del aprovechamiento. En este sentido, el análisis ambiental rebasó la zona de influencia directa del proyecto y aseguró que todos los elementos fueran analizados más allá de los límites definidos por el proyecto mismo.

El enfoque del proyecto concibe mantener y mejorar la integridad de los ecosistemas costeros presentes en el SAR, es decir la composición de hábitats que existen, la diversidad de especies y consecuentemente su capacidad de funcionar como un sistema integrado, reduciendo y evitando impactos que eliminen hábitats y/o especies o que desarticulen su estructura, mejorando las condiciones que permitan la movilidad y la viabilidad de las especies.

Con base en todos los resultados obtenidos, es posible aseverar que el proyecto no afectará la capacidad de los ecosistemas presentes en el predio y en el SAR para ser utilizados o manejados y no comprometerá su estructura y funcionamiento básicos, siempre que se implementen las medidas de mitigación y compensación propuestas, así como las estrategias y criterios establecidos para cada una de las fases de implementación del mismo.

Las conclusiones del presente capítulo permiten señalar que el proyecto conservará la biodiversidad regional y respetará la integridad funcional de los ecosistemas ya que los

componentes ambientales que por sí mismos son relevantes, no serán afectados de forma significativa. El análisis de impactos aporta elementos que demuestran que el proyecto no ocasionará que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción y que, si bien se afectará el hábitat de individuos de flora y fauna temporalmente, no se afecta a las especies de forma particular, quedando fuera del supuesto establecido en el artículo 35, numeral III, inciso b) de la LGEEPA.

Aunado a lo anterior, es posible aseverar que la implementación del proyecto generará impactos positivos de escala menor al entorno, toda vez que:

- Estabilizará la línea de costa generando condiciones que permitan reducir la incidencia del mar hacia los ecosistemas terrestres, deteniendo su deterioro.
- Genera condiciones de estabilidad en la zona de playa y dunas, incrementando este tipo de ecosistemas y brindando mayor diversidad ecológica y paisajística.
- Retiene la descarga sedimentaria que proviene de la cuenca continental hacia la zona marina, reduciendo así la afectación a los arrecifes asociados a la celda marina.
- Aporta, mediante las medidas propuestas en el capítulo 6, estrategias de monitoreo que suman al conocimiento local y permiten la implementación de acciones correctivas.
- Permiten a los promoventes del proyecto, la conservación de los recursos naturales existentes en el predio como es el manglar de cuenca y borde, por efectos de disminución de las afectaciones por retroceso de la línea de costa.

Adicionalmente, en el siguiente capítulo 6 se presentarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar, restaurar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de implementación del proyecto. Dichas medidas se integran de manera precisa y coherente en el marco de un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental específico para el proyecto, cuya ejecución evitará la generación de impactos que, por sus atributos y naturaleza, provoquen desequilibrios ecológicos y afecten la continuidad de los procesos naturales que actualmente ocurren en el SAR delimitado.

Finalmente, como resultado de las anteriores conclusiones es factible aseverar que el proyecto no generará:

1. Desequilibrios ecológicos.
2. Daños a la salud pública.
3. Afectaciones a los ecosistemas.

Derivado de los análisis de impactos ambientales que permitieron determinar la incidencia del proyecto sobre los diferentes factores del medio encontrados en el predio y el SAR (interacciones con los elementos, procesos y ecosistemas), es factible aseverar que el proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA ya que la presente MIA-R cumple con las formalidades previstas en dicha Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables.

La identificación y evaluación de impactos ambientales presentada ponen en evidencia que los posibles efectos de las actividades del proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el SAR. El Proyecto se considera viable ya que no generará impactos negativos de gran magnitud y los impactos positivos son de gran relevancia para el SAR del que forman parte. El impacto positivo más relevante lo constituye la disminución de la tasa de erosión de la playa que se presenta en la zona, lo cual redundará en la mejora de la calidad del sitio como hábitat para diversas especies de flora y fauna, así como para uso recreativo y turístico.

Lo anterior se sustenta en el reconocimiento de que se analizaron las posibles interacciones que el proyecto pudiera tener con componentes y procesos ambientales del SAR a distintas escalas geográficas. En este orden de ideas, se analizó y concluyó que:

1. Existen procesos cuya ocurrencia es mayor al propio sistema ambiental regional y que se les denominó supra-regionales, tales como el clima o la estructura geológica; dada la magnitud del proyecto los impactos que pudiera producir en relación con los componentes suprarregionales son despreciables. Consecuentemente el proyecto no genera efectos que pudieran alterar estos macro-procesos.
2. El Proyecto incide mayormente a nivel de elementos con un índice de incidencia y rango de significancia predominantemente No significativo y Despreciable y que los Significativos son positivos. Esto se traduce en que el proyecto no pone en riesgo la estructura y función de los ecosistemas y generará alteraciones de muy bajo impacto a elementos o procesos del predio y del SAR, por lo que no comprometerá su integridad ecológica.

Todos los elementos presentados en este capítulo fundamentan el argumento de que la instalación del proyecto no compromete la funcionalidad de los ecosistemas del Sistema Ambiental Regional (SAR) y por ende es un proyecto con viabilidad ambiental.



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:**  
**DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



**CAPÍTULO 6**

---

## CAPÍTULO 6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

---

### 6.1. Introducción

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 30 indica que:

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

En este sentido se propone integrar las medidas de mitigación y prevención correspondientes al Proyecto en un **Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA)**. Este será un instrumento técnico-científico que permitirá garantizar la menor afectación al ambiente por parte del Proyecto y será un compromiso formal del promovente para la implementación del proyecto de forma sustentable.

1

La selección de las medidas que conforman el SMGA propuesto se basó en un planteamiento ecosistémico y de integración de toda la información vertida en los capítulos 2 al 5 de esta MIA-R, que mejore su efectividad, optimice recursos y garantice el cumplimiento de las obligaciones ambientales del proyecto. Así se reitera el compromiso formal del promovente de esforzarse para alcanzar un desarrollo sustentable.

### 6.2. Sistema de Manejo y Gestión Ambiental del Proyecto

El SMGA ha sido elaborado como el instrumento operativo para cumplir con los compromisos ambientales del Proyecto y, por otra parte, para establecer las estrategias que permitan la reducción y el manejo de los impactos identificados a generarse durante el desarrollo del proyecto. Ya que las medidas que propone se adaptan a cada una de las etapas del proyecto, es posible ajustarlas de ser necesario para optimizar su efectividad.

Los objetivos generales del SMGA del Proyecto son los siguientes:

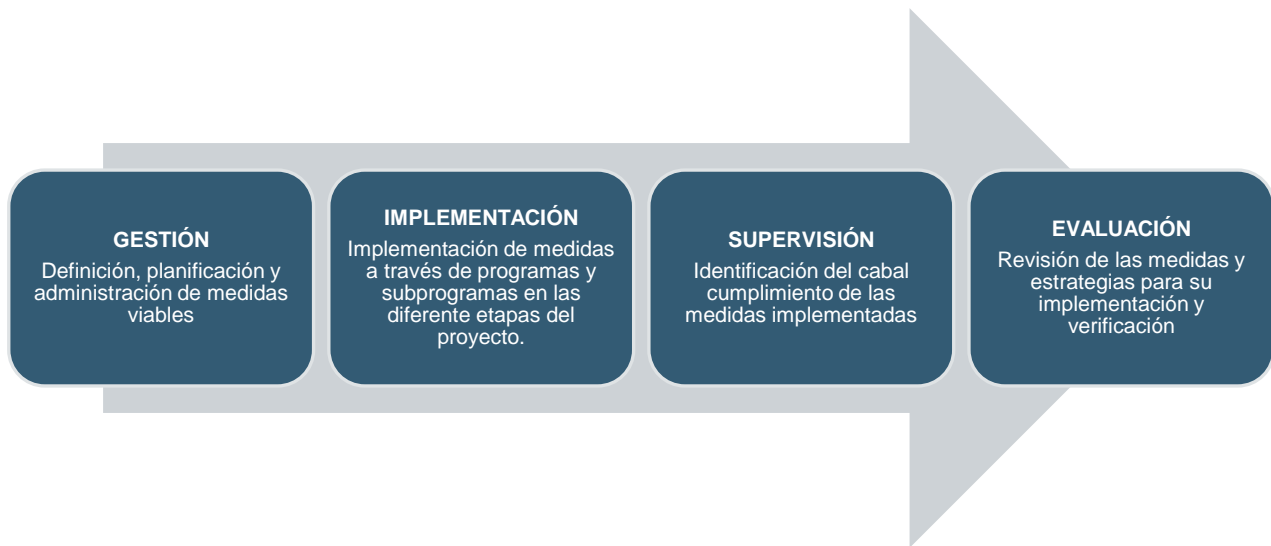
1. Implementar las obras y actividades relacionadas con la preparación, construcción y operación-mantenimiento del proyecto, dentro de un marco de conservación y uso sostenible de los ecosistemas, así como de los bienes y servicios ambientales que estos proporcionan para orientar el desarrollo del proyecto de forma responsable y sustentable.
2. Implementar un instrumento técnico-científico práctico e integral, que asegure la aplicación de las medidas de manejo de impactos ambientales, de manera que se reduzcan al mínimo los efectos negativos que el proyecto pudiera tener sobre el ambiente.
3. Integrar en este instrumento mecanismos específicos y acciones programadas que permitan dar atención y estricto cumplimiento tanto a los criterios de manejo previstos en

el Programa de Ordenamiento aplicable al proyecto, como a los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga al mismo en el caso de que sea autorizado.

4. Identificar posibles impactos no previstos en la presente MIA-R que pudieran ser generados con el desarrollo del proyecto.
5. Actualizar y mejorar continuamente las medidas de manejo, mitigación y compensación de impactos ambientales debidos al Proyecto, con base en los resultados de los primeros tres objetivos.

El diseño, aplicación y revisión de las medidas propuestas en este Sistema siguen un orden lógico que permite corregir errores y eliminar problemas no previstos con base en los resultados obtenidos y en su evaluación periódica. Lo anterior permite que las medidas del SMGA se adapten a las condiciones cambiantes tanto del Proyecto como del medio en el que se inserta, ya sea en términos naturales, jurídicos o socioeconómicos. Por lo anterior, cada una de las medidas propuestas atraviesa por cuatro fases: primero la gestión, en donde se define y planea el SMGA; después la implementación, cuando se pone en práctica; posteriormente la supervisión, cuando se verifica su cumplimiento y por último la evaluación, donde se determina si es necesario modificarlo para hacerlo más efectivo y cómo (Figura 6.1).

**Figura 6.1.** Fases por la que atraviesan las medidas propuestas por el SMGA.



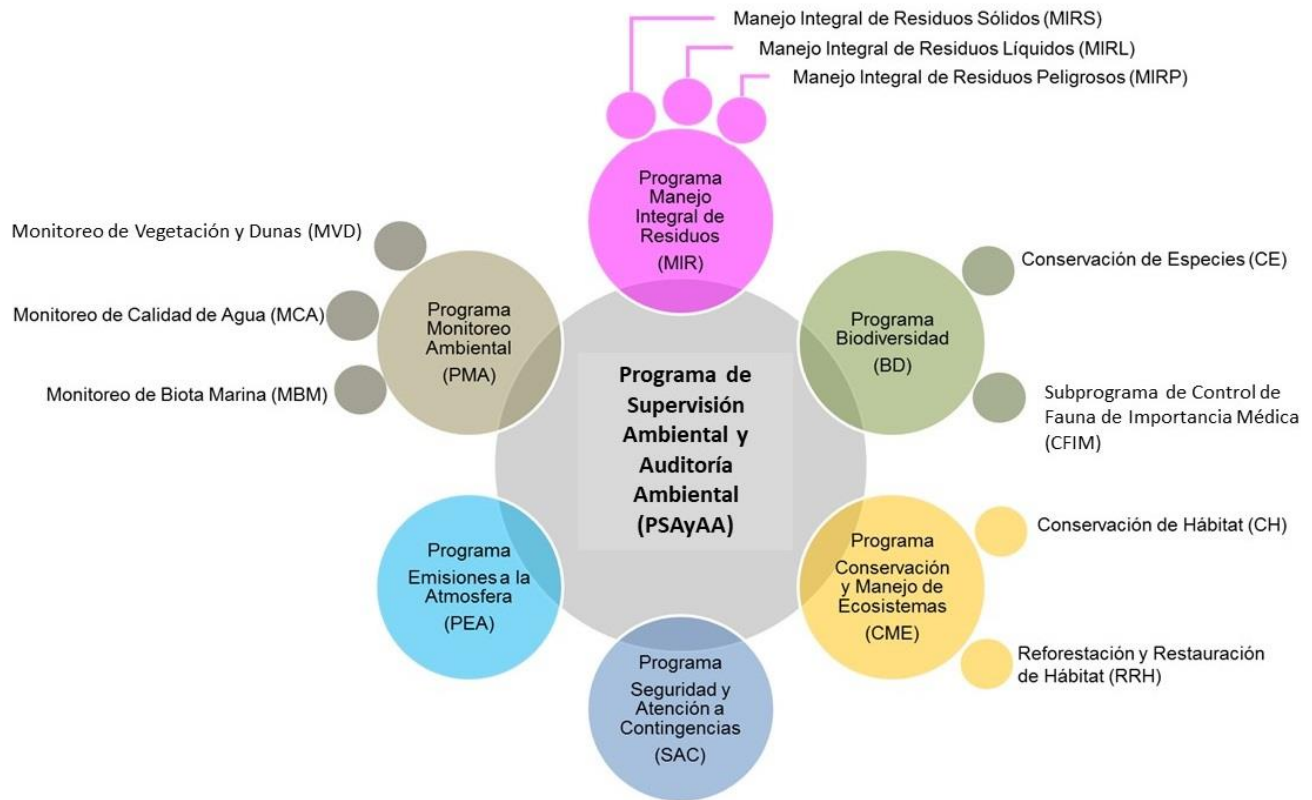
### 6.2.1. Estructura del SMGA

El SMGA. Funciona a partir de programas, definidos como series ordenadas de operaciones o actividades, dirigidas al cumplimiento de uno o varios objetivos generales. Cada programa, a su vez, engloba series más pequeñas de acciones dirigidas hacia un objetivo particular denominadas subprogramas. De esta forma el SMGA está conformado por 7 programas y 10 subprogramas (Figura 6.2); que incluyen acciones y medidas que dan atención a obligaciones ambientales e impactos ambientales negativos identificados en el proceso de implementación. El DTDS cuenta a la fecha con su SMGA que da seguimiento a todas las medidas aplicables para el Proyecto maestro, de tal manera que las medidas concernientes al Proyecto de Mejoramiento y

Estabilización de Playas, son compatibles con el primero, se han renovado y renombrado Programas y Subprogramas, sin embargo, la finalidad es la misma, dar cumplimiento a las medidas de prevención, mitigación y compensación derivadas de las actividades del proyecto que aquí se evalúa.

Todas las acciones relacionadas con este sistema, se llevan a cabo bajo una estrategia ambiental definida por recorridos de Supervisión Ambiental y la Auditoría Ambiental Voluntaria, actividades en la cuales se identifican y registran las oportunidades, omisiones y problemas inherentes a los procesos de preparación, construcción y operación del proyecto, de tal forma que dicha verificación sea sistemática y permanente.

**Figura 6.2.** Programas y subprogramas que conforman el SMGA del proyecto.



Mediante la implementación de las acciones del SMGA se prevendrán, mitigarán y/o compensarán los impactos identificados en el capítulo 5 de esta MIA-R. La relación entre dichas acciones y los impactos sobre los que inciden se muestra en la Tabla 6.1.



**Tabla 6.1.** Matriz de acciones que se implementarán en el SMGA del proyecto y los impactos negativos sobre los que incidirán. Se excluyen las acciones que no inciden de manera directa sobre ningún impacto.

Factor	Agua marina	Agua dulce	Aire		Suelo		Biota marina	Fauna terrestre	Flora terrestre	Paisaje	Crecimiento arrecifal	Dinámica litoral	Hidrol. Subter	Arenal	Playa rocosa	Matorral costero	Duna costera	
	Modificación características	Contaminación	Modificación características/contaminación	Contaminación por gases y polvos	Contaminación por ruido	Contaminación	Modificación de las características físicas	Pérdida de individuos	Pérdida de individuos	Pérdida de individuos	Alteración de geoformas	Disminución de la tasa de crecimiento	Alteración de la dinámica litoral	Modificación patrones	Pérdida de arena	Pérdida de superficie	Disminución de cobertura	Aumento de cobertura
MIR		x	x			x												
BD							x										x	
CME						x		x	x					x	x			x
SAC																		
PEA				x	x													
PMA	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### 6.2.1.1. PROGRAMA DE SUPERVISIÓN AMBIENTAL Y AUDITORÍA AMBIENTAL (PSA)

Con la finalidad de verificar el cumplimiento de todas las medidas propuestas el SMGA contempla un Programa de Supervisión Ambiental, el cual funcionará como un mecanismo de regulación, verificación y supervisión del resto de los programas del SMGA, que permite garantizar su funcionamiento y mejorar su efectividad.

La supervisión ambiental estará presente durante todas las etapas del proyecto a través de inspecciones al sitio para identificar impactos no previstos y en su caso, emitir recomendaciones y establecer lineamientos para remediarlas de manera inmediata. Los objetivos del programa son:

- Vigilar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales del Proyecto en todas sus etapas de desarrollo, que incluyen programas de ordenamiento, leyes y reglamentos aplicables, Normas Oficiales Mexicanas aplicables y las emitidas por la DGIRA de la SEMARNAT en caso de autorizar el proyecto.
- Supervisar las medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales identificados.
- Ejecutar el sistema de manejo ambiental del proyecto.
- Verificar a través de Auditorías Ambientales voluntarias el grado de cumplimiento, como parte del proceso de búsqueda de certificaciones ambientales que distingan el Proyecto.

Este sistema se diseñó con la finalidad de que la totalidad de los objetivos y metas de todos los programas y subprogramas, puedan ser verificados por medio de un proceso único, específico e integral de Supervisión Ambiental del Proyecto y en este marco realizar auditorías ambientales internas y verificaciones de los procesos constructivos y operativos, para comprobar el cumplimiento de todas las obligaciones ambientales y las disposiciones que pudiesen surgir de la autorización de la presente manifestación de impacto ambiental.



### 6.2.1.2. PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS (PMIR)

La ejecución de obras y actividades relativas al proyecto, conllevará necesariamente la generación de algunos residuos líquidos y sólidos; por otra parte, y dadas las características del proyecto, los residuos peligrosos generados se limitarán al empleo de combustibles para el funcionamiento de maquinaria pesada y vehículos automotores.

Por otra parte, durante el desarrollo del proyecto se podrá hacer uso de las instalaciones del desarrollo DTGS, las cuales son adecuadas para el manejo y disposición de este tipo de residuos.

Con base en lo anterior y con la finalidad de disminuir al máximo los riesgos de contaminación al suelo y al acuífero, el promovente ha asumido medidas de mitigación, integradas en este Programa Manejo Integral de Residuos que tiene como objetivos:

- a) Implementar de manera efectiva e integral medidas que disminuyan al máximo los riesgos de contaminación al suelo y al acuífero inducidos por la generación de residuos por el desarrollo del proyecto.
- b) Implementar medidas que aseguren que el proyecto se apega a la legislación aplicable en materia de residuos.

Para lograr los objetivos planteados el Programa se ha dividido en tres Subprogramas que atienden cada uno a un tipo de residuo diferente según la clasificación manejada en la legislación vigente.

1. Manejo Integral de Residuos Sólidos.
2. Manejo Integral de Residuos Líquidos.
3. Manejo Integral de Residuos Peligrosos.

#### 6.2.1.2.1. Subprograma de Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS)

Los objetivos de este subprograma son:

- Garantizar que el manejo de los residuos sólidos generados por el proyecto se apege a lo establecido en la legislación vigente.
- Disminuir el riesgo de contaminación al suelo, agua y ecosistemas debido a los residuos sólidos generados por el desarrollo del proyecto.

Durante la realización del proyecto, el responsable del proyecto, será el encargado de garantizar que el personal operativo pernocte en sitios adecuados de renta, dotada con todos los servicios; de igual forma la alimentación se llevará a cabo en restaurantes cercanos o en el comedor de empleados del DTGS. La alimentación in situ es mínima, sin embargo, los residuos sólidos generados durante la preparación y construcción del proyecto, serán separados en residuos inorgánicos (reciclables y no reciclables) y orgánicos, a través de contenedores específicos colocados estratégicamente cerca de las fuentes de generación.

Acción 1	P	C	O
Los residuos sólidos se deberán acopiar de manera separada de acuerdo a su tipo en contenedores específicos.	X	X	X

Los residuos sólidos generados por el proyecto se deberán acopiar de manera separada en contenedores según lo especificado en la Tabla 6.2.

**Tabla 6.2.** Clasificación y manejo de residuos sólidos de acuerdo a su tipo.

Categoría	Residuos	Contenedores	Manejo
Residuos orgánicos aptos para composta	Residuos del desmonte y labores de jardinería (ramas, hojas, troncos) Residuos de alimentos de origen vegetal (frutas y verduras)	Contenedores plásticos con tapa, de tamaño variable de acuerdo al volumen de residuos generado por área.	Traslado a sitios destinados por la Autoridad para su aprovechamiento como materia prima para elaboración de composta para su integración a la formación de abono.
Residuos orgánicos no aptos para composta	Residuos orgánicos de origen animal (huesos, lácteos, cascarones de huevo, carnes y derivados).	Contenedores plásticos con tapa hermética de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Traslado al almacén de residuos para su recolección por el camión recolector.
Residuos inorgánicos reciclables	Cartón y papel Vidrio Plásticos reciclables Aluminio Tetrapak	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área	Traslado al almacén de residuos reciclables para su recolección por compañías especializadas certificadas para su traslado a centros de acopio y reciclaje.
Residuos inorgánicos no reciclables	Plásticos no reciclables Otros materiales no aptos para su reciclaje como desechos sanitarios, PVC, metales y escombros.	Contenedores plásticos de tamaño variable de acuerdo al volumen generado por área.	Traslado al almacén de residuos para su recolección por el camión recolector.

Por medio de camiones del municipio o vehículos propios del Proyecto, serán retirados los residuos inorgánicos no reciclables y conducidos hacia el relleno sanitario del Municipio.

Los residuos sólidos reciclables (plásticos PET, aluminio, papel y cartón), serán recolectados periódicamente por empresas acreditadas oficialmente para tal efecto.

Acción 2	P	C	O
Se deberán colocar contenedores para residuos sólidos apropiados para cada tipo de residuo en diversas áreas del proyecto cercanas a los frentes de trabajo.	x	x	
Acción 3	P	C	O
Los residuos inorgánicos reciclables deberán acopiarse por separado de acuerdo a su tipo, limpios y compactados para su recolección por la compañía autorizada que los trasladará a los centros de acopio o reciclaje.	x	x	
Acción 4	P	C	O
Los residuos inorgánicos reciclables y no reciclables se deberán acopiar en instalaciones apropiadas.	x	x	

Durante la etapa de preparación, se llevarán a cabo actividades de desmonte de matorral costero para la construcción de la caleta artificial, por lo que se generará principalmente residuos

orgánicos. Los individuos que no sean aptos para rescate y reubicación, se retirará y acopiará en zonas de aprovechamiento temporal y posteriormente será triturado para su uso en las labores de propagación de especies de vegetación nativa o de reforestación de la duna artificial. En caso de que el volumen obtenido exceda las necesidades de dichas actividades, será utilizado para elaboración de composta en las instalaciones habilitadas para ello dentro del hotel.

<b>Acción 5</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Establecer depósitos para el acopio de material vegetal producto de desmonte	x	x	
<b>Acción 6</b>			
El material vegetal resultante de las actividades de desmonte se triturará utilizará para las labores de reforestación de la duna costera o para elaborar composta.	x	x	

Durante la etapa de construcción se generarán residuos de manejo especial conformados por los productos de excavación de roca caliza para la construcción de las caletas artificiales 1 y 2. Debido a que se generará una cantidad mayor a 80 m<sup>3</sup> de este material y de acuerdo a la NOM-161-SEMARNAT-2011, el promovente estará sujeto a presentar un Plan de Manejo por lo que, en caso de ser autorizada la presente MIA-R, el promovente presentará el Plan de Manejo a las autoridades correspondientes para su evaluación y en su caso aprobación o ajustará el Programa existente para el DTGS (Figura 6.3).

<b>Acción 7</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Presentar un Plan de Manejo de residuos de manejo especial, considerando los elementos técnicos establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011 o ajustar el existente para el DTGS.	x		

**Figura 6.3.** Ejemplo de maquinaria para excavar y productos de excavación.



Parte de la roca caliza generada por la excavación para la construcción de las caletas será utilizada en la construcción de los elementos de protección o de las terrazas de arena. Los residuos de manejo especial que no sean utilizados por el proyecto podrán acopiarse en áreas dentro del predio del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (DTGS), que presenten vegetación secundaria o se encuentren desprovistas de vegetación (zonas de aprovechamiento temporal), o podrán ser enviadas a un sitio de acopio que indique la autoridad competente.

En la Tabla 6.3 se presentan los tipos de residuos sólidos que se prevé serán generados durante las etapas del proyecto, la fuente generadora y los mecanismos de recolección, confinamiento y disposición final que se plantean.

**Tabla 6.3.** Fuentes y manejo de residuos sólidos generados en las etapas del proyecto.

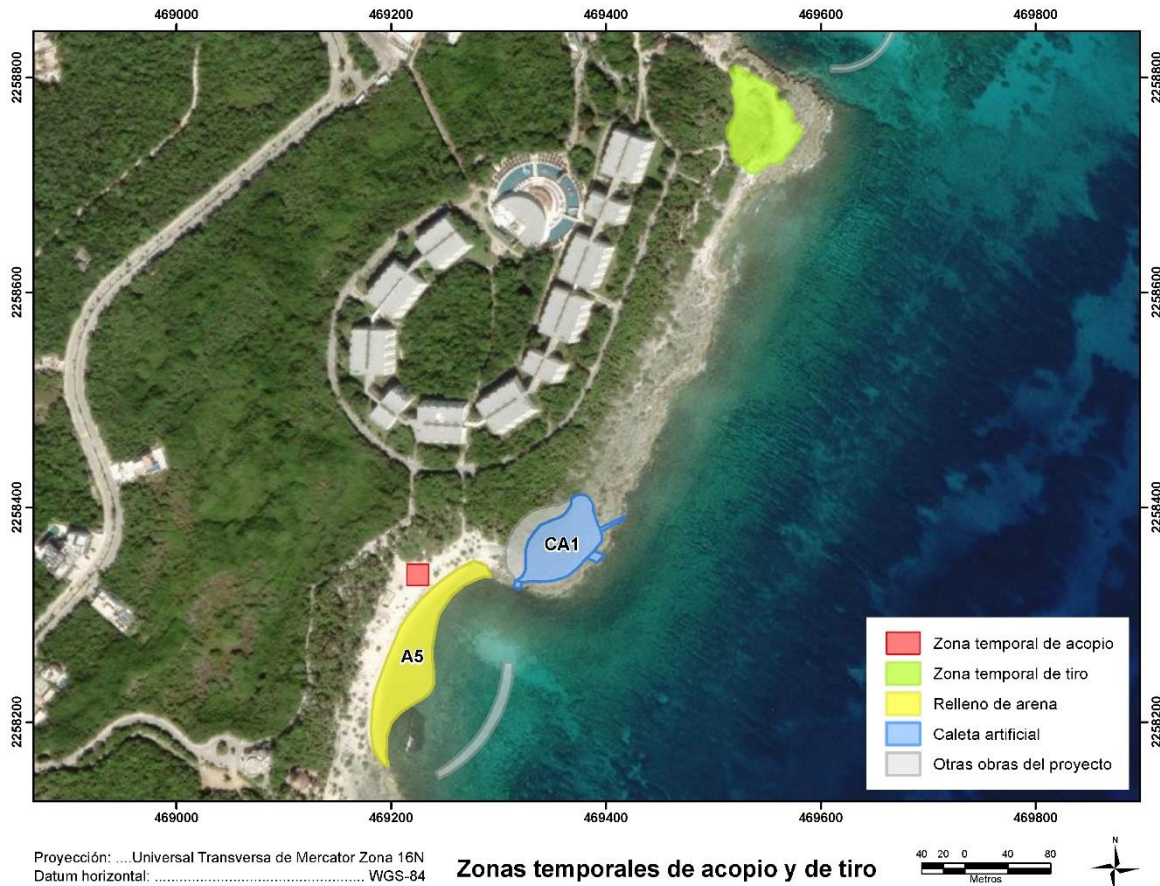
Tipo de residuo	Descripción	Fuente generadora	Manejo	Disposición final
Orgánico	Desechos de vegetación y tierra vegetal	Desplante del terreno, limpieza de áreas de trabajo	Estos serán trasladados al vivero del DTGS, para ser empleados en la fabricación de composta, que serán empleados como abono orgánico para áreas verdes del desarrollo.	Vivero del DTGS.
Inorgánico	Plástico (PET)	Envases de comida y bebidas	Éstos serán recolectados, comprimidos y transportados en bolsas hasta el centro de disposición temporal en contenedores con leyenda RECICLAJE DE PLÁSTICOS (PET). Posteriormente serán recolectados por una empresa certificada para su traslado a centros de acopio y reciclaje.	Empresas acreditadas
	Aluminio	Envases de comida y bebidas	Las latas serán recolectadas, comprimidas y llevadas al centro de disposición temporal de residuos, en el contenedor con leyenda RECICLAJE DE ALUMINIO. Posteriormente serán recolectados por una empresa certificada para su traslado a centros de acopio y reciclaje.	Empresas acreditadas
	Roca caliza	Extracción de rocas producto de la excavación	Se elaborará un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial o se adaptará el existente en el DTGS de acuerdo con el volumen generado.	Áreas sin vegetación o con vegetación secundaria dentro del predio de DTGS o en sitios de disposición indicados por la Autoridad competente.

Durante la etapa de preparación del proyecto se removerá vegetación para las áreas de aprovechamiento temporal que actuarán como áreas de maniobras y de acopio de material durante la conformación de los elementos del Proyecto. Se destinará un área desprovista de vegetación, identificada como “Zona de tiro”, señalada en la Figura 6.4, tiene una superficie aproximada de 4,390 m<sup>2</sup>, esta superficie fue autorizada para el acopio de sargazo (Anexo 2.3). Se requerirá un área temporal próxima al relleno A5, consta de una superficie de 20 m x 20 x, es un área con presencia de algunas plantas rastreras y arbustos, que, de acuerdo a su condición,



podrán ser reubicados o propagados en el vivero para reforestar la misma zona una vez concluidas las actividades. No se instalará infraestructura provisional debido a que la maquinaria y demás material utilizado será removido al final del día y trasladado al patio de maniobras que se encuentra en las instalaciones del DTGS (Figura 6.5)

**Figura 6.4.** Ubicación de las áreas de aprovechamiento temporales del proyecto.



**Figura 6.5.** Patio de maniobras que se encuentra en las instalaciones del predio.





Desmantelamiento de obras

Una vez concluido el proyecto serán desocupadas las áreas de aprovechamiento temporal las cuales serán reforestadas al finalizar las actividades de construcción. Para ello se usarán los ejemplares que fueron rescatados de dichas zonas previamente, de tal manera que se repondrá la composición original de la vegetación del matorral costero como se explica en el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas más adelante en este mismo capítulo o serán adquiridos de viveros que propaguen estas especies con los permisos debidos.

Acción 8	P	C	O
Toda la maquinaria y material utilizado durante la construcción en las áreas de maniobras serán removidas y trasladadas el final del día al patio de maniobras de las instalaciones del DTGS.		x	

Al terminar las actividades del día, no se dejará en la playa maquinaria. Al final de la etapa de construcción del proyecto se retirará del fondo marino y de la playa toda la tubería colocada, muertos, varillas, boyas, cabos y demás material y equipo requerido para el desarrollo del proyecto, así como cualquier residuo sólido encontrado en el área, aunque no haya sido generado por el proyecto y se tratarán como residuos de manejo especial. Dependiendo de su estado, los objetos retirados se desecharán donde lo indique la autoridad competente o se recuperarán para su uso en otros proyectos.

Acción 9	P	C	O
Retirar del fondo marino y de la playa todo material requerido para el desarrollo del proyecto, así como cualquier residuo sólido encontrado en el área, aunque no haya sido generado por el proyecto.		x	

6.2.1.2.2. *Manejo Integral de Residuos Líquidos (MIRL)*

Como se manifestó en el Capítulo 2 de la presente MIA, el proyecto, no considera la instalación de infraestructura de servicios en el terreno, solo considera la excavación de la caleta y tarquinas para su conformación. La generación de aguas residuales, se limitan a las etapas de preparación y construcción y se consideran no relevantes en cuanto al volumen, serán el resultado de los sanitarios portátiles, considerando que se requiere la participación de 54 personas en total, no todas trabajando al mismo tiempo en el mismo sitio, se colocarán 5 sanitarios repartidos entre la zona norte y centro, según la concentración de personal de obra programado; se les dará mantenimiento diariamente mientras se realicen actividades en las áreas área. En este marco, el promovente propone llevar a cabo la implementación de actividades que garanticen que los residuos líquidos generados por el proyecto sean adecuadamente considerados, para ello, los objetivos principales de este subprograma se reducen a:

- a) Disminuir al máximo el riesgo de contaminación de suelo, agua y ecosistemas por derrames de residuos líquidos o sanitarios.
- b) Realizar un manejo adecuado de los residuos líquidos que genere el proyecto.

La infraestructura sanitaria que será implementada en el predio del proyecto, es considerada temporal, ya que solo permanecerá en el sitio durante las etapas de preparación y construcción para después ser retirada. El mantenimiento de la misma será realizado por una empresa especializada y monitoreado en el marco del presente Subprograma.

<b>Acción 1</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Colocación de sanitarios portátiles en áreas accesibles y cercanas a los frentes de trabajo a razón de uno por cada quince trabajadores.	x	x	

Se colocará un sanitario portátil por cada 15 trabajadores. El espacio mínimo por cabina de evacuación será de 1.2 m<sup>2</sup> con una altura de 2.3 m. Deberán contar con puertas de ventilación superior e inferior y encontrarse equipados con lo mínimo necesario (papel higiénico, descarga automática de agua y conexión a tanque contenedor). Se ubicarán a no más de 100 m de cada frente de obra. Su número se deberá adecuar en función de la cantidad de trabajadores que corresponda a cada frente de trabajo.

Los sanitarios portátiles deberán ser atendidos en cuanto a su mantenimiento y limpieza por una empresa especializada y acreditada para ello por las autoridades competentes. Dicha empresa deberá hacerse cargo de retirar los residuos generados por el uso de los sanitarios y manejarlos adecuadamente (Figura 6.6).

**Figura 6.6.** Ejemplos de sanitarios portátiles.



<b>Acción 2</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
El mantenimiento de la infraestructura sanitaria y la disposición final de residuos líquidos serán llevadas a cabo por empresas acreditadas para tal fin por las autoridades competentes	x	x	

Una vez concluidas las actividades de construcción de la duna artificial, estas serán reforestadas con vegetación nativa. Por lo que, se supervisará la calidad de agua a utilizar para el riego de las plantas usadas en la reforestación, se registrará en bitácora las actividades asociadas con el programa de reforestación y riego y las características del agua, es decir, si se trata de agua dulce o salobre y la periodicidad de riego.

<b>Acción 3</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Supervisar que la calidad de agua de riego, sea la indicada en la NOM-003-SEMARNAT-1997, que indica que las grasas y aceites <15 mg/l; Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día <20 mg/l; Sólidos Suspendidos Totales <20 mg/l; y coliformes fecales en concentraciones menores a las 240 colonias por 100 ml			x

6.2.1.2.3. Manejo Integral de Residuos Peligrosos (MIRP)

Como se comentó con anterioridad, las actividades consideradas para el proyecto han sido planificadas de tal forma que se evite la generación de residuos peligrosos durante las diversas etapas del mismo. Sin embargo, reconociendo el uso de combustibles y lubricantes por las maquinarias y equipos de trabajo y con la finalidad de garantizar la no afectación a los recursos naturales por estos elementos, el promovente contempla la aplicación de este Subprograma, el cual tiene como objetivos principales los siguientes:

- Limitar y reducir el uso de productos que generan residuos peligrosos.
- Identificar, clasificar, envasar y manejar integralmente los residuos tal como lo indica el artículo 46, fracción I, del Reglamento de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).
- Disminuir los riesgos de contaminación al medio, relacionados con los residuos peligrosos generados por el desarrollo del proyecto.

Considerando el tipo de maquinaria a utilizar, la única fuente posible de generación de residuos peligrosos, serán los derrames de combustibles o lubricantes por vehículos terrestres y embarcaciones que serán utilizadas para la construcción de las diferentes estructuras que conforman el proyecto (Tabla 6.4).

**Tabla 6.4.** Fuentes y manejo de residuos peligrosos esperados con la implementación del Proyecto

Tipo de residuo	Fuente generadora	Manejo	Disposición final
Gasolina, diésel y/o aceite, grasas y estopas.	Derrames de vehículos y embarcaciones	Cojinetes, salchichas o polvos absorbentes	Transportado en bolsas hasta el centro de almacenamiento temporal de residuos peligrosos. Una empresa acreditada para tal fin, se encargará de su disposición final.

No se considera la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos, debido a que no se estima necesario el almacenamiento de grandes volúmenes de combustible, sino solo los necesarios para la operación diaria, los cuales serán trasladados desde las estaciones de servicio más cercanas (Puerto Aventuras o Puerto Calica) al predio en tambos debidamente cerrados y pipas dispensadoras de combustible. Los tambos se encontrarán almacenados temporalmente en el patio de maniobras de las instalaciones del DTGS.

El promovente presentará como parte de los informes de cumplimiento de términos y condicionantes que se remitan a la autoridad, copia de las autorizaciones de las empresas correspondientes, así como la copia de las bitácoras y manifiestos de disposición final de las mismas.

Acción 1	P	C	O
Establecer lineamientos claros para la disposición temporal de los residuos peligrosos de acuerdo a su tipo y para su registro en bitácora.	x	x	x
Acción 2			
Embalaje y etiquetado adecuado de los contenedores de residuos peligrosos previo a su almacenamiento y registro en bitácora		x	

Como medida preventiva y para reducir el riesgo de contaminación ante un derrame de hidrocarburos en el sitio; cualquier servicio o reparación de la maquinaria de uso marítimo se realizará fuera del área de extracción de arena, de navegación o de anclaje y maniobras. Todas las labores de mantenimiento relacionadas con la embarcación y lanchas de apoyo se llevarán a cabo en el puerto de Puerto Aventuras o el puerto de Calica, esto evitará la contaminación del agua marina, con respecto a la maquinaria terrestre, esta será trasladada fuera del predio para su reparación.

<b>Acción 3</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
El mantenimiento y resguardo de embarcaciones se realizarán en muelles fuera del sitio del proyecto para evitar contaminar el agua marina.	x	x	

En caso de derrame de combustible en el mar, el promovente tiene contemplado la implementación de un Plan de Acción de derrame de combustible. El personal de todas las embarcaciones requeridas para el proyecto contará con la información y capacitación adecuada para poner en marcha el plan de acción. El cual considera los siguientes pasos:

- 1) Se deberá dar la alerta e interrumpir el total de las operaciones de extracción de arena,
- 2) Se colocarán barreras absorbentes en la zona donde se encuentre el fluido derramado (los flotadores absorbentes se encontrarán a bordo de todas las embarcaciones).
- 3) Personal capacitado realizará una verificación de campo para valorar la extensión y magnitud del derrame, para identificar la causa de incidente y tipo de hidrocarburo, para pronosticar el movimiento de la mancha considerando la dirección del viento y corrientes e identificar los ecosistemas sensibles a afectar y/o afectados.
- 4) Una vez controlada la mancha se realizará el retiro del material absorbente para su posterior disposición adecuada en los contenedores dispuestos para tal fin.
- 5) Empresas debidamente autorizadas recogerán los residuos impregnados de hidrocarburos para su correcta disposición final.
- 6) En caso necesario se realizará una verificación por personal capacitado que determine la necesidad del transporte inmediato de la embarcación hacia el puerto de Puerto Aventuras o Puerto Calica para revisión y reparación de la fuga, en este último caso, dentro del puerto se colocarán mallas contenedoras de hidrocarburos para evitar la dispersión de los mismos fuera del puerto.
- 7) El evento se registrará en bitácora.

<b>Acción 4</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Implementar el plan de acción de derrame de combustible en caso de ser necesario.	x	x	x

Adicionalmente, en cada frente de obra, patio de maquinaria, o lugar donde se realicen trabajos que impliquen la generación de residuos peligrosos, se deberá seleccionar un sitio para el almacenamiento temporal de residuos que deberá contar con señalamientos correspondientes y dispositivos para atención a contingencias (Figura 6.7).

Acción 5	P	C	O
Colocar señalamientos correspondientes y dispositivos para atención a contingencias (como derrames o incendio).	x	x	x

Figura 6.7. Ejemplos de señalamientos para almacenamiento temporal de residuos y atención a contingencias.



### 6.2.1.3. PROGRAMA DE BIODIVERSIDAD (BD)

El programa de BD comprende acciones de rescate y reubicación de la biota marina y terrestre en las áreas de aprovechamiento del proyecto, como consecuencia de la generación de ruido por el transporte de materiales e insumos, tránsito vehicular y operación de equipo y actividades propias de la preparación y construcción del proyecto, así como la operación de maquinaria. Para prevenir o mitigar estos impactos se implementará el Programa de Biodiversidad, que tiene los siguientes objetivos:

- Garantizar que el proyecto no afectará a las poblaciones de especies en riesgo dentro del predio.
- Mitigar el impacto de la pérdida de individuos de flora y fauna terrestre y marina provocados por el desarrollo del proyecto.

De este modo el promovente considera la implementación de dos subprogramas: 1) Conservación de Especies (CE) y 2) Control de Fauna de Importancia Médica (CFIM).

Su descripción de menciona a continuación.



### 6.2.1.3.1. Subprograma de Conservación de Especies (CE).

Para garantizar que el proyecto no afectará a las poblaciones de las especies de plantas y vertebrados en la parte terrestre y de especies marinas que se encuentran en el área del proyecto, ya que se implementará el subprograma de conservación de especies, el cual persigue los siguientes objetivos:

- Reducir al máximo la pérdida de organismos y especies que el Proyecto pudiera provocar en el recurso fauna, tanto terrestre como marina.
- Proteger la fauna relevante que se encuentre en las áreas donde se desarrollará el Proyecto, en especial en los ecosistemas de matorral costero, playa, arrecife coralino y arenales.
- Implementar un plan permanente de rescate y traslado de fauna mediante la captura, traslado y liberación hacia espacios protegidos.
- Generar un banco de germoplasma que permita conservar la diversidad genética de las especies de plantas que se desarrollan en el predio del proyecto.
- Identificar y en su caso propagar material vegetativo de especies endémicas y propias de los ecosistemas costeros de la región para su uso en labores de reforestación del proyecto.
- Reducir costos al hacer uso de las especies nativas rescatadas y/o producidas en el vivero ya que se minimizará el uso de agroquímicos para el mantenimiento de viveros y disminuirán las necesidades de riego.

15

Las acciones que conforman este subprograma se describen a continuación.

#### Vegetación terrestre

Para el logro de estos objetivos se utilizará el vivero que se encuentra ya instalado dentro del DTGS. En este vivero se ubicarán y mantendrán las especies rescatadas en la fase de preparación del proyecto (Figura 6.8)

**Figura 6.8.** Vivero establecido en las instalaciones del predio.



Antes del comienzo de la obra se realizará una prospección en el predio para recolectar semillas y vegetación nativa que serán utilizadas para la reforestación de las dunas. En caso de que no exista un área específica de propagación de vegetación costera por semillas, se asignará una dentro del vivero.

Acción 1	P	C	O
Realizar un recorrido en el predio durante la fase de preparación para recolectar semillas y vegetación nativa que será utilizada para la reforestación de dunas.	x		

Las plantas rescatadas serán agrupadas por especie y mantenidas en el vivero para su posterior traslado a las zonas de reforestación para los sitios de aprovechamiento temporal y dunas. Cada especie se ubicará en el vivero considerando sus requerimientos particulares de luz, drenaje y riego.

El mantenimiento de los ejemplares contenidos en el vivero podría requerir en ciertos casos de la aplicación de agroquímicos para controlar plagas o enfermedades, así como para mejorar su desarrollo o garantizar su supervivencia. Los agroquímicos que podrán utilizarse en dichos casos serán únicamente los autorizados por la CICOPLAFAST y en estricto apego a lo indicado por el fabricante en cuanto a la dosis, modo de aplicación y frecuencia de uso.

Acción 2	P	C	O
Utilizar el vivero instalado en el DTGS, acondicionando un área específica de propagación de vegetación costera.	x		
Acción 3			
Implementar acciones de manejo de plantas rescatadas.	x		
Acción 4			
Uso restringido de agroquímicos para las labores de mantenimiento de los ejemplares en el vivero del proyecto		x	

La zona donde se van a realizar las maniobras de construcción y operación del proyecto implicará la pérdida de individuos de especies animales terrestres y marinas en el área del proyecto. Aunado a la remoción de matorral costero en las zonas de aprovechamiento temporal. El impacto será residual pero poco significativo, sin embargo, se plantea la elaboración de un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna.

Acción 5	P	C	O
Implementar un programa de rescate y reubicación de Flora y Fauna.	x	x	x

La vegetación de matorral costero será rescatada de las zonas de aprovechamiento temporal, la cual será llevada al vivero de la instalación del DTGS, en donde será mantenida hasta el momento de la reforestación de las zonas de aprovechamiento.

Todo el material residual proveniente del desmonte y despilme por ningún motivo debe dejarse en el sitio donde fue removido, con el fin de evitar que el agua en épocas de lluvia lo arrastre hacia el mar, evitando la contaminación del suelo y agua del área del proyecto.

El material vegetal producto del desmonte que no sea utilizado para actividades de reforestación será triturado para producir “acolchado” o “mulch”, o generar composta. En tanto no sea utilizado, el material triturado será acopiado en una zona designada para tal fin.

Fauna terrestre

Las acciones a implementarse para reubicar dichas especies que se encuentran en las áreas de aprovechamiento son:

<b>Acción 6</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Inspeccionar las áreas donde se desarrollarán las actividades identificando individuos de lento desplazamiento.	x		
<b>Acción 7</b>			
Capturar a individuos identificados por medio de métodos que garanticen su integridad física y eviten generar demasiado estrés al organismo.	x		
<b>Acción 8</b>			
Registrar la especie, medidas antropométricas, lugar y fecha de captura, y condiciones físicas del sitio de captura en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.	x		
<b>Acción 9</b>			
Trasladar a los individuos capturados bajo condiciones que garanticen su seguridad e integridad física y eviten generarles demasiado estrés.	x		
<b>Acción 10</b>			
Liberar a los individuos capturados en las áreas de conservación del proyecto DTGS o del SAR, que presenten tipo de vegetación y condiciones físicas similares a las que presentaba el sitio en donde fueron capturados.	x		

Para disminuir el riesgo de daños a la fauna y a la flora por accidentes diversos, se colocarán señalamientos en los frentes de trabajo durante la construcción del Proyecto. Estos señalamientos indicarán las actividades no permitidas en el área de desarrollo del Proyecto, que pudieran dañar a la fauna o a la flora, así como las especies que se encuentran en la región y su importancia. Así como señalamientos provisionales que indiquen a la población local y de paso las alternativas de tránsito vehicular en el entorno, para poder acceder a las vialidades que cotidianamente utilizan para el desarrollo de sus actividades (Figura 6.9).

Figura 6.9. Ejemplos de señales preventivas utilizadas durante la obra del proyecto.



Acción 11	P	C	O
Colocación de señalamientos provisionales, preventivos e informativos en los frentes del trabajo para disminuir riesgo de daños a la fauna, flora y población local.	X	X	

El proyecto contempla la realización de obras y actividades en la zona de playa; y se identificaron especies de tortugas marinas que se encuentran como especies incluidas en la categoría En peligro de Extinción (P) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Debido a esto se aplicarán medidas para la protección de las especies de tortuga marina, aunado a las medidas propuestas en la presente MIA-R, también se implementarán las medidas que se encuentran dentro del Programa de Protección y Conservación de Tortugas Marinas del DTGS, el cual fue autorizado el 13 de marzo de 2015 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Vida Silvestre, mediante oficio No. SGPA/DGVS/02836/15.

Acción 12	P	C	O
Evitar la circulación de vehículos de cualquier tipo por el área de playa durante la temporada de desove de tortugas marinas.	X	X	

<b>Acción 13</b>			
Evitar la colocación de reflectores que se dirijan hacia esta área o iluminen zonas aledañas.	x	x	
<b>Acción 14</b>			
Se restringirá la circulación de los trabajadores hacia la Zona Federal Marítimo Terrestre, especialmente durante la temporada de anidación de tortugas marinas.	x	x	x
<b>Acción 15</b>			
Colocar letreros informativos para la protección y conservación de las tortugas marinas.	x	x	x
<b>Acción 16</b>			
Durante la temporada de anidación de tortugas marinas la zona de playa se mantendrá limpia y libre de obstáculos que impidan el paso de estos organismos de acuerdo a la NOM-162-SEMARNAT-2012	x	x	x
<b>Acción 17</b>			
Implementar medidas incluidas dentro del Programa de Protección y Conservación de Tortugas Marinas del DTGS.	x	x	x

Biota marina

Los procedimientos de rescate estarán en función del tipo de ambiente que afectarán las diferentes estructuras del proyecto y bancos de arena a utilizar. Para ello se realizarán recorridos, previos al inicio de obras, en todas las áreas de aprovechamiento. Es importante mencionar que el rescate será realizado únicamente para las especies de fauna sésil o de lenta movilidad, ya que el desarrollo de pastos marinos en la zona es escaso. No se considera necesario realizar rescate de especies de peces ni de macroalgas de acuerdo con la caracterización y resultados del trabajo de campo realizado a finales del año pasado (Anexo 4.14).

Las acciones de rescate de biota marina en las áreas de aprovechamiento marino se diferenciarán dependiendo del tipo de organismos que se pretenda reubicar, los cuales se han clasificado en tres categorías:

- Especies sésiles: corales escleractinios, gorgonáceos y esponjas.
- Especies de poca movilidad: moluscos, anélidos y equinodermos.
- Masas ovíferas de moluscos.

Dicha labor será ejecutada por buzos equipados con SCUBA, redes o contenedores especiales y tablillas de acrílico en donde llevarán el registro del número de ejemplares rescatados y de la especie o el grupo al que pertenecen; estos datos serán después integrados a la bitácora de rescate de fauna.

<b>Acción 18</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Previo al inicio de obras en la zona marina se realizará el rescate de biota marina.	x		
<b>Acción 19</b>			
Reubicar ejemplares marinos colectados en sitios libres de riesgo para los mismos.	x		



<b>Acción 20</b>			
Registrar la especie, localidad, coordenadas geográficas, fecha de rescate, nombre científico, número de registro y lugar de reubicación en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.	x		
<b>Acción 21</b>			
En el caso de especies sésiles (corales escleractinios y gorgonáceos) susceptible de rescate se procederá a su desprendimiento del sustrato mediante martillo y cincel, colocándolo dentro de una jaba y se coloca una bolsa de izaje para su transportación sobre el recorrido.	x		
<b>Acción 22</b>			
Reubicar especies sésiles de corales y gorgonáceos mediante colocación de cemento y cinchos de plástico en áreas con condiciones similares fuera de las zonas de aprovechamiento del proyecto.	x		

6.2.1.3.2. *Subprograma de Control de Fauna de Importancia Médica (CFIM)*

Algunas especies de anfibios y reptiles han sido registrados en los inventarios especializados realizados en la región, considerando que algunos de ellos pueden llegar a representar un peligro potencial para los usuarios y prestadores de servicios del proyecto, los objetivos de este subprograma son principalmente:

- Definir e implementar medidas para el manejo y control de especies mayores que impliquen algún tipo de riesgo para el personal.
- Implementar medidas para el control de insectos nocivos.

En el caso de los insectos se prevé la implementación de un programa integral de control consistente en la combinación de medidas biológicas, físicas, químicas y culturales. Esto permitirá un control efectivo de especies potencialmente peligrosas, minimizando el uso de productos químicos y los riesgos a la población y usuarios.

<b>Acción 1</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Definición del procedimiento a seguir para el manejo de especies peligrosas en las instalaciones del proyecto.	x		
<b>Acción 2</b>			
El manejo y control de mosquitos y otros insectos se realizará por medio de técnicas de bajo impacto ambiental.	x	x	

Durante la preparación construcción y operación del proyecto se evitará la proliferación de fauna de riesgo para el hombre y feral (roedores, caninos domésticos, felinos domésticos, insectos) debido a que puede afectar la integridad ecológica de la región, así como afectar a la población humana, por lo que se proponen las siguientes acciones:

<b>Acción 3</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Reubicación de fauna feral fuera del área del proyecto.	x	x	x
<b>Acción 4</b>			
Evitar dejar expuestos los residuos sólidos por tiempos prolongados	x	x	x

Acción 5			
Cubrir diariamente recipientes, cajas de vehículos de caja abierta o cualquier recipiente que pueda albergar agua o residuos sólidos.	x	x	

#### 6.2.1.4. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE ECOSISTEMAS (PCME)

La construcción y operación del proyecto implica la afectación parcial o total de áreas de vegetación, debido al desmonte y el movimiento de tierras presente en la zona donde se establecerá el proyecto. Así como acciones de reforestación de dunas y consideración de criterios de la NOM-022-SEMARNAT-2003, debido a que el proyecto se encuentra dentro de los 100 m del buffer de zonas de manglar que regula esta norma. Con la finalidad de atenuar estos impactos se considera la implementación del Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas (CME).

Los objetivos del PCME son:

- Mitigar los impactos generados por el desarrollo del proyecto sobre los ecosistemas que se encuentran en el SAR correspondiente
- Garantizar la conservación de los ecosistemas que se encuentran en el SAR a través del mantenimiento de los procesos ecológicos propios de cada uno de ellos.

Para lograr dichos objetivos el Programa se ha dividido en dos subprogramas: 1) Conservación de Hábitat (CH) y Reforestación y Restauración de Hábitat (RRH); cuyos objetivos y acciones se presentan a continuación.

##### 6.2.1.4.1. Conservación de Hábitat (CH)

El proyecto considera la conservación, protección y mantenimiento de duna artificial reforestada con especies propias de este ambiente costero. El cuidado y mantenimiento adecuado del área reforestada de la duna artificial generará servicios y bienes ambientales de diversa índole, tales como mayor valor paisajístico, conservación del ancho de playa y creación de refugios y zonas de alimentación para diversas especies de animales. También se considera la reforestación de las áreas de aprovechamiento temporal con especies nativas del matorral costero que se desarrolla actualmente ahí.

Asimismo, se considera la reforestación de áreas de manglar que lo requieran dentro del predio del DTGS, como medida de compensación debido a que el proyecto aprovecha zonas que se encuentran dentro de los 100 m del buffer de zonas de manglar que regula la NOM-022-SEMARNAT-2003.

Para compensar dichos impactos y conservar ecosistemas costeros el promovente contempló la implementación de un Subprograma de Conservación de Hábitat cuyos objetivos son:

- Mantener las características ecológicas de los ecosistemas presentes en las áreas del proyecto.
- Garantizar la existencia de áreas con las características necesarias para funcionar como sitios de alimentación, refugio y/o reproducción de la fauna residente y migratoria naturalmente presente en el predio del proyecto.

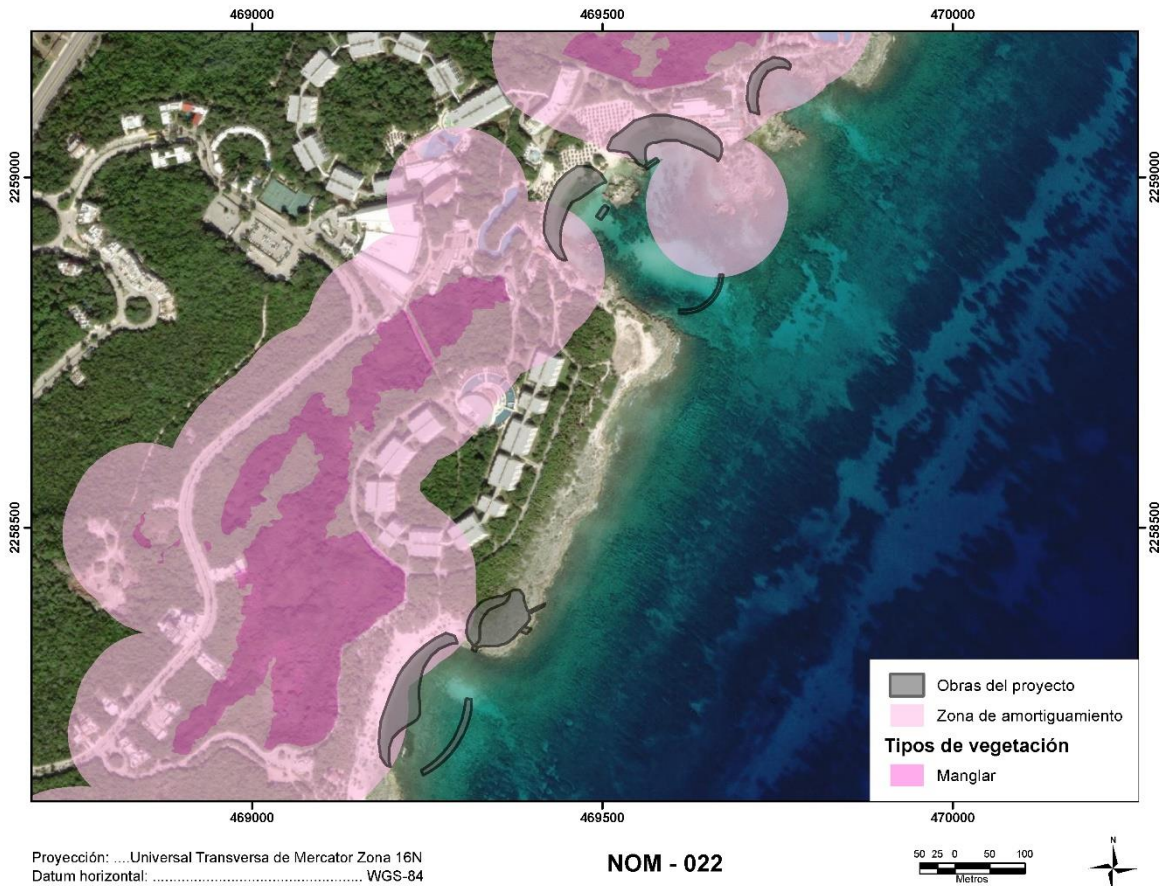
- Mantener los bienes y servicios que brindan los ecosistemas presentes en el SAR del proyecto.
- Mitigar el impacto de pérdida de cobertura de matorral costero generado por el proyecto.

Este subprograma engloba las siguientes acciones.

Como medida de compensación el promovente buscará un convenio de colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente (SEMA) del Estado o con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) o con quien esta autoridad evaluadora señale, para llevar a cabo acciones de reforestación y de conservación de suelos en una superficie equivalente a la aprovechada por el proyecto que se encuentra dentro de los 100 m de área de amortiguamiento de protección al manglar (Figura 6.10). La reforestación sugerida deberá realizarse en sitios con características ecológicas apropiadas y deberá ir acompañada de un programa de capacitación ambiental dirigido a los pobladores o usuarios de la zona reforestada.

<b>Acción 1</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Realizar un convenio de colaboración con autoridades competentes en la materia para llevar a cabo acciones de compensación que pueden incluir acciones de reforestación, cursos de capacitación o alguna otra actividad que se crea pertinente.			x
<b>Acción 2</b>			
Divulgar las medidas compensatorias acordadas a usuarios del proyecto.			x
<b>Acción 3</b>			
Realizar un curso de capacitación a todos los involucrados en el proyecto previo al inicio de la obra sobre las acciones que se tienen que implementar en el marco de cumplimiento del SMGA.	x		

**Figura 6.10.** Manglar y área de amortiguamiento aledaña al Proyecto.



Las actividades de restauración del área, serán abordadas en el subprograma de Reforestación de Hábitat de la presente MIA.R.

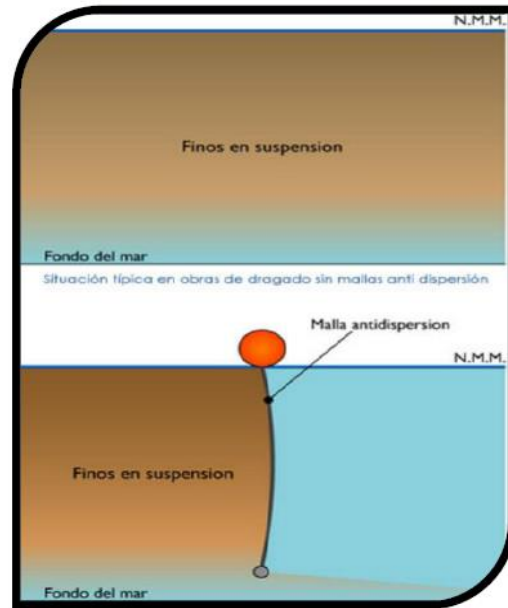
Mallas geotextiles y/o cortinas antidispersión.

Por la naturaleza y ubicación de las obras y actividades del Proyecto correspondientes al llenado de los tubos de geotextil de las estructuras de protección, la conformación de la duna costera, el relleno de playas, construcción de las caletas artificiales y explotación de los bancos de arena; el material coloidal producto de la fricción entre las partículas arenosas se moverá y dispersará en la columna de agua de manera temporal. Por tal motivo el promovente considera, previo al inicio (cortinas antidispersión) de las actividades de extracción, transporte y vertido de arena, se coloquen mallas geotextiles en sitios estratégicos que garantizan la no dispersión de los sedimentos hacia las zonas arrecifales.

Las cortinas antidispersión sólo se colocarán de manera temporal, de modo que no tendrán un impacto en las zonas de colocación, además, se podrán reusar durante todo el Proyecto, lo que es favorable debido a que se pueden reubicar fácilmente. Asimismo, se señala que el haz de luz mínimo que tendrá el geotextil de las mallas anti dispersión será menor al de la granulometría de la arena presente en los bancos de material, evitando que su escape por los poros de la cortina (Figura 6.11). No será necesaria ninguna otra acción, los sedimentos serán contenidos y caerán al fondo por gravedad, la arena en sí no es ningún elemento exótico ni representa un riesgo para el ecosistema.

Acción 4	P	C	O
Colocar cortinas antidispersión en sitios estratégicos que se requieren para las obras marinas asegurando que siempre estén extendidas y se filtre la menor cantidad de sedimentos posible.	X	X	

**Figura 6.11.** Ejemplo de cortina antidispersión de finos, mediante el uso de un cabo en la superficie que tiene flotadores a distancias predeterminadas y un cabo en el fondo con los lastres separados a las mismas distancias.



Durante la extracción y bombeo hacia la costa de la arena, serán utilizadas tuberías flexibles con uniones y conexiones, diseñadas para el manejo de mezclas abrasivas de agua y arena a presión. Sin embargo, si llegara a aparecer una grieta en alguna manguera o tubo por el exceso de presión en el interior, el derrame que se genere se visualizará de inmediato y se procederá a detener la bomba, cambiar la manguera o tubo en el sitio y reanudar el bombeo.

Acción 5	P	C	O
Los derrames de arena provenientes de los tubos de extracción y bombeo se detendrán inmediatamente y se procederá a cambiar la manguera o tubo.	X	X	

Como medida preventiva el promovente tiene considerado la realización de los trabajos de extracción, transporte y relleno de arena entre los meses de marzo y julio para evitar oleaje y viento del norte por presencia de “Frentes Fríos”, oleaje y viento fuerte del sureste por la presencia de suradas. De esta forma se reducirá el riesgo de accidentes y daños al ambiente.

Acción 6	P	C	O
Realizar la extracción, transporte y vertido de arena en meses seguros.	X	X	

Una vez abiertas las bocas de las caletas artificiales, se procederá a retirar de manera manual los sedimentos excedentes que se generen en el espacio existente entre la boca y las cortinas



antidispersión. Posteriormente se esperará a que se establezcan las condiciones al interior y al exterior de las caletas, verificando que la claridad del agua sea la misma en ambos sitios, y se procederá a retirar las cortinas antidispersión. De este modo se garantizará que la dispersión de sedimentos producida por la conformación de las caletas sea mínima y no se afecte de forma significativa a los ecosistemas presentes en el SAR marino.

Acción 7	P	C	O
Retirar las cortinas antidispersión de manera manual, una vez abiertas las bocas de las caletas.		x	

6.2.14.2. *Reforestación y Restauración de Hábitat (RRH)*

El Subprograma de Reforestación y Restauración del Hábitat (RRH) consiste en el diseño e implementación de la estrategia de forestación de la duna costera artificial que será conformada como parte del proyecto (Figura 6.12). La superficie que abarcarán las dunas artificiales es de 0.5 ha, que actualmente está caracterizada como playa arenosa con manchones de vegetación halófila. El área de acopio es de 20 m x 20 m, superficie que será reforestada con especies rastreras y arbustos asociados con el matorral costero. Con respecto al área de tiro, al tener una autorización para acopio de sargazo, esta será destinada para ese fin (Figura 6.13).

De esta manera se propiciará la recuperación parcial del hábitat por lo que se han implementado diversas medidas que conforman el subprograma RRH, cuyos objetivos son:

- Diseñar e implementar una estrategia efectiva de reforestación y/o restauración de dunas, aprovechamiento temporal y zonas de manglar.
- Fomentar la creación de áreas con vegetación que funcionen como sitios de refugio, alimentación y/o reproducción para la fauna local, residente y migratoria.

Figura 6.12. Ubicación de las zonas de reforestación de dunas.

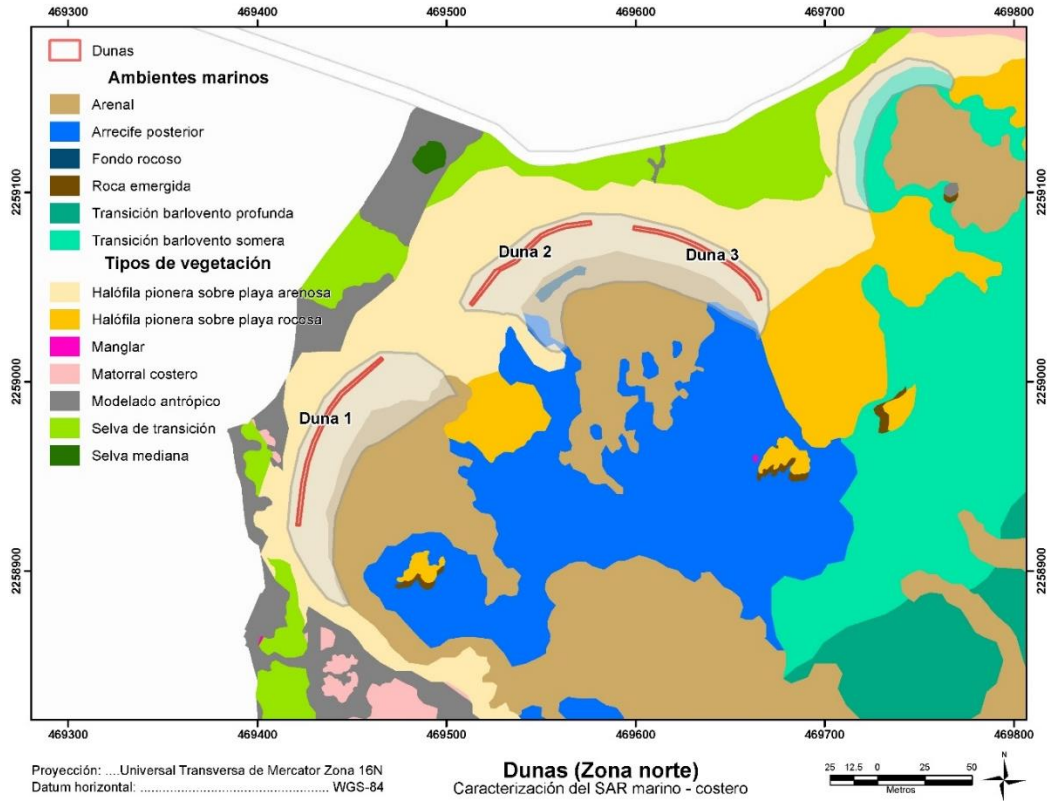
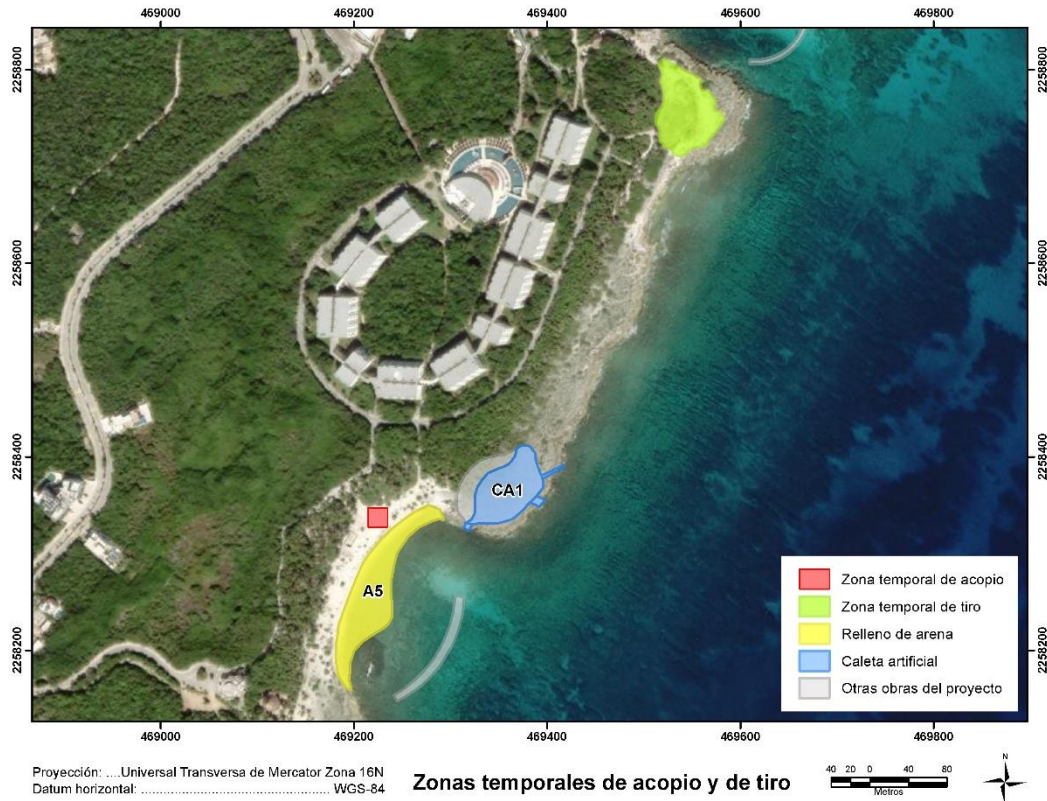


Figura 6.13. Ubicación de las zonas acopio temporal.



<b>Acción 1</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Implementación de la estrategia de forestación / reforestación designada para sitios de aprovechamiento temporal según su condición particular.		x	

### Reforestación de duna

Con el proceso de reforestación se pretende emular la duna actual natural y con el mismo talud, debido a que esta es parte esencial de la playa, el cual ayudará a soportar de mejor forma los embates del oleaje de tormenta estacionales como sureste y frentes fríos. De manera general se pretende mantener playas sanas, estables y estéticas respetando el dinamismo natural costero con un mínimo impacto al ambiente (Figura 6.14). En la Tabla 6.5, se muestran las especies tipo que se pretenden utilizar para reforestación de la duna artificial. En caso de utilizar otras especies de duna costera para la reforestación de la duna artificial se le notificará a la autoridad correspondiente, previamente a la realización de las actividades de forestación

El proceso de reforestación será realizado con las especies y organismos rescatados durante los procesos de preparación del terreno y/o producidos en el vivero. De no ser suficiente con estas fuentes se procederá a obtener ejemplares de especies nativas de la región y cuyo hábitat natural sea la duna costera, producidas en viveros autorizados. Las acciones a realizar son las siguientes:

<b>Acción 2</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Delimitación física de la extensión del área a reforestar por medio de protecciones que eviten el paso de personas a la misma	x	x	
<b>Acción 3</b>			
Selección de las especies susceptibles para usarse en la reforestación, las cuales deberán ser nativas y propias del ecosistema de duna costera de la región	x	x	
<b>Acción 4</b>			
Determinación de la técnica y la época del año más adecuadas para obtener la menor tasa de mortalidad de las plántulas utilizadas en la reforestación de la duna costera	x	x	
<b>Acción 5</b>			
Preparación del terreno a reforestar, que incluye la nivelación y acondicionamiento del terreno.	x		
<b>Acción 6</b>			
Trasplante y siembra de los ejemplares vegetales de acuerdo a la técnica adecuada para cada tipo de especie de que se trate y diseño de reforestación adecuado al uso que se le dará a la zona		x	x
<b>Acción 7</b>			
Selección del tipo de productos que deberán utilizarse para el mantenimiento de las plántulas utilizadas en la reforestación de la duna costera. En caso de requerirse algún tipo de agroquímico, éste deberá encontrarse dentro de la lista de productos autorizados por la CICOPLAFEST.			x
<b>Acción 8</b>			
Selección de la forma más adecuada para proteger las áreas reforestadas del paso de personas y vehículos.			x
<b>Acción 9</b>			
Determinación de la intensidad y frecuencia del riego y poda, de acuerdo con las condiciones ambientales preponderantes en cada época del año.			x

<b>Acción 10</b>			
Mantenimiento del área reforestada y refuerzo de la reforestación			X

**Figura 6.14.** Ejemplo de forestación de duna artificial. Izquierda: a la entrega de un proyecto. Derecha: un año después.



**Tabla 6.5.** Listado de especies a utilizar en la reforestación de la duna artificial del proyecto.

Especie	Porte
<i>Ambrosia hispida</i>	Rastrera
<i>Batis maritima</i>	Rastrera
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Rastrera
<i>Suriana maritima</i>	Arbustiva baja
<i>Hymenocallis littoralis</i>	Arbustiva baja

Compensación de manglar.

Las acciones de compensación (Fig. 6.10) por las obras realizadas dentro de la franja de amortiguamiento de 100 m con respecto a zonas de manglar (2.3 ha), se ejecutarán en donde la autoridad determine, considerando que el ecosistema dentro del predio se encuentra en buenas condiciones (Anexo 2.4).

Las acciones que comprende este subprograma son las siguientes.

<b>Acción 11</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Implementar las acciones de compensación que la autoridad determine.		X	

Al final de la etapa de construcción se deberán inspeccionar las áreas a forestar y/o reforestar, para evaluar las condiciones de la topografía, suelo y cobertura vegetal, entre otras. Con base en dicha información se deberá determinar la estrategia más adecuada para cada área según su condición, que garantice la supervivencia de la vegetación que se colocará posteriormente en dicha zona.



Acción 12	P	C	O
Implementación de la estrategia de restauración/ reforestación designada para sitios de aprovechamiento temporal según su condición particular.		X	

Una vez determinada la estrategia más conveniente para restaurar o reforestar cada área, se procederá a la implementación de la misma. Esta podrá incluir, según lo requiera cada sitio, desde la remoción de material de relleno para recuperar la topografía original, la cobertura del sustrato con tierra o abono vegetal, el mejoramiento del drenaje del suelo, hasta únicamente plantar los individuos de las especies seleccionadas en el número y disposición más conveniente según la estrategia definida para el sitio.

Acción 13	P	C	O
Uso exclusivo de individuos que procedan de las labores de rescate de vegetación del predio o de viveros temporales y/o autorizados para llevar a cabo las labores de reforestación.		X	X

Se usarán únicamente ejemplares que procedan de las labores de rescate de vegetación del proyecto o de viveros que cuenten con las certificaciones y permisos necesarios que avalen la legal procedencia de las plantas.

#### 6.2.1.5. PROGRAMA DE SEGURIDAD Y ATENCIÓN A CONTINGENCIAS (PSAC)

El proceso de construcción, operación y mantenimiento del proyecto considera que pudieran generarse situaciones de riesgo involuntarias o accidentales que podrían poner en peligro al personal y usuarios, así como a los ecosistemas. El promovente también considera los riesgos que pueden ser generados por los fenómenos naturales comunes en la región, como son los incendios forestales, las inundaciones y los huracanes. Por lo anterior, se considera la implementación de un Programa de Seguridad y Atención a Contingencias Ambientales (SAC).

Los objetivos del programa son:

- Promover acciones preventivas de contingencias antrópicas y/o naturales como son los incendios, inundaciones, tormentas y huracanes, así como estimular a acciones de prevención y atención que reduzcan los riesgos de daño a recursos naturales y humanos.
- Implementar un programa de seguridad, atención y prevención de accidentes y riesgos de trabajo.
- Operar un comité de seguridad y atención a contingencias ambientales.

Acción 1	P	C	O
Contar con botiquín de emergencias y tener identificados el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura.	X	X	
Acción 2			
Establecimiento de área y materiales de primeros auxilios en cada embarcación y en el área de playa.	X	X	
Acción 3			
Establecer como obligatorio el uso de cascos, chalecos y botas para todos los trabajadores, dependiendo del tipo de actividad será igualmente obligatorio el uso de guantes y lentes de seguridad.	X	X	



<b>Acción 4</b>			
Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo		X	
<b>Acción 5</b>			
Supervisar que se cuente con material apropiado y las estrategias adecuadas para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).	X	X	X
<b>Acción 6</b>			
Verificar que se integre un anexo a los contratos en el cual se establezcan las normas de operación de los diversos trabajadores, este anexo deberá ser obligatorio para todos y cada uno de los subcontratistas que intervengan en el Proyecto	x		
<b>Acción 7</b>			
Verificar la disposición, manejo y señalamiento de sustancias y materiales inflamables	x	x	x

Durante todas las etapas de desarrollo del proyecto se deberá contar con un comité de atención a contingencias ambientales con personal capacitado en el manejo de contingencias ambientales y accidentes, tales como incendios forestales, incendios dentro de las instalaciones, derrames de sustancias peligrosas, etc. Asimismo, ese deberá contar con personal capacitado en primeros auxilios.

<b>Acción 8</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Crear un comité de atención a contingencias ambientales, una vez iniciado el proyecto y funcionará la finalizar las obras.	x		
<b>Acción 9</b>			
Seguimiento al sistema de alerta temprana de fenómenos hidrometeorológicos, emisión de boletines internos y obtención oportuna del directorio de refugios anticiclónicos.	X	X	X
<b>Acción 10</b>			
Difusión de materiales y equipos mínimos de sobrevivencia en caso de huracanes.	X	X	X
<b>Acción 11</b>			
Diseñar e implementar un sistema de comunicación interna para notificar alertas.	X	X	X
<b>Acción 12</b>			
Reglamento de Control Ambiental, incluyendo tanto un manual de procedimientos en caso de contingencias ambientales como las estrategias a seguir en caso de huracanes e incendios.	X	X	X

Para llevar a cabo con éxito los planes de respuesta de emergencia todo el personal estará debidamente entrenado, según su función y responsabilidades.

Algunos de los elementos fundamentales del plan de respuestas de emergencias, accidentes, incendios y derrames adicionales a los considerados en los demás subprogramas del SMGA, se incluyen las siguientes acciones.

<b>Acción 13</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Identificar los riesgos potenciales en el sitio. Por ejemplo: tipo de materiales riesgosos almacenados, cantidades y localización. Uno de los riesgos a considerar debe ser el incendio de una embarcación	x		
<b>Acción 14</b>			
Definir el sistema de reporte de emergencias entre el personal e identificación de las primeras respuestas requeridas por el personal de las embarcaciones ante una emergencia.	x		

<b>Acción 15</b>			
Elaborar una lista del material y equipos disponibles para atender la emergencia en el sitio	x		
<b>Acción 16</b>			
Identificación clara del personal responsable de atender la emergencia y de la línea de mando en la embarcación durante la emergencia.	x		
<b>Acción 17</b>			
Elaborar una lista de ejemplos del tipo de respuestas adecuadas en los diferentes tipos de emergencia: que SI hacer y qué NO hacer en cada caso.	x		
<b>Acción 18</b>			
Elaborar un plano del sitio con rutas de evacuación de todas las embarcaciones.	x		
<b>Acción 19</b>			
Tener a la mano números de emergencia como: bomberos, policía, ambulancias, guardacostas, y responsable de la atención a emergencias. Estos teléfonos deben estar disponibles y a la mano en todas las embarcaciones, junto con las instrucciones sobre cómo llegar a la marina desde la carretera principal más cercana.	x		

### 6.2.1.6. PROGRAMA DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA (PEA)

Las características fisiográficas de la región donde se ubica el proyecto no favorecen la acumulación de gases o partículas contaminantes a la atmósfera. Sin embargo, esto no significa que las emisiones generadas en dicha región no se acumulen en otras áreas del planeta y contribuyan al desarrollo de problemas tan graves a nivel mundial como el calentamiento global. Con base en la asimilación de la responsabilidad del promovente como emisor de gases y partículas a la atmósfera, así como de generador de ruido, se implementa el Programa de Manejo Integral de Emisiones a la Atmósfera, el cual tiene por objetivos:

- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero debido al desarrollo del proyecto.
- Mantener los niveles de ruido generado durante las diferentes etapas del proyecto dentro de los límites establecidos en la legislación aplicable.
- Mantener los niveles de gases y partículas contaminantes a la atmósfera generados durante las diferentes etapas del proyecto dentro de los límites establecidos en la legislación aplicable.

Las acciones que contempla este programa son las siguientes.

<b>Acción 1</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Mantenimiento óptimo de la maquinaria y equipo necesario en las diferentes etapas del proyecto.	x	x	x

Todo el equipo y la maquinaria que se requiera para el desarrollo del proyecto deberá encontrarse en perfectas condiciones mecánicas, de tal manera que el ruido y los gases que generen no sobrepasen los límites establecidos en las normas aplicables.

<b>Acción 2</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>O</b>
Mantener cubiertos y húmedos los polvos que se utilicen o produzcan durante las etapas de desarrollo del proyecto.	x	x	
<b>Acción 3</b>			

Controlar el ruido de la maquinaria a través de su adecuado mantenimiento y de aislantes de ruido.	x	x	
----------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	--

Durante las etapas de preparación y construcción del proyecto se generarán materiales de origen pétreo y biogénico de diferentes tamaños, la arena seca tiende a ser suspendida por el viento; para evitar lo anterior, todo material con polvos utilizado o generado por el desarrollo del proyecto deberá transportarse y acopiarse húmedo y cubierto. De esta forma se evitará su dispersión.

### 6.2.1.7. PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL (PMA)

El desarrollo e implementación de un Programa de Monitoreo Ambiental (PMA) es necesario, considerando que en el área de desarrollo ecosistemas costeros sensibles a cambios o alteraciones de origen natural y/o antropogénico, como es la duna costera, la playa y el arrecife coralino. Asimismo, se deriva de la naturaleza misma del proyecto, debido a que el proyecto pretende mejorar el perfil costero por medio de una solución integral desde el sistema marino hasta la duna que permita generar condiciones más favorables para el uso del litoral por parte del turismo, y cuyos resultados podrán ser evaluados a través de la observación de sus efectos en el tiempo. Este programa se empatará con el Programa de Monitoreo Ambiental del DTGS.

El programa considera que los recursos y ecosistemas críticos se monitorearán a través de indicadores de calidad ambiental asociados con la vegetación, biota marina y el recurso agua considerando así evaluar la efectividad de las medidas propuestas para mitigar al máximo los impactos ambientales identificados tales como: a) Pérdida de individuos de fauna y biota marina, b) Disminución del volumen de los arenales que servirán de bancos de arena para el proyecto y c) Alteración del paisaje.

Los objetivos del PMA son:

- Vigilar la evolución de la calidad ambiental de la zona de influencia del Proyecto.
- Evaluar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas en la MIA-R.
- Evaluar los impactos sinérgicos derivados de la construcción del proyecto, en el caso de que sea aprobado por la SEMARNAT.
- Identificar y evaluar impactos ambientales no previstos en la MIA-R, para las diferentes etapas de implementación del proyecto.
- Proporcionar al equipo de supervisión ambiental y al promovente, elementos e información técnica que permita reorientar, definir intensidades de uso o proponer nuevas medidas de mitigación o medidas correctivas.
- Iniciar el registro de datos antes de la implementación del Proyecto y continuar de forma permanente durante las etapas de preparación, construcción y operación/mantenimiento.

El PMA se compone de los siguientes subprogramas:

1. Monitoreo de Vegetación y Dunas (MVD).
2. Monitoreo de la Calidad de Agua (MCA).
3. Monitoreo de la Biota Marina (MBM).

6.2.1.7.1. Monitoreo de Vegetación y Dunas (MVD)

Este subprograma responde a la necesidad de determinar la interacción e impacto de las dunas artificiales y el ambiente donde se insertaron, así como la efectividad de las medidas de restauración y/o reforestación sobre la vegetación de duna costera.

Los objetivos son:

- Vigilar la salud y calidad ambiental de la vegetación de matorral costero y playa arenosa.
- Identificar cambios críticos en la estructura y función de cada tipo de vegetación para la definición oportuna de medidas preventivas, correctivas o de minimización de impactos ambientales no previstos.
- Evaluar cuantitativamente la efectividad de las medidas desarrolladas por el Proyecto para la forestación de las dunas artificiales y la estabilización de las playas a partir de los rellenos.
- Generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.

Las acciones a considerar son:

Acción 1	P	C	O
Determinar las áreas y sitios de muestreo en campo para los ecosistemas de duna y playa.			x
Acción 2			
Marcaje de individuos dependiendo del tipo de vegetación de que se trate.			x
Acción 3			
Establecer el tamaño y forma de los sitios de muestreo.			x
Acción 4			
Realizar el muestreo de duna costera una o dos semanas antes de comenzar las labores de la etapa de preparación, inmediatamente después de concluir la etapa de construcción y durante la etapa de operación el monitoreo será semestral durante cinco años, la periodicidad se evaluará posterior a este periodo de acuerdo con los resultados señalados por el especialista a cargo del monitoreo. Se realizarán evaluaciones de estabilidad y condición de las dunas posterior al impacto de fenómenos meteorológicos extremos,	x	x	x

6.2.1.7.2. Monitoreo de Calidad del Agua (MCA)

Como se mencionó con anterioridad y dada la naturaleza del proyecto, no se considera en el mismo la generación de aguas residuales, con excepción de la que se genere en los sanitarios portátiles. Se prevé la generación de residuos sólidos y posiblemente peligrosos, como material impregnado que pudieran afectar el suelo o agua de manera local y temporal. Se establece en el capítulo 2, el desarrollo de las obras y actividades en la zona costera, que representa un factor que deberá ser atendido para garantizar que no sea negativamente afectado. Por tal motivo, el promovente propone a la DGIRA de la SEMARNAT el programa de monitoreo de calidad de agua del proyecto, el cual contempla evaluar la calidad de agua en la zona marina adyacente, así como en la caleta (Figura 6.15).

Los objetivos del MCA son:

- a) Vigilar la calidad del agua superficial de la zona marina adyacente, así como de las caletas de agua salada consideradas en el proyecto.
- b) Aplicar medidas de mitigación ante cambios no previstos en la calidad del agua que pongan en riesgo el equilibrio ecológico de la zona.

Las acciones a implementar son las siguientes:

Acción 1	P	C	O
Evaluar la calidad del agua de acuerdo a sus características físicas y químicas necesarias para mantener la diversidad y desarrollo de la biota correspondiente en la zona marina adyacente y caleta artificial.			X
Acción 2			
Actualizar de manera permanente la información ecológica, lo que permitirá dar seguimiento a la condición del agua superficial del predio.			X
Acción 3			
Detectar cambios durante la construcción, operación del proyecto y que pudiera afectar el ecosistema de manglar.		X	X
Acción 4			
Iniciar el monitoreo con una línea base de la caracterización química del agua, esta línea base deberá generarse de manera previa a la fase de construcción del proyecto.	X		
Acción 5			
Realizar un muestreo una vez terminado el proceso constructivo y de manera cuatrimestral durante un periodo de dos años posteriores a la finalización del anterior. Posterior a este periodo, el especialista responsable del monitoreo evaluará si es factible ampliar la periodicidad de evaluación.	X	X	X

Figura 6.15. Ejemplo de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial.



Los parámetros mínimos a ser analizados (Tabla 6.6), serán los siguientes:



**Tabla 6.6.** Indicadores de la calidad de agua para el programa de monitoreo del Proyecto.

Parámetros de Calidad de Agua
Temperatura
Conductividad Eléctrica
Sólidos Disueltos Totales
Salinidad
Oxígeno Disuelto
pH
Potencial de Óxido Reducción (ORP)
Turbidez

Con base en los resultados presentados en el informe de Caracterización Hidrológica e Hidrogeológica del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (2018), ver Anexo 4.11, no se encontraron espesores de agua dulce en los sitios más cercanos a la costa, el más próximo está a 10 Km, así como, la cuña de agua salobre penetra aproximadamente 8Km hacia tierra adentro. Se establecerán sitios de muestreo en las zonas alejadas a las playas conformadas, así como en la caleta artificial (estos sitios se sumarán al actual monitoreo de agua del DTGS).

### Componentes abióticos

Para poder determinar los cambios en la composición del sustrato y en las tasas de sedimentación, es recomendable llevar a cabo un seguimiento para determinar sus posibles variaciones temporales y su efecto sobre el ambiente.

Acción 6	P	C	O
Iniciar con un estudio a lo largo de un año para determinar los patrones de variación estacional en la composición granulométrica de los sedimentos, así como de las tasas de sedimentación, y con base en esta información proponer muestreos anuales para evaluar los cambios temporales en estos parámetros.			x

Se recomienda considerar para ello estaciones de monitoreo contiguas a las estructuras formadas por geotubos y elementos de cobertura de arrecifes estableciendo estaciones de monitoreo control en ambientes similares alejados de dichos sitios para evaluar su posible influencia.

El análisis granulométrico de las muestras se hará mediante el método descrito por Folk (1980) y Wentworth (1922) para la obtención de muestras, procesado y análisis. La estimación de la tasa de sedimentación se llevará a cabo mediante la colocación de trampas de sedimento en las estaciones de monitoreo, de acuerdo a los métodos descritos en Almata-Villeda *et al.*, 2003.

#### 6.2.1.7.3. Subprograma de Monitoreo de la Biota Marina (SMBM).

Ante la perspectiva de modificación del paisaje natural por la ejecución de las obras, se hace necesario estimar el impacto que estas actividades tendrán sobre el ambiente marino. Por ello se implementará el MBM, con la finalidad de dar seguimiento a los cambios temporales y espaciales que ocurren en este ambiente, y aporta información ecológica para la definición de medidas de manejo y mitigación del ecosistema. El MBM incluirá el monitoreo de las caletas y arrecife coralino.

Los objetivos son:

- Vigilar la salud y calidad del ecosistema.
- Identificar cambios críticos en la estructura y función del ecosistema para la definición oportuna de medidas preventivas, correctivas o de mitigación de impactos ambientales no previstos.
- Evaluar cuantitativamente los efectos ambientales del desarrollo turístico y la efectividad de las medidas propuestas para su mitigación.
- Establecer indicadores de calidad del ecosistema que permitan identificar afectaciones por causas naturales de las inducidas.
- Generar información técnico-científica que apoye la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.

Para cumplir los objetivos del MBM se deberán considerar componentes bióticos y abióticos.

#### Componentes bióticos

Se seleccionará a la ictiofauna por ser un elemento que representa claramente la estructura y complejidad de las redes tróficas, y por lo tanto la salud del ecosistema.

Acción 1	P	C	O
Monitorear la ictiofauna anualmente durante un periodo de tres años para evaluar los cambios temporales en la composición específica y abundancia de peces en sitios donde se haya registrado mayor diversidad, así como un análisis de su estructura y talla. Posterior a los tres años se realizará una reevaluación de la temporalidad de los monitoreos, la cual será determinada por el especialista.			x

#### Arrecife coralino

Considerando que el ecosistema marino arrecifal es un ambiente sensible a cambios en la calidad del agua y a la práctica de actividades recreativas, se propone el monitoreo frente a la zona marina del predio, de un paquete básico de 5 parámetros ecológicos (Tabla 6.7).

**Tabla 6.7.** Indicadores ambientales para el Monitoreo Arrecifal.

Parámetro	Corales	Ictiofauna	Algas	Erizo diadema
No. de especies	X	X		
Abundancia	Cobertura de coral vivo (%)	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	Cobertura algal (%)	Densidad (ind/m <sup>2</sup> )
Diversidad (H') y Equitabilidad (J')	X	X	X	
Estructura de tallas	X	X		
Condición del organismo	%mortalidad, enfermedades, blanqueamiento			

Parámetro	Corales	Ictiofauna	Algas	Erizo diadema
Grupos funcionales	Proporción algas/coral	Abundancia de especies de herbívoros	Abundancia de algas carnosas	

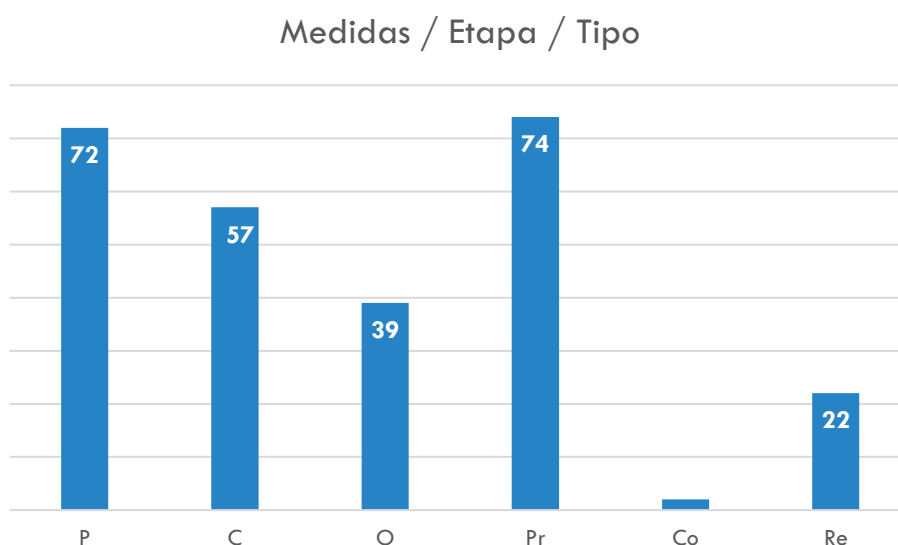
Acción 3	P	C	O
Realizar muestreos una o dos semanas antes de comenzar las labores de la etapa de preparación y construcción y al finalizar el proceso constructivo, cada 6 meses durante etapa de operación por un periodo de tres años. Posterior a este periodo, el especialista evaluará si el sistema requiere un periodo mayor y la periodicidad de monitoreo.	x	x	x

Los sitios para el establecimiento de las estaciones de monitoreo, se elegirán con base en la caracterización ambiental del ambiente marino (ver Capítulo 4) mismos que estarán sobre áreas que no impactarán el Proyecto

### 6.3. Tabla resumen de medidas contenidas en el SMGA.

El SMGA está conformado por 7 Programas y 10 subprogramas que en conjunto engloban 99 acciones que inciden directa o indirectamente sobre uno o varios de los impactos ambientales identificados en el capítulo 5 de esta MIA. De las 99 medidas, 74 son de carácter preventivo, 2 de compensación (las cuales pueden incluir acciones de rehabilitación, restauración, reforestación u otras) y 22 de reducción o mitigación (Figura 6.16). No se presentan medidas de remediación. La etapa que implementará el mayor número de medidas corresponde a la de preparación (72 medidas), seguida por la construcción (57 medidas) y por último la de operación (39 medidas).

**Figura 6.16.** No de acciones del SMGA por etapa y tipo del proyecto. Etapa: P=Preparación, C=Construcción, O=Operación. Tipo de medida Pr=Preventiva, Co=Compensación, Re=Reducción



Los programas que presentan mayor número de acciones de medidas de mitigación es el programa de Biodiversidad con 27 acciones, seguido por y el Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas con 20 acciones.

La Tabla 6.8 resume las medidas contenidas en cada uno de los programas y subprogramas del SMGA, con excepción del Programa de Supervisión Ambiental, el cual tiene por objetivo verificar la aplicación adecuada de todas y cada una de las acciones contenidas en el resto de los programas.

**Tabla 6.8.** Resumen de las acciones contenidas en el SMGA del proyecto. Etapa: P=Preparación, C=Construcción, O=Operación. Tipo de medida Pr=Preventiva, Co=Compensación, Re=Reducción.

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
Manejo Integral de Residuos	MIRS	1	Los residuos sólidos se deberán acopiar de manera separada de acuerdo a su tipo en contenedores específicos.	x	x	x	x		
		2	Se deberán colocar contenedores para residuos sólidos apropiados para cada tipo de residuo en diversas áreas del proyecto cercanas a los frentes de trabajo.	x	x		x		
		3	Los residuos inorgánicos reciclables deberán acopiarse por separado de acuerdo a su tipo, limpios y compactados para su recolección por la compañía autorizada que los trasladará a los centros de acopio o reciclaje.	x	x		x		
		4	Los residuos inorgánicos reciclables y no reciclables se deberán acopiar en instalaciones apropiadas.	x	x		x		
		5	Establecer depósitos para el acopio de material vegetal producto de desmonte	x	x		x		
		6	El material vegetal resultante de las actividades de desmonte se triturará utilizará para las labores de reforestación de la duna costera o para elaborar composta.	x	x				x
		7	Presentar un Plan de Manejo de residuos de manejo especial, considerando los elementos técnicos establecidos en la NOM-161-SEMARNAT-2011 o ajustar el existente para el DTGS.	x					x
		8	Toda la maquinaria y material utilizado durante la construcción en las áreas de maniobras serán removidas y trasladadas el final del día al patio de maniobras de las instalaciones del DTGS.		x		x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
		9	Retirar del fondo marino y de la playa todo material requerido para el desarrollo del proyecto, así como cualquier residuo sólido encontrado en el área, aunque no haya sido generado por el proyecto.		x				x
	MIRL	1	Colocación de sanitarios portátiles en áreas accesibles y cercanas a los frentes de trabajo a razón de uno por cada quince trabajadores.	x	x				x
		2	El mantenimiento de la infraestructura sanitaria y la disposición final de residuos líquidos serán llevadas a cabo por empresas acreditadas para tal fin por las autoridades competentes	x	x				x
		3	Supervisar que la calidad de agua de riego, sea la indicada en la NOM-003-SEMARNAT-1997, que indica que las grasas y aceites <15 mg/l; Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día <20 mg/l; Sólidos Suspendidos Totales <20 mg/l; y coliformes fecales en concentraciones menores a las 240 colonias por 100 ml			x	x		
	MIRP	1	Establecer lineamientos claros para la disposición temporal de los residuos peligrosos de acuerdo a su tipo y para su registro en bitácora.	x	x	x	x		
		2	Embalaje y etiquetado adecuado de los contenedores de residuos peligrosos previo a su almacenamiento y registro en bitácora		x		x		
		3	El mantenimiento y resguardo de embarcaciones se realizarán en muelles fuera del sitio del proyecto para evitar contaminar el agua marina.	x	x		x		
		4	Implementar el plan de acción de derrame de combustible en caso de ser necesario	x	x	x		x	
		5	Colocar señalamientos correspondientes y dispositivos para atención a contingencias (como derrames o incendio).	x	x	x	x		



Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
Programa de Biodiversidad	CE	1	Realizar un recorrido en el predio durante la fase de preparación para recolectar semillas y vegetación nativa que será utilizada para la reforestación de dunas.	x					x
		2	Utilizar el vivero instalado en el DTGS, acondicionando un área específica de propagación de vegetación costera.	x			x		
		3	Implementar acciones de manejo de plantas rescatadas.	x					x
		4	Uso restringido de agroquímicos para las labores de mantenimiento de los ejemplares en el vivero del proyecto		x		x		
		5	Implementar un programa de rescate y reubicación de fauna	x	x	x	x		
		6	Inspeccionar las áreas donde se desarrollarán las actividades, identificando individuos de lento desplazamiento	x			x		
		7	Capturar a individuos identificados por medio de métodos que garanticen su integridad física y eviten generar demasiado estrés al organismo.	x			x		
		8	Registrar la especie, medidas antropométricas, lugar y fecha de captura, y condiciones físicas del sitio de captura en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.	x			x		
		9	Trasladar a los individuos capturados bajo condiciones que garanticen su seguridad e integridad física y eviten generarles demasiado estrés.	x			x		
		10	Liberar a los individuos capturados en las áreas de conservación del proyecto o del SAR, que presenten tipo de vegetación y condiciones físicas similares a las que presentaba el sitio en donde fueron capturados.	x			x		
		11	Colocación de señalamientos provisionales, preventivos e informativos en los frentes del trabajo para disminuir riesgo de daños a la fauna, flora y población local.	x	x		x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
		12	Evitar la circulación de vehículos de cualquier tipo por el área de playa durante la temporada de desove de tortugas marinas.	x	x				x
		13	Evitar la colocación de reflectores que se dirijan hacia esta área o iluminen zonas aledañas.	x	x		x		
		14	Se restringirá la circulación de los trabajadores hacia la Zona Federal Marítimo Terrestre, especialmente durante la temporada de anidación de tortugas marinas.	x	x	x			x
		15	Colocar letreros informativos para la protección y conservación de las tortugas marinas.	x	x	x	x		
		16	Durante la temporada de anidación de tortugas marinas la zona de playa se mantendrá limpia y libre de obstáculos que impidan el paso de estos organismos de acuerdo a la NOM-162-SEMARNAT-2012	x	x	x	x		
		17	Implementar medidas incluidas dentro del Programa de Protección y Conservación de Tortugas Marinas del DTGS.	x	x	x	x		
		18	Previo al inicio de obras en la zona marina se realizará el rescate de biota marina.	x			x		
		19	Reubicar ejemplares marinos colectados en sitios libres de riesgo para los mismos.	x			x		
		20	Registrar la especie, localidad, coordenadas geográficas, fecha de rescate, nombre científico, número de registro y lugar de reubicación en la bitácora de rescate de fauna del proyecto.	x			x		
		21	En el caso de especies sésiles (corales escleractinios y gorgonáceos) susceptible de rescate se procederá a su desprendimiento del sustrato mediante martillo y cincel, colocándolo dentro de una jaba y se coloca una bolsa de izaje para su transportación sobre el recorrido.	x					x

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
Programa de Conservación y Manejo de Ecosistemas	CFIM	22	Reubicar especies sésiles de corales y gorgonáceos mediante colocación de cemento y cinchos de plástico en áreas con condiciones similares fuera de las zonas de aprovechamiento del proyecto.	x					x
		1	Definición del procedimiento a seguir para el manejo de especies peligrosas en las instalaciones del proyecto.	x			x		
		2	El manejo y control de mosquitos y otros insectos se realizará por medio de técnicas de bajo impacto ambiental.	x	x		x		
		3	Reubicación de fauna feral fuera del área del proyecto.	x	x	x	x		
		4	Evitar dejar expuestos los residuos sólidos por tiempos prolongados	x	x	x	x		
		5	Cubrir diariamente recipientes, cajas de vehículos de caja abierta o cualquier recipiente que pueda albergar agua o residuos sólidos.	x	x		x		
	CH	1	Realizar un convenio de colaboración con autoridades competentes en la materia para llevar a cabo acciones de compensación que pueden incluir acciones de reforestación, cursos de capacitación o alguna otra actividad que se crea pertinente.			x		x	
		2	Divulgar las medidas compensatorias acordadas a usuarios del proyecto.			x	x		
		3	Realizar un curso de capacitación a todos los involucrados en el proyecto previo al inicio de la obra sobre las acciones que se tienen que implementar en el marco de cumplimiento del SMGA.	x			x		
		4	Colocar cortinas antidispersión en sitios estratégicos que se requieren para las obras marinas asegurando que siempre estén extendidas y se filtre la menor cantidad de sedimentos posible.	x	x				x
		5	Los derrames de arena provenientes de los tubos de extracción y bombeo se detendrán inmediatamente y se procederá a cambiar la manguera o tubo.	x	x		x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
		6	Realizar la extracción, transporte y vertido de arena en meses seguros.	x	x		x		
		7	Retirar las cortinas antidispersión de manera manual, una vez abiertas las bocas de las caletas.		x		x		
	RRH	1	Implementación de la estrategia de forestación / reforestación designada para sitios de aprovechamiento temporal según su condición particular.		x				x
		2	Delimitación física de la extensión del área a reforestar por medio de protecciones que eviten el paso de personas a la misma	x	x		x		
		3	Selección de las especies susceptibles para usarse en la reforestación, las cuales deberán ser nativas y propias del ecosistema de duna costera de la región	x	x				x
		4	Determinación de la técnica y la época del año más adecuadas para obtener la menor tasa de mortalidad de las plántulas utilizadas en la reforestación de la duna costera	x	x				x
		5	Preparación del terreno a reforestar, que incluye la nivelación y acondicionamiento del terreno.	x					x
		6	Trasplante y siembra de los ejemplares vegetales de acuerdo a la técnica adecuada para cada tipo de especie de que se trate y diseño de reforestación adecuado al uso que se le dará a la zona		x	x			x
		7	Selección del tipo de productos que deberán utilizarse para el mantenimiento de las plántulas utilizadas en la reforestación de la duna costera. En caso de requerirse algún tipo de agroquímico, éste deberá encontrarse dentro de la lista de productos autorizados por la CICOPLAFEST.			x	x		
		8	Selección de la forma más adecuada para proteger las áreas reforestadas del paso de personas y vehículos.			x			x
		9	Determinación de la intensidad y frecuencia del riego y poda, de acuerdo con las condiciones ambientales preponderantes en cada época del año.			x	x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
		10	Mantenimiento del área reforestada y refuerzo de la reforestación			x			x
		11	Implementar las acciones de compensación que la autoridad determine.		x				x
		12	Implementación de la estrategia de restauración/ reforestación designada para sitios de aprovechamiento temporal según su condición particular.		x				x
		13	Uso exclusivo de individuos que procedan de las labores de rescate de vegetación del predio o de viveros temporales y/o autorizados para llevar a cabo las labores de reforestación.		x	x			x
Programa de Seguridad y Atención a Contingencias		1	Contar con botiquín de emergencias y tener identificados el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura.	x	x		x		
		2	Establecimiento de área y materiales de primeros auxilios en cada embarcación y en el área de playa.	x	x		x		
		3	Establecer como obligatorio el uso de cascos, chalecos y botas para todos los trabajadores, dependiendo del tipo de actividad será igualmente obligatorio el uso de guantes y lentes de seguridad.	x	x		x		
		4	Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo		x		x		
		5	Supervisar que se cuente con material apropiado y las estrategias adecuadas para atender contingencias (derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas en suelo o agua).	x	x	x	x		
		6	Verificar que se integre un anexo a los contratos en el cual se establezcan las normas de operación de los diversos trabajadores, este anexo deberá ser obligatorio para todos y cada uno de los subcontratistas que intervengan en el Proyecto	x			x		
		7	Verificar la disposición, manejo y señalamiento de sustancias y materiales inflamables	x	x	x	x		



Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
		8	Crear un comité de atención a contingencias ambientales, una vez iniciado el proyecto y funcionará la finalizar las obras.	x			x		
		9	Seguimiento al sistema de alerta temprana de fenómenos hidrometeorológicos, emisión de boletines internos y obtención oportuna del directorio de refugios anticiclónicos.	x	x	x	x		
		10	Difusión de materiales y equipos mínimos de sobrevivencia en caso de huracanes.	x	x	x	x		
		11	Diseñar e implementar un sistema de comunicación interna para notificar alertas.	x	x	x	x		
		12	Reglamento de Control Ambiental, incluyendo tanto un manual de procedimientos en caso de contingencias ambientales como las estrategias a seguir en caso de huracanes e incendios.	x	x	x	x		
		13	Identificar los riesgos potenciales en el sitio. Por ejemplo: tipo de materiales riesgosos almacenados, cantidades y localización. Uno de los riesgos a considerar debe ser el incendio de una embarcación	x			x		
		14	Definir el sistema de reporte de emergencias entre el personal e identificación de las primeras respuestas requeridas por el personal de las embarcaciones ante una emergencia.	x			x		
		15	Elaborar una lista del material y equipos disponibles para atender la emergencia en el sitio	x			x		
		16	Identificación clara del personal responsable de atender la emergencia y de la línea de mando en la embarcación durante la emergencia.	x			x		
		17	Elaborar una lista de ejemplos del tipo de respuestas adecuadas en los diferentes tipos de emergencia: que SI hacer y qué NO hacer en cada caso.	x			x		
		18	Elaborar un plano del sitio con rutas de evacuación de todas las embarcaciones.	x			x		
		19	Tener a la mano números de emergencia como: bomberos, policía, ambulancias, guardacostas, y responsable de la	x			x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
			atención a emergencias. Estos teléfonos deben estar disponibles y a la mano en todas las embarcaciones, junto con las instrucciones sobre cómo llegar a la marina desde la carretera principal más cercana.						
Programa de Emisiones a la Atmósfera		1	Mantenimiento óptimo de la maquinaria y equipo necesario en las diferentes etapas del proyecto.	x	x	x	x		
		2	Mantener cubiertos y húmedos los polvos que se utilicen o produzcan durante las etapas de desarrollo del proyecto.	x	x		x		
		3	Controlar el ruido de la maquinaria a través de su adecuado mantenimiento y de aislantes de ruido.	x	x		x		
Programa de Monitoreo Ambiental	MVD	1	Determinar las áreas y sitios de muestreo en campo para los ecosistemas de duna y playa.			x	x		
		2	Marcaje de individuos dependiendo del tipo de vegetación de que se trate.			x	x		
		3	Establecer el tamaño y forma de los sitios de muestreo.			x	x		
		4	Realizar el muestreo de duna costera una o dos semanas antes de comenzar las labores de la etapa de preparación, inmediatamente después de concluir la etapa de construcción y durante la etapa de operación el monitoreo será semestral durante cinco años, la periodicidad se evaluará posterior a este periodo de acuerdo con los resultados señalados por el especialista a cargo del monitoreo. Se realizarán evaluaciones de estabilidad y condición de las dunas posterior al impacto de fenómenos meteorológicos extremos.	x	x	x	x		
		6	Realizar el muestreo de la zona de manglar una o dos semanas antes de comenzar las labores de la etapa de preparación, inmediatamente después de concluir la etapa de construcción y durante la etapa de operación el monitoreo será semestral hasta que finalice la construcción del proyecto en su totalidad. Una vez terminado el proyecto será realizado de forma anual. Aunque se			x	x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
			recomienda efectuar la inspección de los sitios de muestreo aproximadamente cada seis meses para identificar puntos afectados por cualquier eventualidad y determinar la pertinencia de reubicar el sitio, recolocar marcas, etc.						
	MCA	1	Evaluar la calidad del agua de acuerdo a sus características físicas y químicas necesarias para mantener la diversidad y desarrollo de la biota correspondiente en la zona marina adyacente y caletas artificiales.			x	x		
		2	Actualizar de manera permanente la información ecológica, lo que, permitirá dar seguimiento a la condición del agua superficial del predio.			x	x		
		3	Detectar cambios durante la construcción, operación del proyecto y que pudiera afectar el ecosistema de manglar.		x	x	x		
		4	Iniciar el monitoreo con una línea base de la caracterización química del agua, esta línea base deberá generarse de manera previa a la fase de construcción del proyecto.	x			x		
		5	Realizar un muestreo una vez terminado el proceso constructivo y de manera cuatrimestral durante un periodo de dos años posteriores a la finalización del anterior. Posterior a este periodo, el especialista responsable del monitoreo evaluará si es factible ampliar la periodicidad de evaluación.	x	x	x	x		
		6	Iniciar con un estudio a lo largo de un año para determinar los patrones de variación estacional en la composición granulométrica de los sedimentos, así como de las tasas de sedimentación, y con base en esta información proponer muestreos anuales para evaluar los cambios temporales en estos parámetros.			x	x		
	MBM	1	Monitorear la ictiofauna anualmente durante un periodo de tres años para evaluar los cambios temporales en la composición específica y abundancia de peces en sitios donde se haya registrado mayor diversidad, así como un análisis de			x	x		

Programa	Subprograma	No.	Acción	Etapa			Tipo de medida		
				P	C	O	Pr	Co	Re
			su estructura y talla. Posterior a los tres años se realizará una reevaluación de la temporalidad de los monitoreos, la cual será determinada por el especialista.						
		2	Realizar muestreos una o dos semanas antes de comenzar las labores de la etapa de preparación y construcción y al finalizar el proceso constructivo, cada 6 meses durante etapa de operación por un periodo de tres años. Posterior a este periodo, el especialista evaluará si el sistema requiere un periodo mayor y la periodicidad de monitoreo.	x	x	x	x		
Total		99		72	57	39	74	2	22

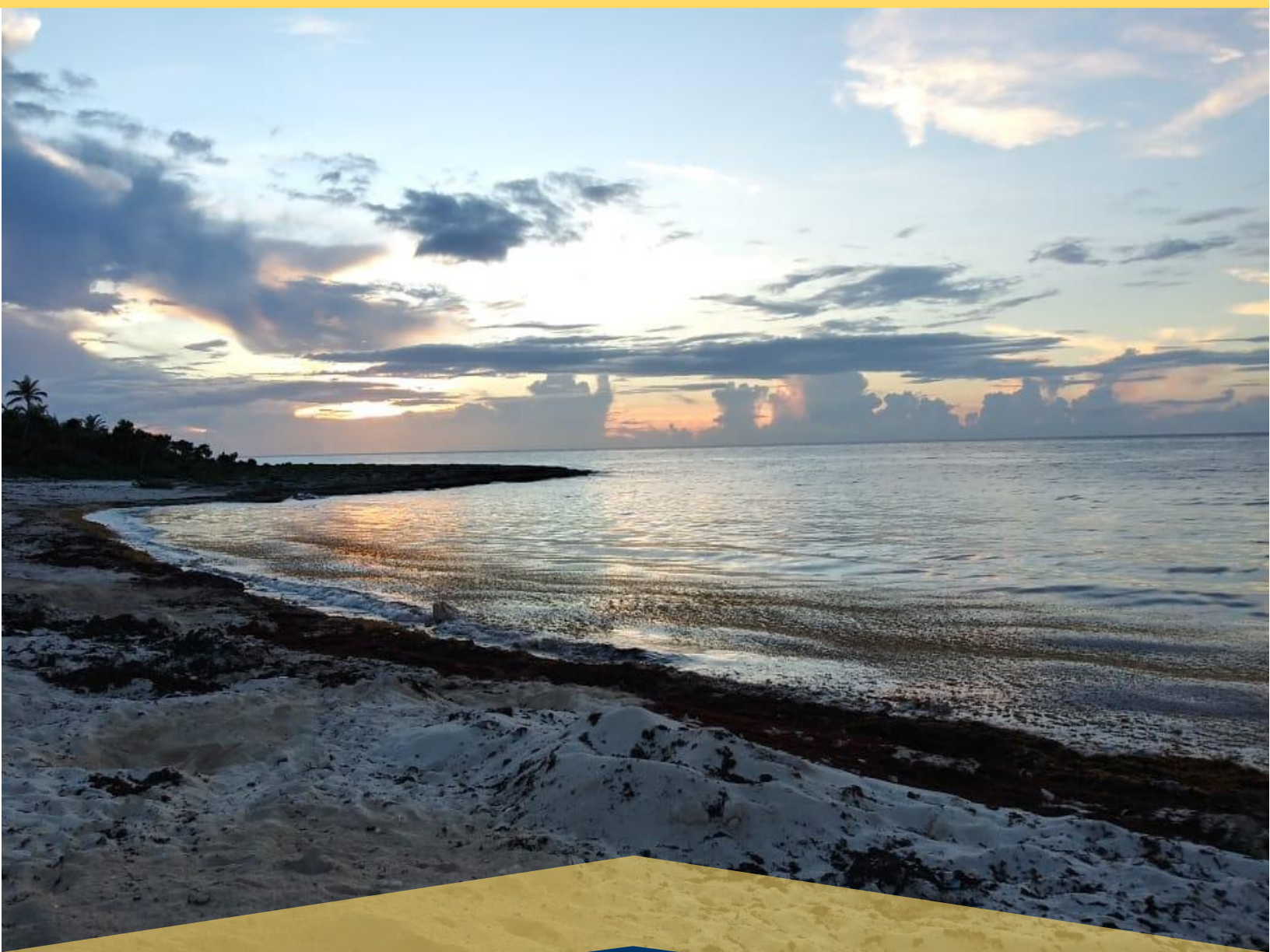
#### 6.4. Conclusiones del SMGA

A lo largo del presente capítulo se ha mostrado como el Proyecto, a través de su Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA) implementará medidas preventivas, de mitigación y compensación necesarias, adecuadas y suficientes para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente que pudiera ocasionar su desarrollo, pues atiende a los impactos identificados para el proyecto en el capítulo 5 de esta MIA-R.

De este modo es posible afirmar que el proyecto cumple con lo establecido en el Artículo 30 de la LGEEPA referente al contenido que debe de tener una Manifestación de Impacto Ambiental. Aunado a la observancia de dicho artículo, el diseño y futura implementación del SMGA en caso de resultar autorizado el Proyecto, representa un compromiso de garantía para la atención y mitigación adecuada de los impactos ambientales esperados con la construcción y operación del proyecto, otorgándole la viabilidad ambiental necesaria en cada una de las etapas de su implementación.

Con las medidas propuestas en el presente capítulo, queda de manifiesto que el proyecto se apega a la legislación ambiental vigente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, además de que demuestra que es ambiental y legalmente viable.

**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:  
DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 7**



---

## CAPÍTULO 7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES, Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

---

### 7.1. Introducción

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece en su Artículo 13 que la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional deberá contener en su capítulo 7 los “*Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas*”.

En este sentido, el propósito de este capítulo es dar cumplimiento a lo establecido en el artículo mencionado, y dar un pronóstico ambiental de la región comprendida por el SAR definido en el Capítulo 4 de la presente MIA-R y en el cual se inserta el proyecto, con base en un análisis de las condiciones prístinas del sitio, al escenario ambiental actual de la zona de estudio sin el Proyecto y con él. También se describen las alternativas evaluadas en el proceso de planeación, así como la elección de la alternativa viable entre las opciones posibles, que busca prevenir o disminuir el impacto ambiental previo al diseño del Proyecto.

A partir del conocimiento del escenario ambiental (Capítulo 4) y legal (Capítulo 3) actual del área de estudio, así como de los elementos que componen al Proyecto (Capítulo 2), fue posible identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales que la implementación del Proyecto pudiera generar en sus diferentes etapas (Capítulo 5). Una vez realizado este proceso, se propusieron medidas de prevención y mitigación (Capítulo 6) a los posibles impactos ambientales previamente identificados y evaluados, así como también, un programa de monitoreo de las condiciones del sitio que garantizarán el cumplimiento de las premisas establecidas en la presente MIA y mediante el cual podrán identificarse posibles impactos no previstos, y mitigarlos de manera oportuna.

Con base en lo anterior, a lo largo de este capítulo se presenta:

- a) Un análisis retrospectivo de la región de interés.
- b) Descripción del escenario ambiental actual de la región sin proyecto, que retoma el diagnóstico ambiental presentado en el Capítulo 4.
- c) Una breve descripción de las alternativas de diseño que se evaluaron para el proyecto hasta llegar a la alternativa viable y propuesta en la presente MIA-R,
- d) Descripción de la alternativa viable para el Proyecto, descrita en el Capítulo 2, con los impactos ambientales que éste generará.
- e) Pronostico ambiental basado en modelos conceptuales de escenarios regionales futuros con y sin Proyecto.
- f) Pronóstico del escenario ambiental con la implementación del proyecto.
- g) Programa de vigilancia ambiental que retoma lo establecido en el Capítulo 6 de la presente MIA.

## 7.2. Análisis retrospectivo

Para el análisis retrospectivo de las condiciones bióticas y abióticas del SAR se tomó en consideración información geográfica existente, así como información recabada de documentos oficiales. Este análisis consideró dos factores transformadores de las condiciones del SAR los factores transformadores de los componentes ambientales, estos son los fenómenos hidrometeorológicos (tormentas y huracanes), y los factores transformadores antropogénicos, tales como cambio de uso de suelo para el desarrollo de infraestructura para el turismo y asentamientos humanos, regulados mediante ordenamientos territoriales, programas de desarrollo urbano, áreas naturales protegidas, entre otros.

Para los factores transformadores climáticos extremos como son huracanes y tormentas, no fue posible generar modelos predictivos que permitirán realizar un análisis de tendencias del SAR, sin embargo, fue posible medir algunos de sus impactos negativos en la zona costera, los cuales se tomaron en consideración para la definición del diseño del Proyecto, de modo que pudiera amortiguar los efectos de estos fenómenos en el futuro.

El SAR del Proyecto se delimitó en la zona marina costera del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (DTGS), los cuales han sido objeto de diversos estudios de caracterización en el pasado, tales como, fauna y vegetación terrestre, calidad de agua, ambientes marinos y biota marina. Estos estudios sirven como parteaguas para analizar cómo han cambiado las condiciones ambientales del SAR a través del tiempo hasta conformar el escenario actual en la zona. Los resultados más destacados de dichos estudios realizados para el predio del DTGS se presentan a continuación.

El SAR se ubica en una zona de la Península de Yucatán en donde se desarrollan selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias (Miranda 1978, Durán 1986), así como vegetación de dunas costeras (Miranda 1978, Espejel 1986) y manglares (Sánchez *et al.* 1991).

Los estudios de caracterización de la zona de estudio, se realizaron en el año de 1995, los cuales se requirieron para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto “Desarrollo Turístico Xaac” con fecha de 1996, misma que se ingresó a la SEMARNAP para su correspondiente evaluación.

En estos estudios se indica que los tipos de vegetación encontrados en el área de estudio corresponden a selva mediana subcaducifolia/subperennifolia y selva baja subcaducifolia principalmente, además de manglar, vegetación de duna costera, vegetación de litoral rocoso y palmar. El estado de conservación de la vegetación en ese entonces fue calificado como bueno ya que más del 90% de su superficie se encontraba cubierta por vegetación natural.

Se identificaron 7 unidades naturales en el predio de estudio, las cuales fueron: línea de costa, isletas y playas arenosas, cordón de dunas, terraza costera baja, planicie de inundación, terraza costera alta, y dolinas y sumideros.

En dicho predio se registraron 75 especies de plantas terrestres. Las especies clasificadas como dominantes en la selva subperennifolia fueron: *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* y *Talissia olivaeformis* en el estrato más alto, así como *Pouteria unilocularis*, *Nectandra coriacea* y *Drypetes lateriflora* en el estrato medio. Para la selva subcaducifolia se reportaron como especies dominantes: *Bursera simaruba*, *Vitex gaumeri*, *Caesalpinia gaumeri*, *Ottoschulzia pallida*, *Lysiloma latisiliquum* y *Metopium brownei*. En la vegetación de duna costera se identificaron tres comunidades principales: la de *Strumpfia marítima-Rachicallis americana-Ernodea littoralis* desarrollada sobre la roca caliza; y las de *Sesuvium* y *Ambrosia-Hymenocallis* sobre arena en la

zona de dunas estabilizadas. La vegetación de duna costera presentó un estado de conservación variable debido a que se identificaron numerosas brechas y caminos. En la vegetación de manglar se registraron tres de las cuatro especies de manglar que comúnmente se distribuyen en la zona: *R. mangle*, *L. racemosa* y *C. erectus*.

En cuanto a la fauna del sitio, se identificaron 81 especies de aves y 40 especies de mamíferos silvestres. De las cuales, 14 especies de aves y 8 especies de mamíferos estaban incluidas dentro de la entonces NOM-059-ECOL-1994 con algún tipo de protección. Cabe destacar que en el corredor Cancún-Tulum es posible identificar 347 especies de aves, de las cuales, 67 se encontraban enlistadas con alguna categoría de protección en la entonces NOM-059-ECOL-1994.

En cuanto a los ambientes marinos costeros, se encontraron 3 zonas y 10 subzonas estructurales: Zona laguna arrecifal con las subzonas de playa, parches y bajos, Zona cresta arrecifal con las subzonas de arrecife posterior, rompiente arrecifal y transición barlovento, y la Zona arrecife frontal con las subzonas frontal interior, frontal exterior, frontal profundo y cantil.

Referente a la biota marina del sitio, se identificaron 46 especies de macroalgas, las más abundantes en las partes someras del arrecife fueron las algas verdes (clorofitas) siendo las más comunes las especies de los géneros *Halimeda* y *Caulerpa*. En las partes profundas, las algas café (feofitas) son las que presentaron mayor cobertura, con *Lobophora variegata* como la especie dominante. En tanto que los sustratos duros son dominados por las especies del género *Amphiroa*, las cuales se distribuyen ampliamente por todo el arrecife. Asimismo, se registraron 39 especies de escleractinios, 2 especies de hidrocoral pétreo del género *Millepora*; también se registraron al menos 29 especies de gorgonáceos, la mayor diversidad se encuentra en el arrecife frontal. Se observaron por lo menos 56 especies de peces arrecifales, con una alta diversidad biológica, distribuidos de manera muy similar, en cuanto al número de especies, diversidad y equitabilidad, en todo el arrecife. Se encontraron 4 de las 5 especies mariposa reportada para el Caribe Mexicano, este grupo también es considerado como indicadores de una adecuada calidad ambiental.

En el 2005 la región fue afectada por dos huracanes, en el mes de julio por Emily y en octubre por Wilma, los daños generados a la vegetación dieron pie a que se desmontaran algunas áreas del predio y se abrieran nuevas brechas y caminos.

Para evaluar las afectaciones derivadas de estos factores transformadores tanto climáticos como antropogénicos sobre el área de estudio, se realizó el análisis y fotointerpretación de la ortofoto proporcionada por INEGI del año 2004 (Figura 7. 1 y Figura 7. 2), así como de la imagen de satélite adquirida de Google Earth del año 2010 para el predio del DTGS (Figura 7. 3 y Figura 7. 4).

Figura 7. 1. Ortofoto del predio del DTGS en el año 2004 obtenida del INEGI.

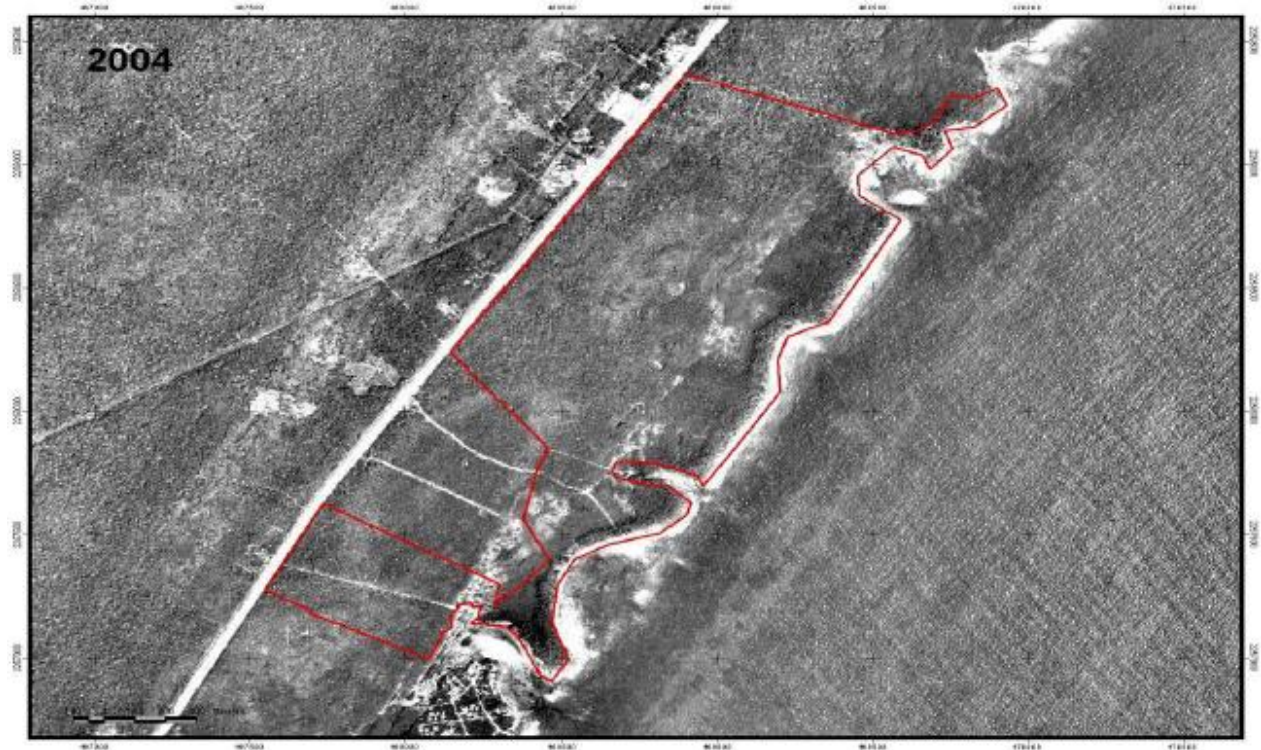


Figura 7. 2. Cobertura vegetal y usos de suelo del predio identificados mediante el análisis de la ortofoto del 2004.

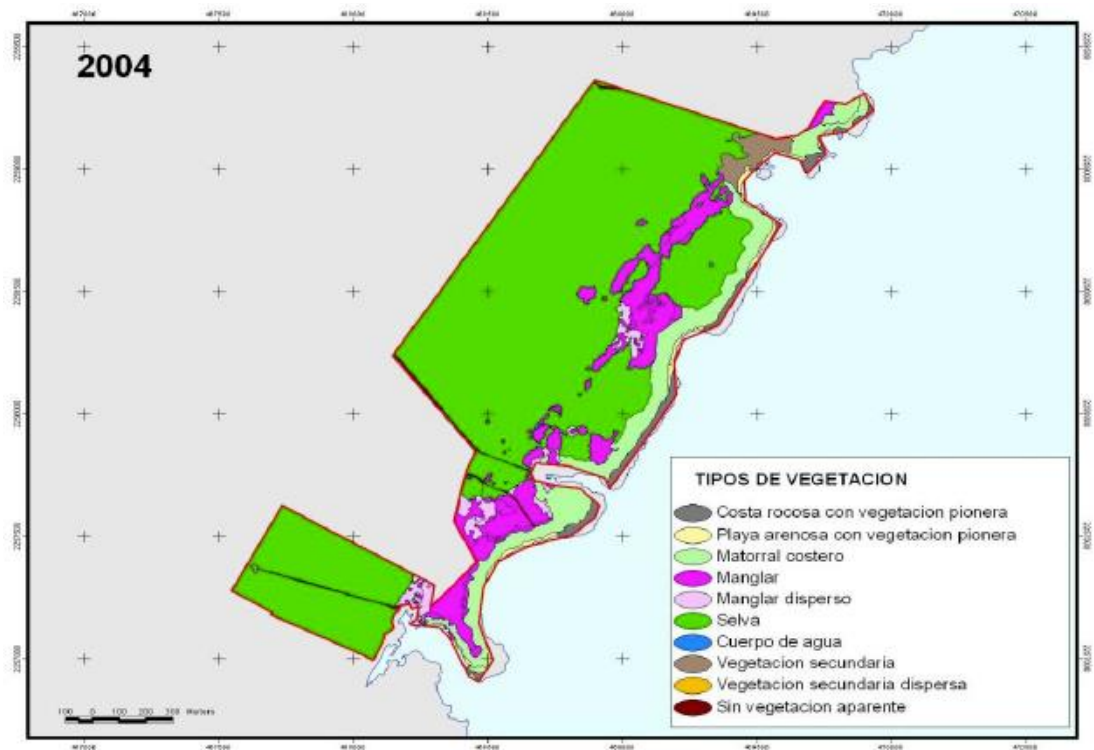
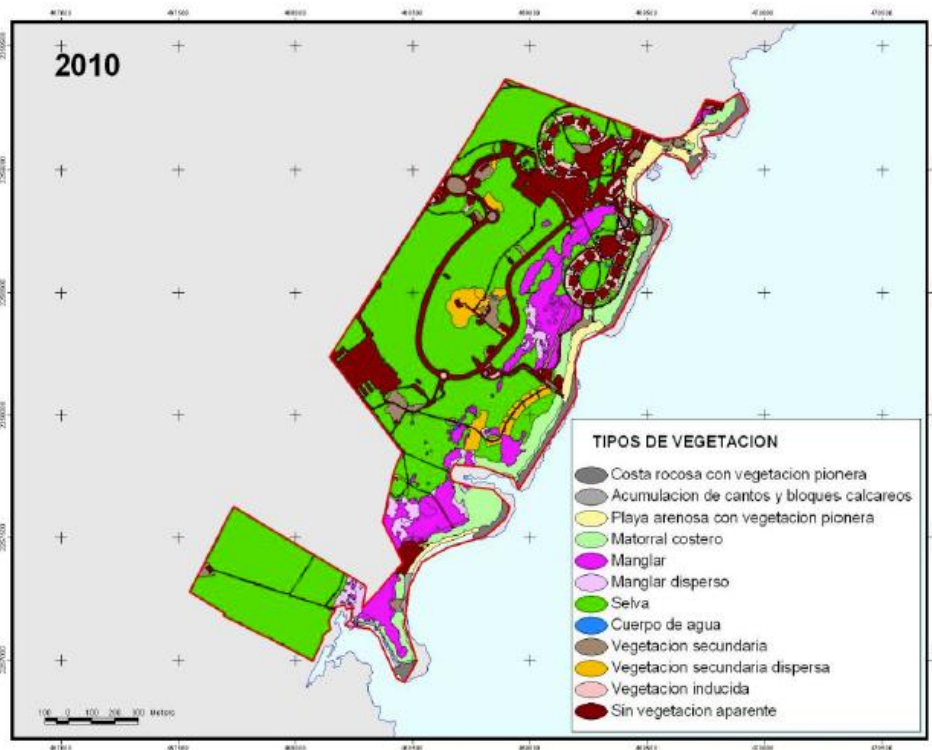




Figura 7. 3. Imagen satelital del predio obtenida de Google Earth.



Figura 7. 4. Cobertura vegetal y usos de suelo del predio identificados a partir del análisis de la imagen satelital de Google Earth del 2010.





Adicionalmente, en febrero de 2019 se realizó un levantamiento de fotografía aérea a través del cual se obtuvo un fotomosaico georreferenciado, al que se aplicó la técnica de fotointerpretación y se actualizó la caracterización de los tipos de vegetación y cobertura del suelo, así como los ambientes marinos y costeros del SAR.

**Figura 7. 5.** Fotografía satelital usada para la delimitación del SAR del proyecto y la actualización de la caracterización de la cobertura vegetal.

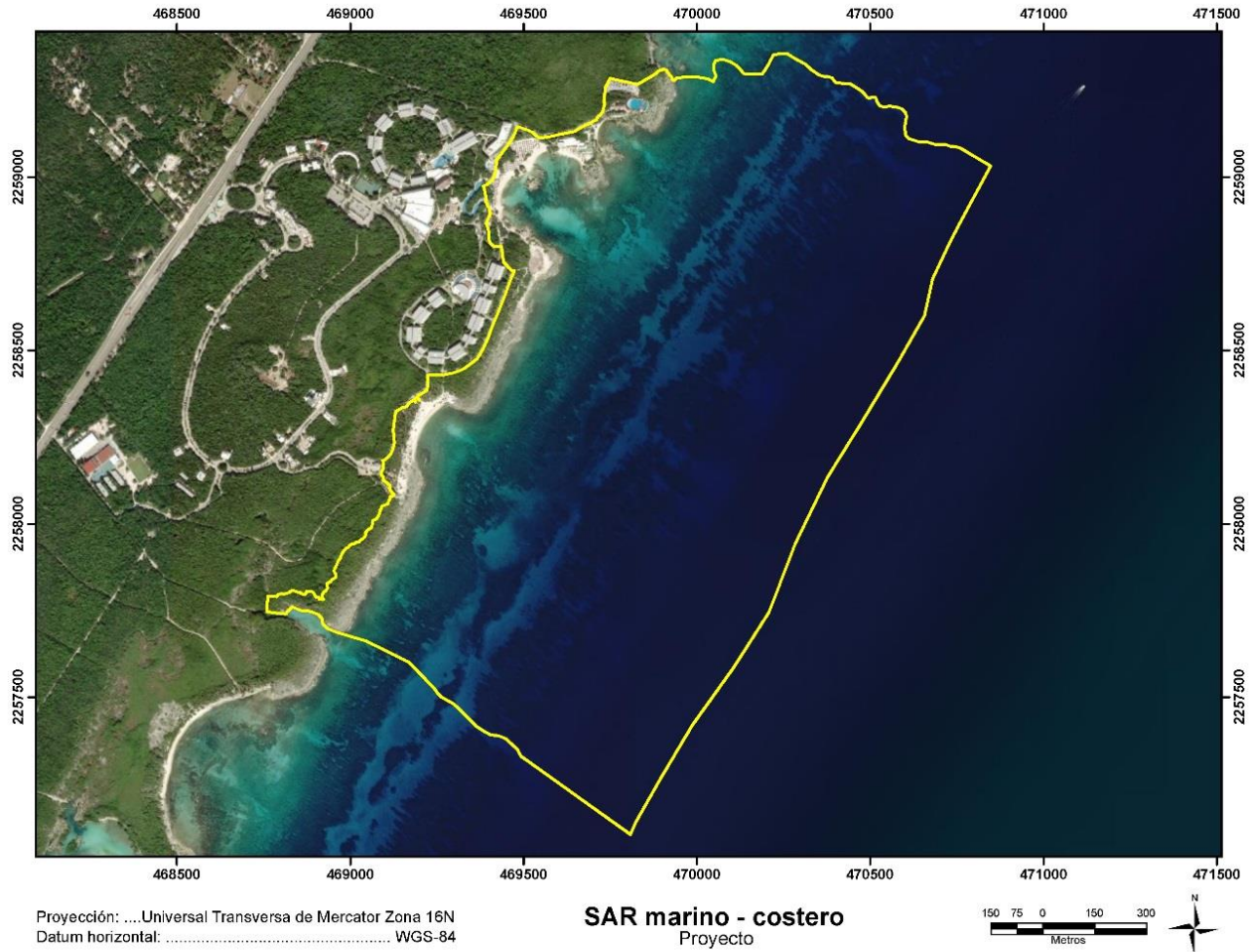
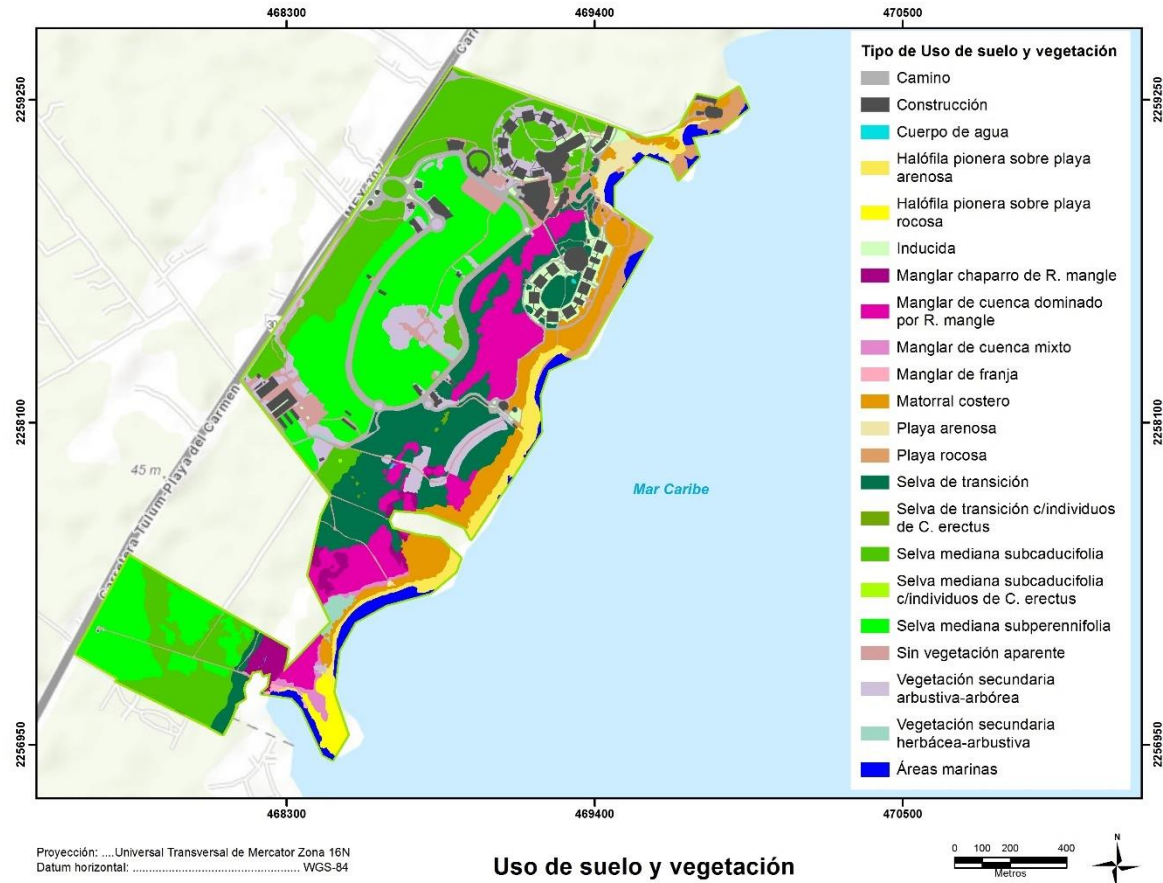


Figura 7. 6. Actualización de los tipos de vegetación y cobertura del suelo realizado con el fotomosaico del año 2019.



Adicionalmente se realizó un análisis retrospectivo sobre la línea de costa en el SAR del proyecto, como muestran los resultados de comparaciones de la cota 0.00 obtenidas a través de imágenes satelitales georreferenciadas durante los años 2006, 2010 y 2016. Los resultados demuestran un proceso de pérdida de playa arenosa y una playa rocosa estable. El análisis demuestra que la línea de costa no ha sido modificada por acción directa del hombre, la pérdida de playa se deriva del paso de fenómenos climatológicos extremos como son los huracanes. Además, una costa rocosa difícilmente puede ser modificada en el corto y mediano plazos.



**Figura 7. 7.** Línea de costa de los años 2006 (verde), 2010 (azul) y 2016 (rojo) ajustadas a partir de las imágenes satelitales calibradas y adquiridas de la base histórica de Google Earth.



### 7.3. Escenario actual

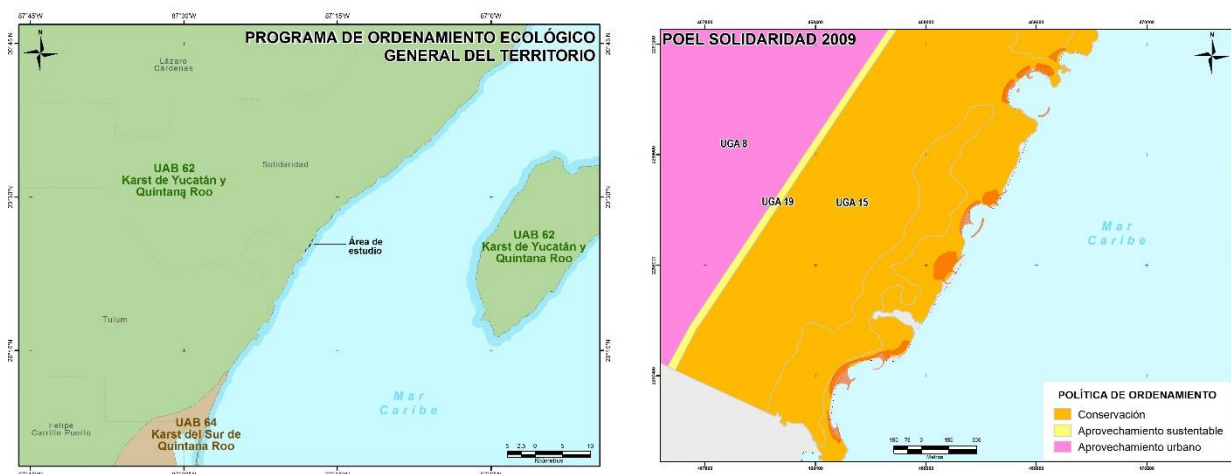
La determinación del escenario actual y el planteamiento del pronóstico ambiental, parte de la información generada para el Proyecto por los diversos especialistas, y cuyos resultados en extenso pueden consultarse en el Capítulo 4 de la presente MIA-R. Las consideraciones más importantes se presentan a continuación.

#### 7.3.1. Instrumentos legales y normativos

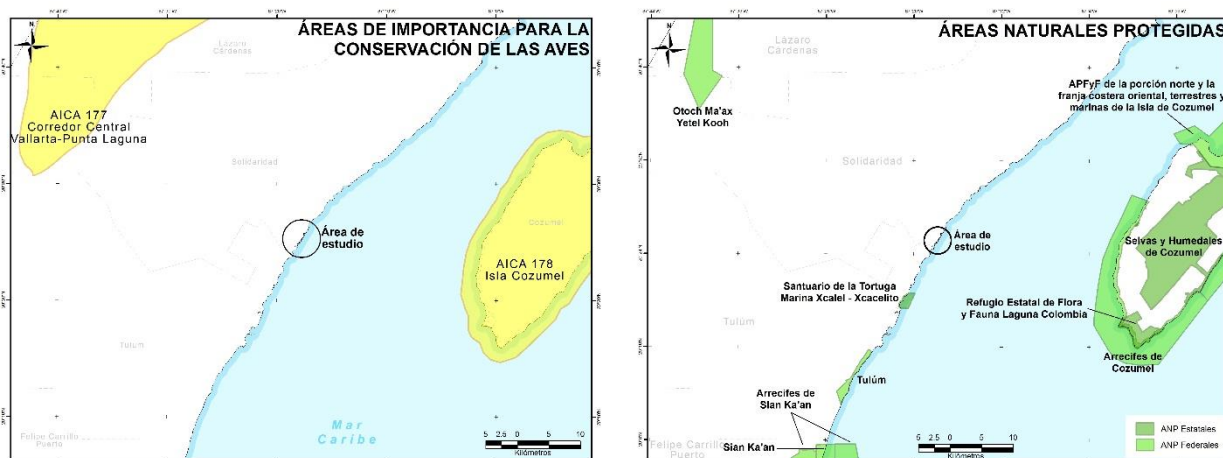
Al SAR donde se inserta el Proyecto le aplican los instrumentos de política ambiental que se enlistan a continuación, y cuya vinculación con el Proyecto se puede consultar en el Capítulo 3 que integra a la presente MIA-R.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)**, decretado el 07 de septiembre de 2012 de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación (Figura 7. 8).
- **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyTGMyMC)**, el 24 de noviembre de 2012 se publicó el acuerdo por el que se expide la parte marina del POEMyTGMyMC.
- **Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Solidaridad (POEL-S)**, decretado el 25 de mayo de 2009 de acuerdo al Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. El SAR se encuentra sujeto al cumplimiento de los criterios ambientales de una UGA (UGA 15) (Figura 7. 8).
- **Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad (PDU-S)**, publicado el 20 de diciembre de 2010 en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. El SAR se encuentra sujeto al cumplimiento de lo indicado en el uso de suelo considerado como “Zona Turística”.
- **Leyes y reglamentos ambientales federales y estatales**, con énfasis en la Ley General de Vida Silvestre: Artículo 60 TER (Periódico Oficial de la Federación, 1 de febrero de 2007) y Ley General de Bienes Nacionales en lo relativo a la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT).
- **Normas Oficiales Mexicanas**, con énfasis en la NOM-022-SEMARNAT-2003, NOM-059-SEMARNAT-2010 y NOM-162-SEMARNAT-2012.
- **Otros instrumentos**, como los catalogados por CONABIO, referente a las áreas y regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, áreas naturales protegidas de ámbito federal, estatal y municipal enlistadas por la CONANP y sitios RAMSAR (Figura 7. 9).

**Figura 7. 8.** Ubicación del Proyecto respecto al POEGT (izquierda) y POEL-S (derecha).



**Figura 7. 9.** Ubicación del Proyecto respecto a las AICAS (izquierda) y ANP (derecha).



### 7.3.2. Contexto ambiental del SAR

Para el presente Proyecto se llevaron a cabo estudios para la actualización de la caracterización ambiental del SAR, las conclusiones más relevantes se exhiben enseguida, la descripción a detalle se puede consultar en el Capítulo 4 que integra a esta MIA-R.

#### 7.3.2.1. Aspectos abióticos

La península de Yucatán queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica denominada “Plataforma Calcárea”. Es una plataforma parcialmente emergida, constituida por rocas carbonatadas y evaporíticas horizontalmente estratificadas.

Está conformada por una plataforma carbonatada de sedimentos mesozoicos y cenozoicos. Presenta unidades litológicas como, calizas pre-pleistocénicas, materiales o sedimentos calcáreos



(sascab) y cordones litorales formados por acarreo marino y por acción eólica. El predio presenta características litológicas de depósitos carbonatados del Cuaternario propios de la zona costera. En el subsuelo se identificaron sedimentos provenientes de plataforma continental somera como calcarenitas biógenas y calizas arrecifales.

La península de Yucatán se divide en cuatro provincias geomorfológicas: zona costera, planicie interior, colinas y valles, y cuencas escalonadas. El predio del proyecto se encuentra dentro de la provincia denominada como “zona costera”.

La península de Yucatán se caracteriza por presentar una hidrología de tipo subterránea, propia de los paisajes cársticos con ríos subterráneos, cenotes, ojos de agua cavernas y grutas.

El área de estudio queda dentro de la clasificación climática de Koppen modificado por García, 1998, tipo Aw2 (x'), correspondiente al clima cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor a los 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Con valores de precipitación media anual de 500 a 2,500 mm.

Los vientos alisios predominan durante todo el año en dirección Este-Sureste entre enero y mayo con velocidad promedio de 3.2 m/s, de junio a septiembre la dirección es hacia el Este con velocidad promedio de 3.5 m/s, en noviembre y diciembre la dirección es hacia el Norte con velocidad promedio de 2 m/s.

Las corrientes en el SAR se comportan de forma similar al resto de la costa de Quintana Roo. Existe una corriente dominante hacia el Noreste en el área del canal de Yucatán y corrientes de menor intensidad conforme se acerca a la costa. En algunos puntos cercanos a la costa la corriente se dirige al Suroeste por la formación de remolinos locales. La intensidad de promedio de las corrientes al interior de las caletas del SAR se encuentra por debajo de 0.1 m/s, mientras que, fuera de las zonas abrigadas, pero a pocos metros de la costa se observaron corrientes de aproximadamente 0.9 m/s, durante condiciones de tormenta (TECNOCEANO 2016).

La morfología del SAR se caracteriza por presentar un grupo de caletas naturales protegidas del oleaje y de las corrientes.

La plataforma continental, de toda la Riviera Maya, es estrecha, por lo que en pocos metros alcanza grandes profundidades. Esto conlleva a que las playas, en costas que se encuentran expuestas directamente al mar, no sean capaces de mantener volúmenes considerables de arena (en muchas ocasiones solo se encuentra roca) y que la arena que viaja en sentido transversal a la costa, se pierda en el acantilado de manera irrecuperable.

### 7.3.2.2. Aspectos bióticos

El SAR marino costero del proyecto cuenta con una superficie de 233.99 ha. Su delimitación se basó en la distribución de los ambientes naturales que se desarrollan en el área, así como en la dirección de las corrientes marinas predominantes, de tal forma que se abarcara la superficie que tuviera mayor probabilidad de ser influenciada por el proyecto o a la inversa. Al Noroeste, en su porción terrestre, está delimitado por el Matorral costero.

En el SAR, en su porción marina, existe una laguna arrecifal incipiente que se encuentra exclusivamente frente a la playa Kantinah (caleta Centro), donde se alterna con parches de pastos marinos, “blanquizales arenosos”, algunos cabezos de coral y agregaciones de gorgonáceos. La

cresta arrecifal está poco desarrollada y está representada casi exclusivamente por la transición barlovento, que se forma a continuación del acantilado. El arrecife frontal es continuo y está bien desarrollado. Los macizos más grandes se encuentran en el centro de esta región frente a la bahía Xaac y Xaac chico, donde algunos alcanzan hasta 50 m de ancho y 6 m de altura y se observan colonias muy grandes de *Montastrea annularis* y *Colpophylla natans*. Los canales arenosos entre los macizos coralinos son angostos. Después del arrecife frontal exterior, ubicado a 45 m de profundidad y aproximadamente a 100 m de la costa se encuentra el cantil, donde la profundidad aumenta de forma abrupta a 60 o 70 m (Gutiérrez *et al.* 1995 citado en Loreto y Gómez 2006).

Existen numerosos aportes de agua dulce y fría hacia el arrecife, los cuales se manifiestan como ojos de agua o bocas de las caletas de Yalku y Yalkuito, en donde provocan una mezcla con el agua tibia y salada del mar (SEMARNAT S/A).

El SAR, en su porción terrestre, presenta, como la mayor parte de la Península de Yucatán, un paisaje cárstico, por lo que no hay ríos superficiales. Los escurrimientos pluviales suceden a través de la red de drenaje subterráneo, que aflora en ciertos puntos como cenotes o las caletas de Yalkú y Yalkuito.

La morfología de la porción costera en el SAR, también presenta un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa. A partir de la playa se forman una serie de cordones paralelos al mar, entre 3 y 4 m de altura, donde se desarrolla matorral de dunas y palmas. (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

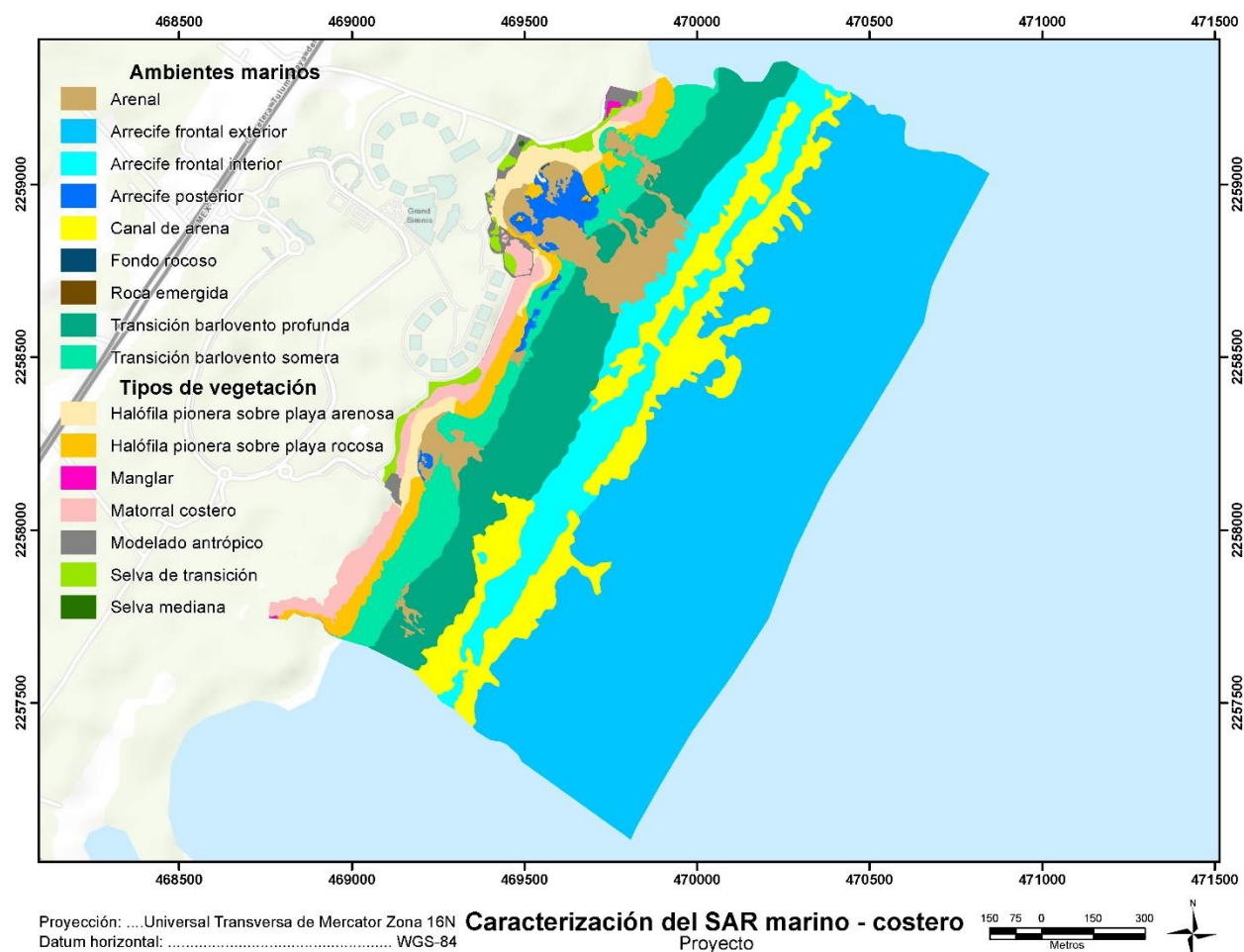
En el SAR no existen dunas costeras. Sólo se encuentran dunas frontales incipientes, de menos de 50 m de ancho frente a las pequeñas bahías. La arena de las playas en el SAR está compuesta por abundantes fragmentos de conchas marinas, moderadas cantidades de cuarzo y pocas cantidades de feldspatos y minerales densos. Presenta formas de grano de subredondeados a subangulosos, por lo que se clasifica como arena de grano medio con tamaños de granos que van desde los 0.2 a los 2 mm. Su color es blanco y carece de limos, arcillas o materia orgánica (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

El resto del litoral del SAR presenta playas rocosas en donde crece vegetación de dunas costeras de forma achaparrada en pequeñas oquedades (Moreno-Casasola *et al.* 2014).

Las playas arenosas del SAR son sitio de anidación de tres especies de tortugas marinas: *Chelonia mydas* (tortuga blanca o verde), *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey) y *Caretta caretta* (tortuga caguama) (SEMARNAT S/A).

Asimismo, en el SAR se desarrollan cuatro especies de corales que se encuentran en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Acropora palmata* (cuerno de alce), *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo), *Plexaura homomalla* y *Plexaura dichotoma* (SEMARNAT S/A).

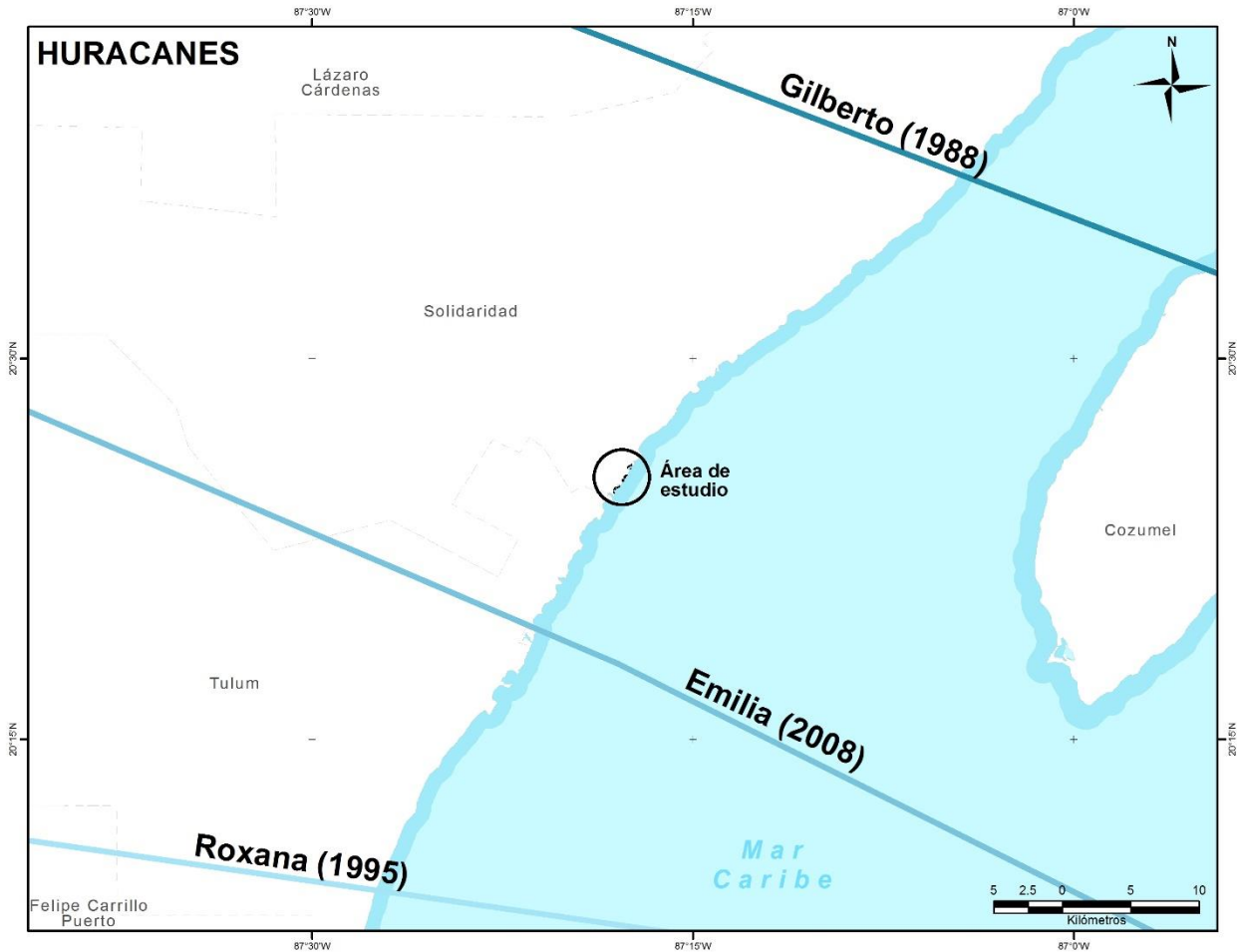
Figura 7. 10. SAR marino costero donde se ubicarán las obras de protección costera y la caleta artificial del proyecto.



### 7.3.2.3. Amenazas naturales

Por su ubicación geográfica el Estado de Quintana Roo se ve amenazado constantemente por fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como huracanes, tormentas tropicales, “nortes” y suradas o “surestes”. Dichos fenómenos se presentan durante la temporada comprendida entre mayo y noviembre, originados generalmente al este del Mar Caribe en el Océano Atlántico, y viajan hacia el oeste rumbo al Golfo de México, la Florida, la costa del este de los Estados Unidos de Norteamérica o se disipan al llegar a las frías aguas del Atlántico norte. En los últimos 50 años se han originado 494 huracanes, de los cuales 21 han tocado tierra o han pasado en un radio de 100 Km de la costa de Quintana Roo (NOAA, 2005). Los huracanes de mayor intensidad que han afectado la zona de interés durante los últimos años son Gilberto en 1988, que es recordado como el huracán del siglo debido a su gran magnitud y a los estragos que causó; Opal y Roxanne en 1995. En 2005, afectaron la zona Norte del Estado de Quintana Roo dos huracanes de gran magnitud, Emily y Wilma, este último es reconocido como el de mayor grado de destrucción que ha impactado las costas del Norte del Estado por sus efectos catastróficos sobre la industria turística y por los cambios sustanciales en la geomorfología costera (Figura 7. 11).

**Figura 7. 11.** Huracanes que han afectado el área de estudio.



#### 7.4. Evaluación de alternativas de diseño

Ante la problemática que presenta la zona litoral del DTGS, la cual radica en la carencia de zonas seguras para la recreación y descanso de los turistas que visitan la región, surge la necesidad de parte del promovente del Proyecto de implementar obras y actividades que permitan generar zonas de aprovechamiento seguras para el turismo y que sean estables ante los efectos del oleaje y tormentas. En este sentido, se integró a un grupo de expertos en diferentes especialidades, que orientaron al Promovente para el diseño de un Proyecto sustentable y viable en términos económicos, técnicos, ambientales y legales. Para lo cual se llevó a cabo la evaluación de alternativas y se seleccionó la mejor opción para su implementación en términos de su viabilidad.

A continuación, se presenta la evaluación de las alternativas consideradas para el diseño del Proyecto.

### 7.4.1. Alternativas de diseño

Para el diseño del Proyecto se consideró un modelo numérico bidimensional (Delft3D) tanto de oleaje, corrientes y transporte de sedimentos, que demostrará cuál de las alternativas propuestas aseguraba el mantenimiento de las playas de arena, así como cual generaba una mejor circulación de agua al interior de las caletas artificiales y con ello, cual alternativa generaba las mejores condiciones tanto ambientales como para su uso recreativo y de descanso.

El reto en el diseño de las obras consistió en que las estructuras de protección ofrecieran un apoyo a los rellenos artificiales de playa y disiparan la energía del oleaje que incide sobre las costas con el fin de capturar y retener los sedimentos, alargando el periodo de vida de los rellenos de playa, el diseño del Proyecto también debió considerar que la circulación de agua al interior de las caletas artificiales fuera óptima. Lo anterior, sin que las obras propuestas afectaran los procesos de dinámica litoral existentes en la región.

Durante el proceso de análisis de las opciones estructurales se examinaron diferentes opciones constructivas y de disposición de actuaciones, considerando combinaciones de elementos paralelos, perpendiculares y angulados con respecto a la línea de costa, así como en diferentes elevaciones y materiales, buscando reproducir el efecto de las estructuras naturales de protección, con beneficios a toda la línea de costa, cuidando posibles afectaciones a las zonas colindantes, y minimizando el impacto visual.

A continuación, se presenta la propuesta de diseño del proyecto.

- ***Propuesta de Solución Integral***

La propuesta tiene como principal fundamento crear un sistema integral conformado por una playa estable y por zonas seguras para la recreación de los turistas. Para lograr la estabilidad de las playas se debe disipar la energía del oleaje que incide sobre el litoral, de manera natural, esta acción la llevan a cabo las barreras arrecifales, por lo que la propuesta considera la implementación de estructuras que emulen el funcionamiento de dichos elementos naturales. En cuanto al establecimiento de zonas seguras, se evaluó la viabilidad de construir nuevas áreas de aprovechamiento, así como de mejorar las áreas existentes.

Con base en lo anterior, y en función de los resultados obtenidos de la modelación de oleaje, mareas y transporte de sedimentos (Capítulo 4), las obras y actividades propuestas deben considerar la construcción de estructuras de protección con la robustez adecuada que ayuden a generar un área protegida del oleaje y que den estabilidad a la arena capturada, para que ésta no se disperse fuera del sistema. Adicionalmente, para la recreación y descanso de los visitantes en sitios seguros, se propone la creación de caletas artificiales, así como áreas de asoleamiento.

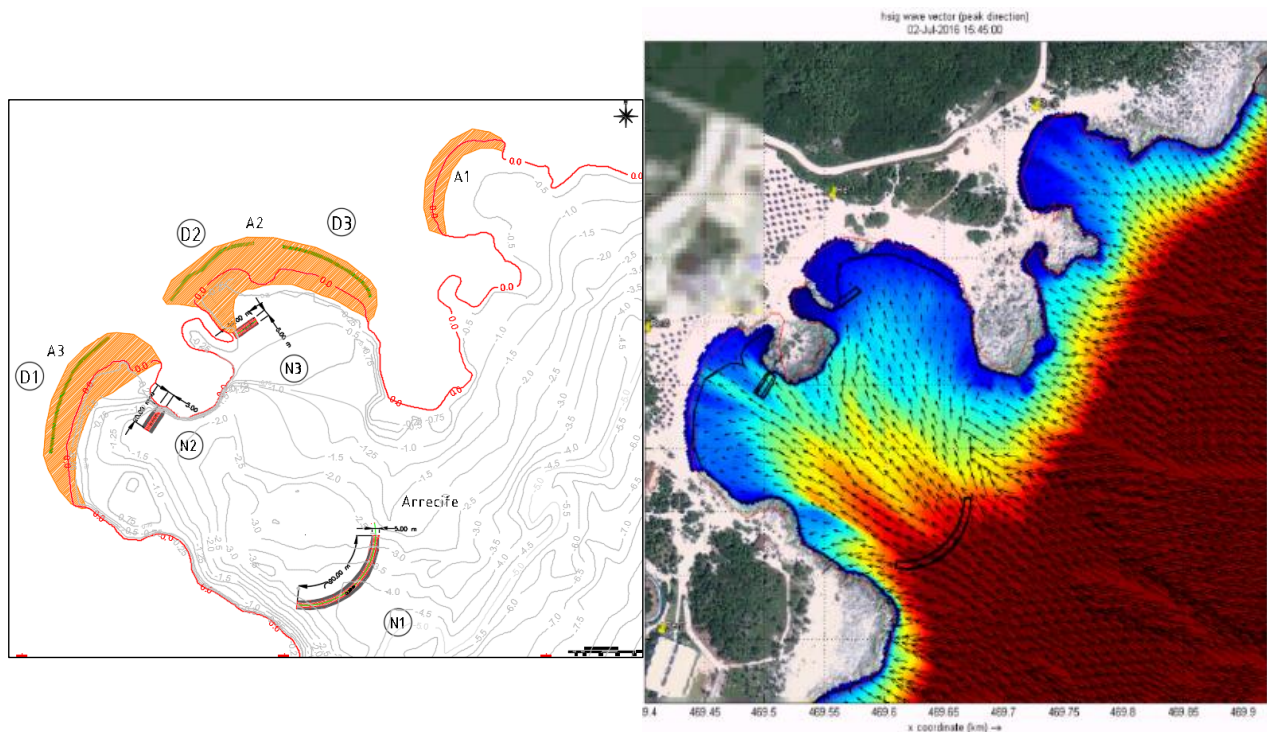
En este sentido, se propone la construcción de cuatro estructuras de protección distribuidas a lo largo de la zona marina adyacente al predio del DTGS, de las cuales, tres están ubicadas en la Zona Norte y una en la Zona Centro. Así como, la creación de una caleta artificial en la Zona Centro del predio para el nado seguro de los turistas. Aunado a lo anterior, es importante considerar el relleno de las zonas de aprovechamiento, tales como playas y caleta artificial, con la finalidad de acelerar el proceso de recuperación y mejorar el aspecto estético de dichas zonas. La arena se tiene contemplado extraerla de un banco marino cercano al predio, cuyas características de grano sean como las del área del Proyecto.



El diseño del proyecto consideró la implementación de los elementos anteriormente mencionados. Las diferencias radican en la ubicación (paralela, perpendicular o angular) con respecto a la línea de costa, longitud, profundidad y elevación de las estructuras de protección y la distancia entre ellas, así como la orientación y profundidad de las caletas y sus bocas.

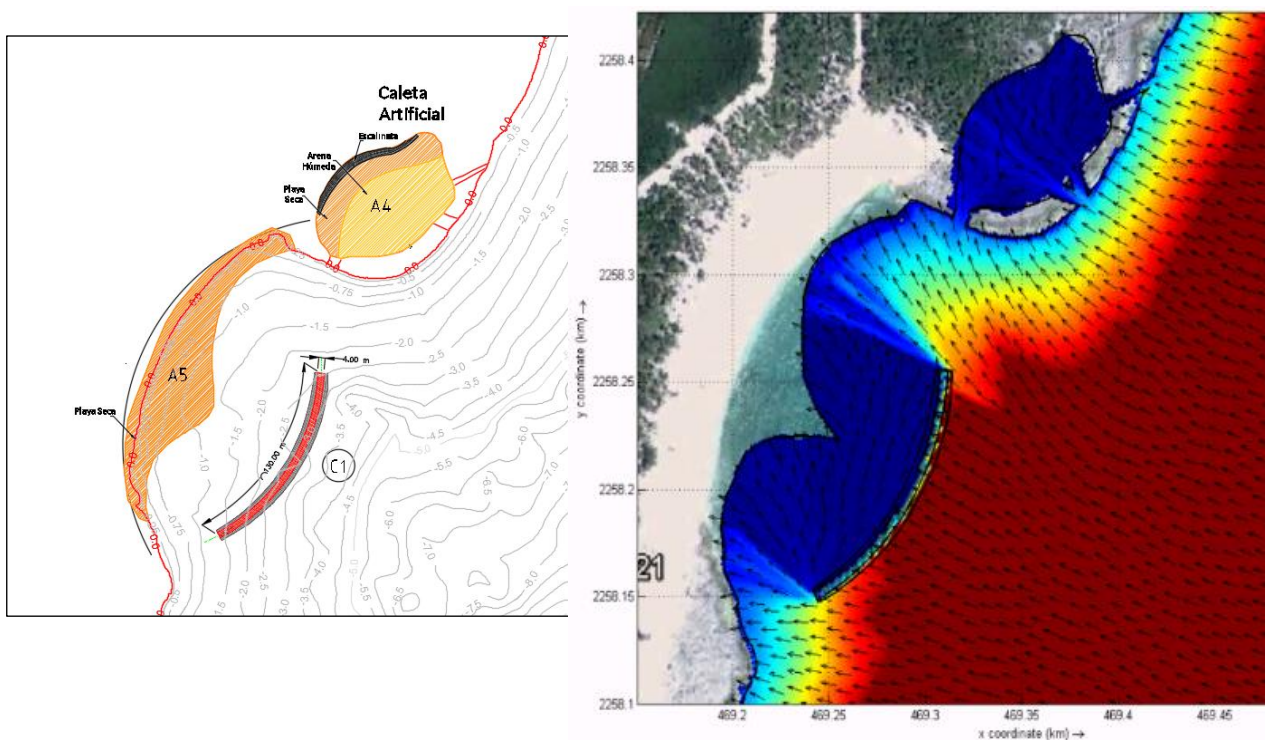
Se propone la implementación de tres estructuras de protección (**N2 y N3**) que ayuden para contención de los rellenos de playa (**A1, A2 y A3**) y disipen la energía del oleaje que llega sobre las playas, así como un dique sumergido **N1**, que, tal y como se observa en la Figura 7. 12, ejerce cierta influencia en la disipación del oleaje. Debido a que el proyecto cumple con los objetivos planteados dejando la elevación de la corona de la estructura **N3**, aumentando de 0.15 m a 0.30 m, mejorando la estabilidad del relleno **A1**.

**Figura 7. 12.** Efectos de las estructuras de protección del proyecto sobre el oleaje que incide en la caleta de la Zona Norte.



Como parte de las obras y actividades consideradas del proyecto en la Zona centro, se propuso incrementar las áreas susceptibles para su uso, a partir de llevar a cabo dos rellenos en la playa de esta Zona (**A4 y A5**), ensanchando su superficie; así como de la creación de una caleta artificial (**CA1**), con tres bocas como parte del sistema de circulación, el relleno A4, cubrirá la caleta CA1. Además, con la finalidad de proteger el relleno de la playa, se contempló también la implementación de una estructura de protección al centro (**C1**). Al correr el modelo de oleaje con las obras propuestas, se observa que la estructura **C1** reduce completamente el oleaje proveniente del Este disipando hacia las orillas de la estructura la energía de las olas, proporcionando estabilidad al centro de la playa de esta Zona. El diseño propuesto para la **CA1**, la convierte en un área estable y libre de oleaje (Figura 7. 13).

**Figura 7. 13.** Oleaje sobre la línea de costa del predio en la Zona Central con la implementación del proyecto.



### 7.5. Alternativa viable

El Proyecto tiene como propósito principal mejorar la playa frente al predio del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, generando áreas arenosas seguras para los turistas que visitan la región, y de este modo, incrementar su valor comercial y turístico favoreciendo la competitividad del Resort a lo largo de la Riviera Maya, y con ello lograr el impulso de la región y del país.

El Proyecto propuesto lo integran tres estructuras de protección, una caleta artificial, el relleno de cinco playas, una duna artificial dividida en tres segmentos y dos bancos de arena requeridos para conformar las obras anteriores. Las características generales de cada una son:

1. **Estructuras de protección.** Consiste en tres estructuras en forma de arco (N1, N2, N3) que ayudarán a mantener la playa de la zona norte estable, estas podrán estar hechas a base de tubo de geotextil relleno con coraza de concreto o de bolsacreto. Ocuparán una superficie total de 0.07 ha. N1 tendrá una longitud de 53 m, N2 y N3 tendrán 20 m de largo, estas podrían estar conformadas por coraza de roca producto de la excavación de la caleta artificial. Estructura semicircular (C1) de 130 m de longitud y corona de 4 m de ancho y 0.12 ha, su fabricación será con elementos precolados o colados in situ a base de concreto o mortero, esta estructura se colocará en la zona centro, para proteger y dar estabilidad al relleno de arena..
2. **Dunas artificiales.** Se construirán para dar estabilidad al sistema norte, estará dividida en tres segmentos (D1, D2 y D3), consistirá solo en elevaciones a partir de la acumulación de arena, ocupando una superficie de 0.05 ha. Las longitudes serán de 100 para la primera y las dos restantes medirán 80 m cada una.

3. Caleta artificial. Se propone la construcción de una caleta artificial (**CA1**) en la zona centro, con una superficie total de 0.39 ha, la cual estará rellena de arena y tendrá una profundidad de 1.5 m. Se conectará con el mar mediante tres bocas.
4. Relleno de playa. Se llevará a cabo el relleno de 5 secciones (**A1, A2, A3, A4 y A5,**) con arena proveniente de bancos de arena marinos, con la finalidad de mejorarlas y ensanchar su superficie. El ancho de la playa será variable al finalizar el proceso de vertimiento y estabilización, se estima para la playa A1, un ancho entre 7.5 – 12m con talud de 10:1 (H:V), las playas A2 y A3, tendrán un ancho de aproximadamente 15 m; abarcarán una superficie de 1.13 ha y se ubicarán en la Zona Norte. El relleno **A4**, no estará en superficie, será para la base de la CA1, la **A5**, tendrá un ancho entre 25-30 m; estos dos rellenos cubrirán una superficie de 0.72 ha y se dispondrán en la que se denominó Zona Centro. Todos los rellenos tendrán la misma relación de talud que la A1. La superficie total de los cinco rellenos será de 1.86 ha. El volumen de arena total que se ocupará para su relleno será de 24,234.72 m<sup>3</sup>.
5. Bancos de arena. Para el relleno de los geotubos, terrazas, caletas y playas se requerirá arena, la cual provendrá de dos bancos (**SIR-1 y SIR-2**) se identificaron como los bancos más cercanos al área del Proyecto, que son susceptibles de ser aprovechados y que son compatibles con la arena de las playas existentes. Se estima un volumen de extracción de **39,734.6 m<sup>3</sup>** de arena, para las obras del proyecto sólo se requieren **24, 234.72 m<sup>3</sup>**, el remanente (**15,499.88 m<sup>3</sup>**) se conservaría para actividades de mantenimiento en caso de pérdida de arena debido a fenómenos meteorológicos extremos. La información en extenso relacionada con la caracterización de los bancos de arena se puede consultar en los Anexos 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3. Cabe mencionar que en los estudios realizados se detectaron los bancos B1 y B2 los cuales por su volumen y características no se contemplan para el desarrollo del presente proyecto.

La ubicación de las obras propuestas que conforman al Proyecto se señalan en la Figura 7. 14 y Figura 7. 15, y las superficies de aprovechamiento de cada una se pueden observar en la Tabla 7. 1 y Tabla 7. 2.

Figura 7. 14. Distribución de los conceptos en el SAR marino costero del proyecto.

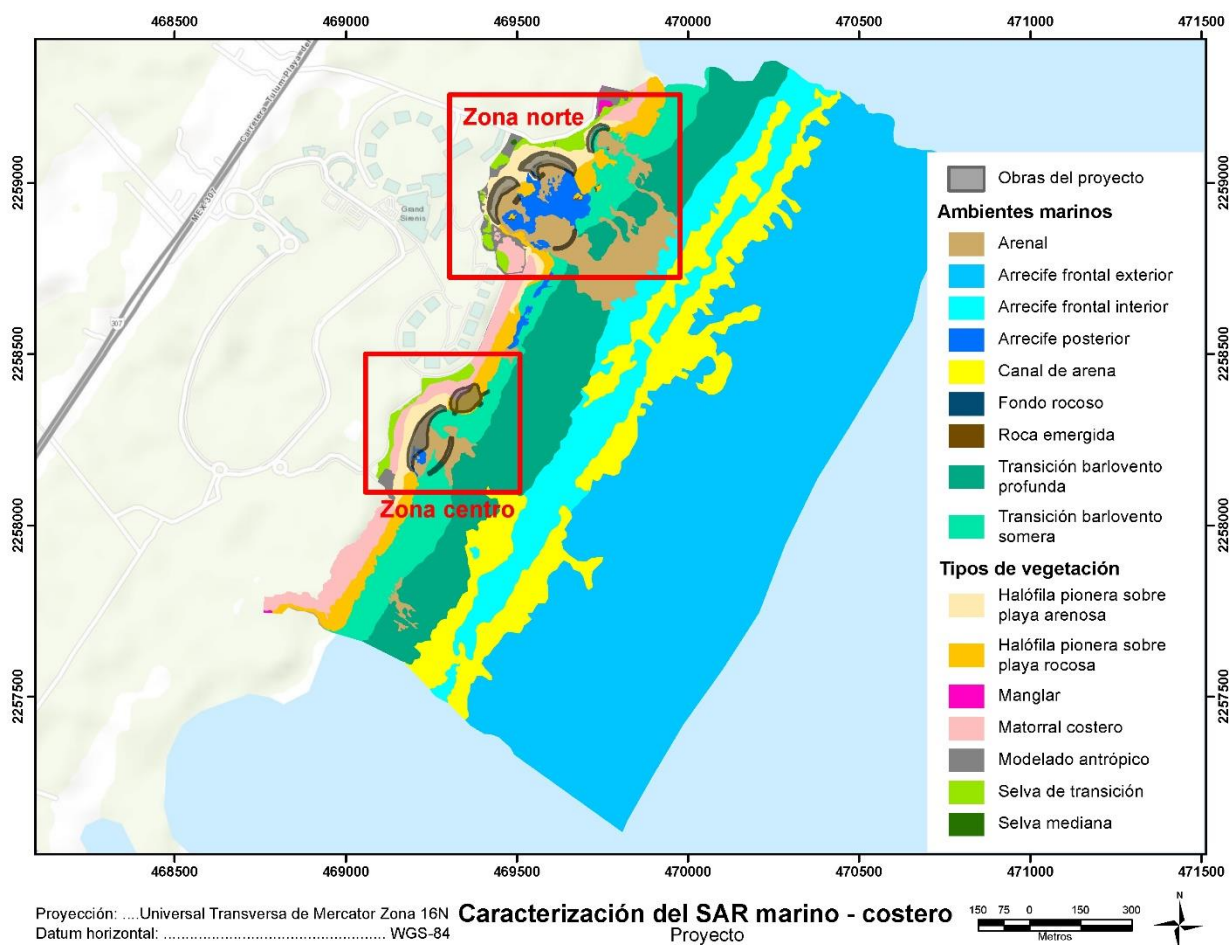


Tabla 7. 1. Superficies del proyecto sobre los ambientes marinos costeros del SAR.

Ambiente	Estructuras de protección (ha)	Duna artificial (ha)	Caleta artificial (ha)	Relleno de playa (ha)	Total (ha)
Arenal	0.15	-	-	0.67	<b>0.82</b>
Halófila pionera sobre playa arenosa	-	0.05	-	-	<b>0.05</b>
Halófila pionera sobre playa rocosa	-	-	0.36	0.90	<b>1.26</b>
Transición barlovento somera	0.04	-	0.01	0.10	<b>0.15</b>
Arrecife posterior	-	-	-	0.08	<b>0.08</b>
Fondo rocoso	-	-	-	0.01	<b>0.01</b>
Matorral costero	-	-	0.02	0.09	<b>0.11</b>
<b>Total</b>	<b>0.19</b>	<b>0.05</b>	<b>0.39</b>	<b>1.85</b>	<b>2.48</b>



Figura 7. 15. Ubicación de los bancos de arena a explotar para el Proyecto.

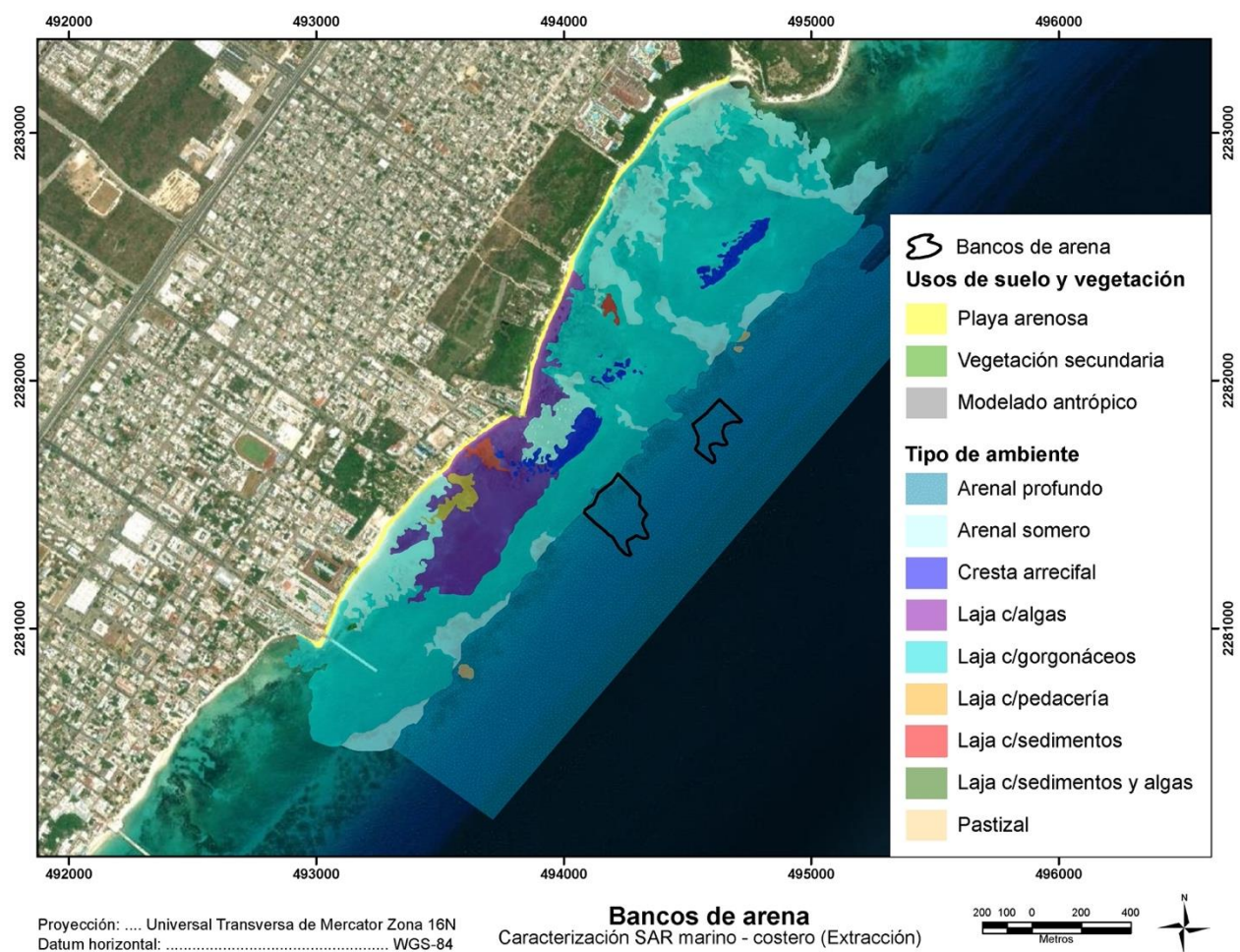


Tabla 7. 2. Superficies de los ambientes ubicados en el área de la extracción de bancos SIR-1 y SIR-2.

SAR MARINO TERRESTRE (EXTRACCIÓN)		SUPERFICIE TOTAL EN EL SAR MARINO TERRESTRE (EXTRACCIÓN)		UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE ARENA	
		ha	%	ha	% relativo al SAR marino terrestre (extracción)
Ambientes Marinos	Arenal profundo	146.60	42.95	6.41	1.88
	Arenal somero	44.23	12.96		
	Cresta arrecifal	6.13	1.80		
	Laja c/algas	23.95	7.02		
	Laja c/gorgonáceos	111.07	32.54		
	Laja c/pedacería	1.51	0.44		
	Laja c/sedimentos	1.21	0.36		
	Laja c/sedimentos y algas	0.09	0.03		
	Pastizal	0.56	0.16		
Tipos de vegetación	Modelado antrópico	0.33	0.10		
	Playa arenosa	5.29	1.55		
	Vegetación secundaria	0.31	0.09		
<b>SUBTOTAL SAR EXTRACCIÓN</b>		<b>341.30</b>	<b>100.00</b>	<b>6.41</b>	<b>1.88</b>



Como se describe en el inciso para el aprovechamiento de los bancos de arena, se estima un volumen de extracción de 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena. Debido a que la actividad que se realizará en esta área solamente implica la extracción de arena, la superficie del arenal profundo que se delimitó en el SAR marino costero de extracción no se verá comprometida por el dragado.

## 7.6. Escenario futuro

Para la construcción de los escenarios futuros es importante entender que la costa es dinámica y que el ángulo y fuerza de incidencia del oleaje determina el movimiento de la arena, pudiendo ser de dos formas, perpendicular a la costa y paralelo a la misma. Debido a que la línea de costa se encuentra contenida entre dos zonas completamente rocosas que interrumpen el paso de sedimento, además de que los pocos sedimentos que llegan son acarreados hacia aguas abiertas por el transporte transversal ocasionado por el oleaje, el aporte de sedimentos hacia el litoral costero es prácticamente nulo. Por lo anterior, para poder mejorar y lograr una estabilidad de las playas adyacentes al predio DTGS diseñadas y ubicadas estratégicamente para hacer frente a la problemática antes mencionada. En este sentido, el movimiento perpendicular a la costa se controlará con las estructuras de protección, paralelas y anguladas, ya que por una parte disipan la energía del oleaje promoviendo el depósito de sedimento y por otra evitan que la arena escape reteniéndola cuando la resaca tiende a ser muy fuerte. Por otra parte, el movimiento paralelo a la línea de costa se controla con las estructuras perpendiculares a la línea de costa.

La superficie de aprovechamiento del Proyecto propuesto es de 2.49 ha y se desplantará principalmente sobre los ambientes marinos costeros identificados para el SAR. Los ambientes naturales afectados en ambas zonas por los componentes del proyecto se presentan en la Tabla 7. 1. El aprovechamiento del proyecto representa el 1.06% de la superficie total del SAR.

La actividad con mayor superficie de aprovechamiento es la extracción de arena de los bancos la cual se realizará en 6.41 ha del arenal, sin embargo, la obra solamente requiere la extracción de arena por lo que no representa afectación a la superficie total del ambiente en el SAR marino costero de extracción.

En el SAR del proyecto el ambiente que tendrá mayor superficie de aprovechamiento será el relleno de playas con 1.85 ha de relleno de arena y brindando mayor superficie de playas en el SAR. La segunda actividad que por su extensión tendrá un aprovechamiento mayor será la caleta artificial en 0.39 ha. (ver capítulo 5 de la presente MIA-R).

Con la implementación del Proyecto se modificarán algunos ambientes naturales que actualmente se encuentran en el SAR, y se crearan nuevos. El escenario futuro con la implementación del proyecto se presenta en la Tabla 7. 3.

**Tabla 7. 3.** Escenario futuro con la implementación del Proyecto.

SAR MARINO TERRESTRE (PROYECTO)		SUPERFICIE TOTAL EN EL SAR MARINO COSTERO (PROYECTO)		APROVECHAMIENTO DEL PROYECTO		SUPERFICIE FINAL EN EL SAR MARINO COSTERO CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	
		ha	%	ha	% relativo al SAR marino terrestre (proyecto)	ha	%
Ambientes Marinos	Arenal	10.53	4.50	0.82	0.35	9.71	4.15
	Arrecife frontal exterior	112.94	48.27			112.94	48.27
	Arrecife frontal interior	19.83	8.48			19.83	8.48
	Arrecife posterior	2.76	1.18	0.08	0.03	2.68	1.15
	Canal de arena	25.18	10.76			25.18	10.76
	Fondo rocoso	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	Roca emergida	0.03	0.01			0.03	0.01
	Transición barlovento profunda	29.00	12.39			29.00	12.39
	Transición barlovento somera	13.25	5.66	0.15	0.06	13.10	5.60
Tipos de vegetación o uso del suelo	Halófila pionera sobre playa arenosa	4.03	1.72	0.05	0.02	3.98	1.70
	Halófila pionera sobre playa rocosa	6.42	2.74	1.26	0.54	5.16	2.21
	Manglar	0.13	0.06			0.13	0.06
	Matorral costero	6.39	2.73	0.11	0.05	6.28	2.68
	Modelado antrópico	1.45	0.62			1.45	0.62
	Selva de transición	2.01	0.86			2.01	0.86
	Selva mediana	0.02	0.01			0.02	0.01
	Duna costera	0.00	0.00			0.05	0.02
	Calerta artificial	0.00	0.00			0.39	0.17
	Playa arenosa	0.00	0.00			1.85	0.79
	Estructuras de protección	0.00	0.00			0.19	0.08
<b>SUBTOTAL SAR PROYECTO</b>		<b>233.98</b>	<b>100.00</b>	<b>2.49</b>	<b>1.06</b>	<b>233.98</b>	<b>100.00</b>

Cabe mencionar que, en el SAR marino costero de extracción no habrá afectación a la superficie total de los ambientes en esa área, solamente se realizará la extracción de 39,734.6 m<sup>3</sup> de arena.

Considerando lo anterior, y la necesidad del Promoviente de mejorar y estabilizar la línea de costa adyacente al predio del DTGS en un esquema de sostenibilidad, con la implementación del Proyecto se espera lo siguiente:

- Un proyecto que se implementará en 2.49 ha del SAR marino costero representando el 1% de su superficie. Los ambientes donde se realizarán las actividades del proyecto será un arenal en 0.82 ha (0.35% del SAR), un área de laja del arrecife posterior la cual es colindante con la playa de roca de 0.08 ha (0.03% del SAR), un fondo rocoso de 0.01 ha que representa el 0.004% del SAR, una transición barlovento somera con 0.15 ha (0.06% del SAR), halófila pionera / playa arenosa de 0.05 ha (0.02%), halófila pionera / playa rocosa 1.26 ha (0.54%) y matorral costero de 0.11 ha (0.05 del SAR).
- La rehabilitación de 1.85 ha de playa arenosa y la construcción de dunas artificiales de 0.05 ha.
- La construcción de una caleta artificial la cual tiene como propósito generar un valor paisajístico al DTGS y de esta manera incrementar su valor comercial y turístico, aportando un componente de valor para el turismo de sol y playa requerido para el impulso de la Riviera Maya, el Estado de Quintana Roo y el país.
- Un proyecto que conserve el 100% de la vegetación existente en el SAR incluyendo los manglares que se encuentran en el DTGS.
- El impacto por la extracción de arena de los bancos será temporal, por lo que se espera su recuperación de manera natural a mediano plazo, y no se afectará la superficie de los bancos.
- Un Proyecto que rescate y reubique a las especies sésiles aisladas localizados en el área de arrecife posterior sobre el que desplantarán algunas estructuras de protección, a sitios de arrecife mejor consolidados, favoreciendo su estabilidad y crecimiento.
- Un Proyecto que disminuya la energía del oleaje incidente sobre las costas del predio DTGS, favoreciendo la retención de los sedimentos en el litoral costero y con ello se mejore la calidad y estabilidad de las playas.
- Por la naturaleza dinámica de las costas, el cálculo exacto de la superficie aprovechable por el relleno de playa es difícil, sin embargo, a partir de los modelajes realizados se tuvo una idea de cómo se comportaría la arena, y se estimó la superficie de aprovechamiento.
- A partir de los monitoreos periódicos que se realicen a las playas, se verificará si su superficie se ha modificado y en su caso, se determinará si se requiere realizar rellenos de recuperación. Por lo anterior, se espera un Proyecto que verifique el estado de las playas, asegurando su estabilidad.

- Un Proyecto que con la construcción de una duna artificial favorezca la estabilidad de la arena en las playas de la Zona Norte y sirva como protección de la infraestructura que se ubique detrás de ella, ante los fenómenos hidrometeorológicos característicos de la Región.
- Un Proyecto cuyo diseño se integra sustentablemente al SAR del que forma parte y no compromete su estructura ni funciones ambientales básicas.
- Un Proyecto que incremente la competitividad del DTGS en la Región y con ello favorezca la derrama económica en el Estado.
- Un Proyecto, que, con el relleno de las playas, incremente la superficie que puede ser aprovechada por las tortugas que llegan a anidar a la zona.
- Un Proyecto que no afecte de forma relevante o significativa la hidrología superficial y subterránea del SAR.
- Un proyecto que a través de un SMGA vigile el cumplimiento de las obligaciones ambientales del Promovente, así como la calidad de los ecosistemas e identifique afectaciones a los mismo por el desarrollo del Proyecto, ejecutando de manera oportuna las medidas necesarias.

### 7.7. Programa de Vigilancia Ambiental

Es del interés del Promovente que el diseño del Proyecto, y su implementación, garantice la menor afectación al ambiente, sin embargo, cabe señalar que es inevitable que con su desarrollo no se generen impactos ambientales (Capítulo 5), por lo cual, se plantea la ejecución de un Sistema de Manejo y Gestión Ambiental (SMGA) elaborado para dar cumplimiento a los compromisos ambientales del Proyecto y, establecer las estrategias que permitan la reducción y el manejo de los impactos identificados a generarse durante el desarrollo del proyecto (Capítulo 6).

Como parte de la estrategia ambiental diseñada para el Proyecto, el SMGA tiene como parte medular, la implementación de un Programa de Supervisión Ambiental, que para efectos de la presente MIA-R, es totalmente equivalente al Programa de Vigilancia Ambiental requerido por la H. Autoridad Ambiental. Mediante el cual se supervisarán, regularán y verificarán el resto de los programas del Sistema, garantizando su funcionamiento y mejorando su efectividad. Además, este Programa se llevará a cabo durante todas las etapas del Proyecto, con la finalidad de identificar de manera oportuna impactos no previstos y, de ser el caso, emitir recomendaciones y proponer nuevas medidas de mitigación o correctivas para remediar de manera inmediata el impacto.

El SMGA prevé también la implementación de un Programa de Monitoreo Ambiental (PMA), el cual tiene como objetivos: a) vigilar la evolución de la calidad ambiental de la zona de influencia del Proyecto, b) evaluar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas en la MIA-R, c) evaluar los impactos sinérgicos derivados de la construcción del proyecto, d) identificar y evaluar impactos ambientales no previstos en la MIA-R, para

las diferentes etapas de implementación del proyecto, e) proporcionar elementos e información técnica que permita reorientar, definir intensidades de uso o proponer nuevas medidas de mitigación o medidas correctivas, f) iniciar el registro de datos antes de la implementación del Proyecto y continuar de forma permanente durante las etapas de preparación, construcción y operación/mantenimiento.

## 7.8. Conclusiones

A partir del análisis realizado anteriormente, se observa que el proyecto “Mejoramiento y estabilización de playas: Desarrollo Turístico Grand Sirenis” se conceptualizó bajo un proceso de planificación ambiental, mediante el cual se identificaron los impactos ambientales que se podrían generar con su implementación, y de este modo reducir los efectos en el diseño final del Proyecto. Esto, aunado al compromiso del Promoviente de implementar el SMGA planteado para el Proyecto, permite concluir que el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental, técnico, jurídico-legal y social, toda vez que:

- El diseño del proyecto está sustentado por las opiniones y recomendaciones realizadas por expertos en el tema, mediante estudios técnicos realizados expresamente para el mismo, enfocados en el mejoramiento y estabilización del litoral costero, a partir de la implementación infraestructura de protección.
- A partir de la evaluación de diversas alternativas para la implementación del Proyecto se seleccionó aquella que presentará los menores impactos al ambiente, de este modo, si bien el desarrollo del Proyecto implica la generación de impactos ambientales negativos, estos serán poco significativos en las áreas influencia directa e indirecta, por lo que desde el punto de vista ambiental es viable.
- El proyecto considera la ejecución de un SGMA mediante el cual se implementarán medidas de prevención, mitigación y compensación con la finalidad de evitar o reducir al mínimo los impactos negativos sobre el área de influencia del Proyecto durante todas sus etapas de ejecución.

Por lo anterior, y toda vez que se da cumplimiento a los establecido en el Artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y al Artículo 13 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, debido a que se presentaron las alternativas de diseño que fueron evaluadas para el proyecto hasta llegar a la alternativa viable y que se propuso en la presente MIA, también se realizó un pronóstico ambiental de escenarios futuros con base en los resultados de un análisis retrospectivo y la descripción del escenario actual, es posible concluir que el Proyecto es ambiental y legalmente viable.



**MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL**  
**“MEJORAMIENTO Y ESTABILIZACIÓN DE PLAYAS:**  
**DESARROLLO TURÍSTICO GRAND SIRENIS”**



*Foto: Mariana Monroy*

**CAPÍTULO 8**

---

## **CAPÍTULO 8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACION SEÑALADA EN LOS CAPITULOS ANTERIORES**

---

### **8.1 INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente capítulo es presentar una descripción sintética de las estrategias metodológicas y técnicas especializadas empleadas, y que sustentan los resultados, interpretación, evaluación y conclusiones del desarrollo del Proyecto.

A continuación, se menciona el listado de estudios técnicos especializados realizados para la Caracterización y Diagnóstico del Proyecto.

1. Descripción Técnica de Estudios Hidrográficos para Proyecto de Mejoramiento de Playas frente a Grand Sirenis Riviera Maya Resort. Elaborado por TECNOCEANO.
2. Informe de Monitoreo de Calidad del Agua. Alberca Grand Sirenis. Elaborado por GPPA
3. Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto. Elaborado “Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente”.
4. Quinto informe del Subprograma de Monitoreo Ambiental Marino del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.
5. Informe de monitoreo de vegetación del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis”. Elaborado por GPPA.
6. Informes semestrales de monitoreo de fauna. Desarrollo Turístico Grand Sirenis, Riviera Maya.
7. Caracterización ambiental de bancos de arena y verificación del ambiente marino.
8. Caracterización-Zonificación ambiental y actividades turísticas potenciales para la zona costera y marina del desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.
9. Recomendación de alternativa estructural para la restauración de playas frente al complejo Turístico “Grand Sirenis”
10. Caracterización Florística del Predio Sirenis, Quintana Roo.
11. Caracterización hidrológica e hidrogeológica del Desarrollo Turístico Grand sirenis, Riviera Maya, Quintana Roo.

### **8.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS PARA PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE PLAYAS FRENTE A GRAND SIRENIS RIVIERA MAYA RESORT**

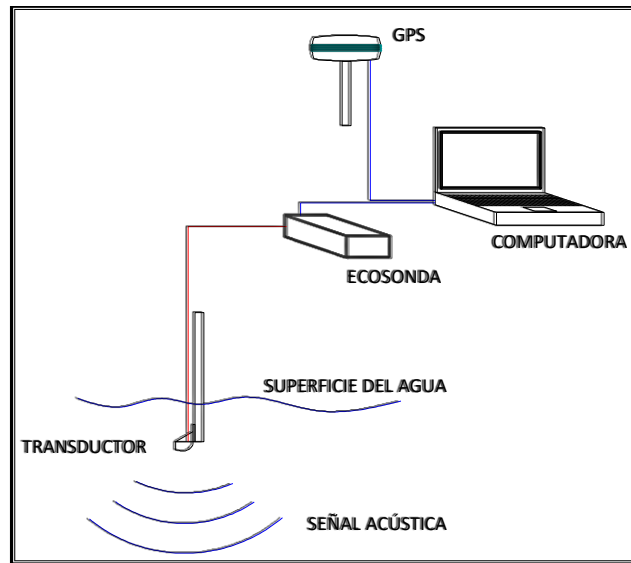
El objetivo es tener las características hidro-morfodinámicas del sitio para posteriormente analizar la posibilidad de realizar un proyecto para mejorar y estabilizar la playa frente al Desarrollo Sirenis, en el municipio de Solidaridad Quintana Roo. Para lo cual, se llevó a cabo un levantamiento topobatómico cuya metodología se presenta a continuación.



### 8.2.1 Metodología de la Batimetría

El método que se siguió para realizar el levantamiento batimétrico se auxilia de un programa de hidrografía (*Hypack*) cargado en una computadora portátil de uso rudo intemperizada conectada a un GPS Diferencial (Sistema de Posicionamiento Global) y una ecosonda con un sensor introducido de 15 a 25 cm en el agua, la cual emite una onda sonora que rebota en el fondo y recibe como eco (**Figura 8. 1**).

**Figura 8. 1.** Diagrama de conexiones del equipo para levantamiento batimétrico.



Todo el equipo se monta en una embarcación pequeña capaz de navegar en aguas someras. La ecosonda mide la profundidad en un punto, y el GPS registra las coordenadas de dicho punto, de esta manera mientras la embarcación avanza se toman lecturas continuas de profundidad con sus respectivas coordenadas, generando una base de datos que puede ser interpretada en 2 o 3 dimensiones.

La frecuencia de muestreo del software y equipo por segundo (Hertz) fue:

**Tabla 8. 1.** Características de medición según el equipo.

Equipo	Frecuencia de muestreo
Software Hypack	60 Hz
Ecosonda Sonarmite	2 Hz
GPS A100	Variable, de 1 a 10 Hz

La batimetría se complementó con la medición de elevaciones a todo lo largo de la costa de estudio utilizando equipo RTK (Real Time Kinematic o Lectura en Tiempo Real).

La información cruda (RAW) dentro del software se acumula cada vez que se encuentra un dato nuevo de cualquiera de los aparatos.

### 8.2.2 Metodología de la Topografía

Se colocó un banco de nivel denominado “T1” en el lote de Sirenis ubicado sobre un punto rocoso cerca de la costa. En él se colocó un GPS de alta precisión y se tomaron 45 lecturas de coordenadas de forma estática y de ahí se obtuvo una coordenada promedio “X” y “Y”, a continuación, se configuró el sistema RTK y se midió la elevación a **Nivel Medio del Mar**.

Figura 8. 2. Antena sobre el Banco T1.



Posteriormente los datos obtenidos con la antena base sobre este punto fueron post-procesados en el programa Spectrum Survey Office junto con los datos RINEX (Receptor de Intercambio Independiente, por sus siglas en ingles) de la estación de monitoreo en Chetumal; esto da como resultado un banco de nivel confiable ligado a la RGNA (Red Geodésica Nacional Activa) de la INEGI que permitirá el fácil control de obras de construcción.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas del banco.

Tabla 8. 2. Coordenadas del Banco T1.

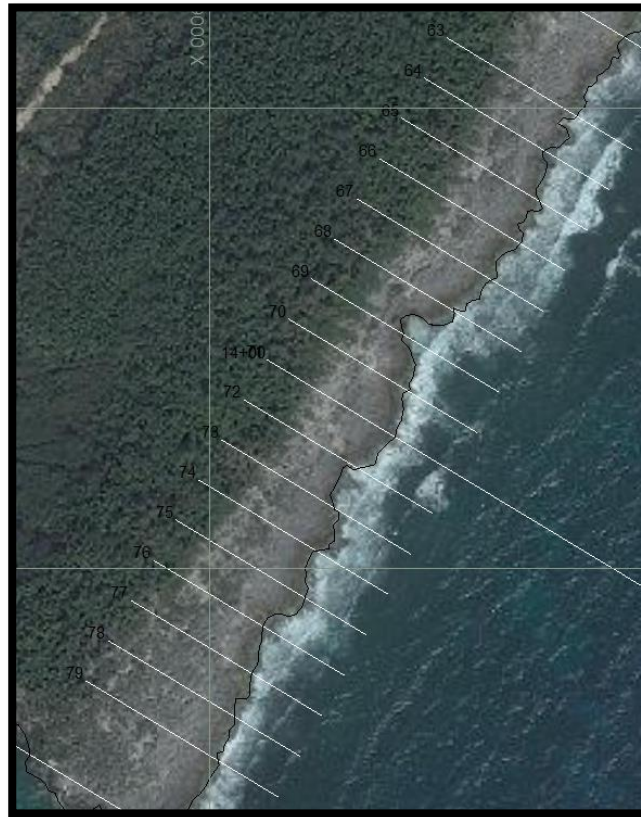
NOMBRE DEL BANCO	COORDENADA X UTM	COORDENADA Y UTM	ELEVACIÓN NMM
T1	469183.978	2258065.786	2.54

### 8.2.2.1 Topografía de Costa

Ya teniendo el banco de nivel se configuró el sistema RTK que consiste en tener un GPS estático llamado base y un GPS desplazable llamado móvil, este último montado en una baliza extensible para elevar la antena en caso de necesitar que se incremente el nivel de recepción. Cada uno lee información de entre 5 y 18 satélites, se comunica con el otro para corregir la posición y así se obtienen coordenadas con precisiones típicas de +/- 8mm con máximos de 20mm.

A continuación, se caminó en la playa sobre cada línea por toda la costa y se tomaron lecturas del hombro de la playa, el talón y otros puntos de interés.

**Figura 8. 3.** Secciones del terreno levantado.





**Figura 8. 4.** Sección del terreno levantado.



### **8.3 Informe del monitoreo de la calidad del agua.**

Se realizó el Monitoreo de la Calidad del Agua del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (DTGS) con el objetivo de vigilar la calidad del agua de la zona marina adyacente, así como de la alberca ubicada al interior del DTGS.

Para el Monitoreo se utilizaron diversas técnicas para conocer el comportamiento de la hidrología del sitio, sus metodologías se resumen a continuación.

#### **8.3.1 Metodología**

La calidad del agua continental y marina en el proyecto, de acuerdo con los antecedentes, puede evaluarse por las características físicas y químicas necesarias para mantener la diversidad y desarrollo de la biota acuática como peces, algas, corales, pastos marinos, entre otros (Zaldívar-Jiménez, Pérez-Ceballos, Enríquez Ortiz, & Herrera Silveira, 2008).

La condición de conservación de la calidad de agua puede realizarse comparándola con un sistema de clasificación de niveles tróficos en el tiempo, esto es lo que se conoce como el estado trófico de agua el cual se mide a través de índices. La permanente actualización de información ecológica permitirá dar seguimiento a la condición del agua en el proyecto. Se propone que el programa de monitoreo, con el fin de, tener la medición de una serie de variables de la calidad del

agua continental y marina del proyecto, a través del tiempo, con el fin de detectar cambios durante la construcción, operación del proyecto y que pudiera afectar el ecosistema acuático (Zaldívar-Jiménez, Pérez-Ceballos, Enríquez Ortiz, & Herrera Silveira, 2008).

### 8.3.1.1 Parámetros fisicoquímicos y de productividad

Este monitoreo se realizó en 4 Sitios Permanentes de Muestreo (SPM). Su ubicación se muestra en la **Figura 8. 5** y **Tabla 8. 3**.

**Figura 8. 5.** Ubicación de los Sitios Permanentes de Muestreo (SPM).



**Tabla 8. 3.** Coordenadas de los SPM.

SITIO	X	Y
AGS-01	469855.64718	2259190.20661
AGS-02	469752.85262	2259099.63872
AGS-03	469726.13509	2258983.25897
AGS-04	469654.13362	2259028.09008

Conforme a los estudios ambientales desarrollados en la región, los parámetros de medición que se desarrollan en el monitoreo de la calidad del agua tienen el objeto de ser elementos indicativos de las condiciones del agua; estos parámetros son obtenidos de manera tal que puedan ser representativos del sitio en el momento de su obtención; también deben ser considerados como comparables con ellos mismos a lo largo del tiempo, lo que en su conjunto determinará el proceso técnico que permita determinar las condiciones del sitio a través de un análisis de variabilidad temporal. A continuación, se muestra la lista de parámetros físicos, químicos y de productividad a ser considerados en el presente informe, así como el método de medición empleado (**Tabla 8. 4**).

**Tabla 8. 4.** Parámetros físico-químicos y de productividad.

Parámetros físicos - químicos y de productividad
Temperatura
Salinidad
Transparencia (turbiedad)
Sólidos Disueltos Totales
pH
Oxígeno Disuelto
Conductividad eléctrica
Potencial Óxido Reducción
Ficocianina (BGA-PC)

El monitoreo se realizó *in situ*, el día 28 de mayo de 2015, utilizando una sonda multiparámetros marca YSI Environmental Modelo 6600 V2, la cual mide los parámetros de Temperatura, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Profundidad, pH, Potencial de Óxido Reducción (ORP), Turbidez y Clorofila (ver Tabla 7). Los sensores empleados en cada una de las determinaciones y las soluciones de calibración fueron adquiridos en conjunto con la sonda. La calibración de la sonda se realiza 24 horas antes de la toma de datos y siguiendo el procedimiento descrito en el manual de operación y calibración de la misma.

Para el levantamiento de los datos en campo, se adapta a la sonda YSI el Data Logger portátil Marca YSI Environmental Modelo 650 MDS, el cual registra en su memoria interna digital los datos que se obtienen. Para ubicar las estaciones de monitoreo se adapta a la sonda el GPS Marca Garmin.

Las mediciones de todos los parámetros se realizan a nivel superficial (20 cm por debajo del espejo de agua) y otra a 20 cm del fondo. Para cada sitio de muestreo, se toman por lo menos 8 ciclos de lecturas, arrojando un mayor a 20 datos para cada nivel y de cada parámetro, obteniendo un total de 40 datos por sitio y por parámetro.

El análisis de los datos se realiza en trabajo de gabinete. Se descargan los datos del Data Logger a través del software EcoWatch, adquirido en conjunto con la sonda.

La base de datos original se exporta a tablas, en las que se acomodan los datos por sitio y nivel (superficie y fondo).

Se obtienen datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, moda, valor mínimo, valor máximo y promedio.

### 8.3.1.2 Parámetros de nutrientes y bacteriológicos

Los parámetros de nutrientes y bacteriológicos se obtienen a través de muestras representativas del agua para poder determinar la calidad de nutrientes y microbiológica de interés.

La toma de la muestra se realiza *in situ* en los 4 SPM, respetando por consiguiente la composición microbiana del agua captada.

El análisis de las muestras se realiza en un laboratorio certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Los resultados de las pruebas reportadas fueron obtenidos con métodos y procedimientos asentados por normas mexicanas (**Tabla 8. 5**).

**Tabla 8. 5.** Parámetros para la medición de nutrientes y bacteriológicos.

<b>Nutrientes</b>	<b>Método de Medición</b>
Nitrógeno total	NMX-AA-026-SCFI-2010
Nitrógeno amoniacal	NMX-AA-026-SCFI-2010
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001
Nitritos	NMX-AA-099-SCFI-2006
Fosforo total	NMX-AA-029-SCFI-2001
<b>Bacteriológicos</b>	<b>Método de Medición</b>
Coliformes totales	NMX-AA-042-SCFI-2006
Coliformes fecales	NMX-AA-042-SCFI-2006

El procedimiento para la toma de muestras se realiza llenando con agua 4 contenedores (un contenedor de plástico de 2 litros y 2 contenedores de 500 mililitros), para cada sitio y solamente de la superficie del agua.

Los Coliformes no deben pasar más de 6 horas de su toma para entregar al laboratorio.

Cada contenedor se marca con el número del sitio, se registran y se colocan en un contenedor con abundante hielo, para garantizar la concentración de cualquier componente en la muestra obtenida.

Se envía el contenedor con las muestras en hielo el mismo día al laboratorio. La determinación de los valores para cada parámetro se realiza en un laboratorio certificado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Para el análisis de los parámetros y toma de muestras simple de agua, se deberá contemplar acciones como:

Utilizar siempre una libreta de campo para anotar las observaciones y escribir los datos numéricos de las muestras recolectadas.

Determinar las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo mediante GPS (Global Positioning Systems, sistema de posicionamiento global), mapas y fotografías aéreas, etc.

Medir la profundidad del nivel freático (agua subterránea), la profundidad de muestreo (profundidad en el agua subterránea o en el agua superficial), el estado del sitio, las condiciones de pluviómetro, las condiciones atmosféricas, etc.

Llenar las botellas de muestreo completamente, siempre que el agua no tenga posibilidad de congelarse durante el transporte.

Marcar todas las botellas individualmente con lápices o marcadores indelebles (el código del proyecto, la localización, la fecha, el número de la muestra, el nombre del recolector, el tipo de análisis que se requiere); la información ha de tener una referencia común con la libreta de campo.

Se debe contemplar la precipitación pluvial normal mensual del área de estudio. En el estado de Quintana Roo, la temporada de lluvias comienza entre los meses de mayo y junio finalizando entre octubre y noviembre. Entre junio y octubre (verano y otoño) es la temporada con mayor precipitación registrada en el estado (**Tabla 8. 6**).



**Tabla 8. 6.** Precipitación pluvial normal mensual para el estado de Quintana Roo (CONAGUA, 2010).

TZ.4 Precipitación pluvial normal mensual por Entidad Federativa, en el periodo 1971-2000 (milímetros)													
Entidad Federativa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Quintana Roo	58	37	33	45	94	172	148	152	203	152	84	61	1237

Estos datos se obtienen del libro Estadísticas del Agua en México, edición 2010, publicado por la Comisión Nacional del Agua. Se menciona que los valores “normales”, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), corresponden a los promedios calculados para un periodo uniforme y relativamente largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de recabar información, lo cual se considera como un periodo climatológico mínimo representativo.

Es importante tomar en cuenta las temporadas de la precipitación pluvial como un factor que influye en el comportamiento de los parámetros del monitoreo de la calidad del agua en el proyecto, debido a que la distribución mensual de la precipitación, acentúa la disponibilidad y aporte de agua dulce a la zona marina adyacente.



#### **8.4 Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto “caletas artificiales”, del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, municipio de Solidaridad, Quintana Roo.**

Se llevaron a cabo los estudios necesarios con el objetivo de elaborar un Dictamen que permita conocer e identificar, con base en la información disponible y recibida, los probables impactos hidrogeológicos ambientales y recomendar las acciones necesarias en el área del proyecto de “Las Caletas artificiales”, del DTGS, en donde se planea construir en su zona costera.

El Dictamen se soporta con base en trabajos realizados en el área de interés, así como la información existente y de la experiencia que se tiene de la zona.

Los estudios que sirvieron como base para el análisis de la condición hidrogeológica del Proyecto fueron los siguientes:

- a. Estudio “Manifestación de Impacto Ambiental Desarrollo Turístico XAAC”, diciembre 1996.
- b. Estudio “Reporte Geohidrológico Campo de Golf”, noviembre 2008.
- c. Estudio “Monitoreo de la Calidad del Agua Alberca Grand Sirenis”, mayo de 2014.
- d. Estudio “Monitoreo de la Calidad del Agua Alberca Grand Sirenis”, septiembre de 2014.
- e. Estudio “Subprograma de Monitoreo Ambiental Marino Desarrollo Turístico Grand Sirenis”, julio de 2016.

#### **8.5 Subprograma de Monitoreo Ambiental Marino, Desarrollo Turístico Grand Sirenis**

Su objetivo es monitorear el área de influencia marina del DTGS, el cual permita dar seguimiento a los cambios temporales que ocurren en este ambiente y contar con elementos para orientar



decisiones de manejo. La metodología empleada para el monitoreo de la zona marina se presenta en seguida.

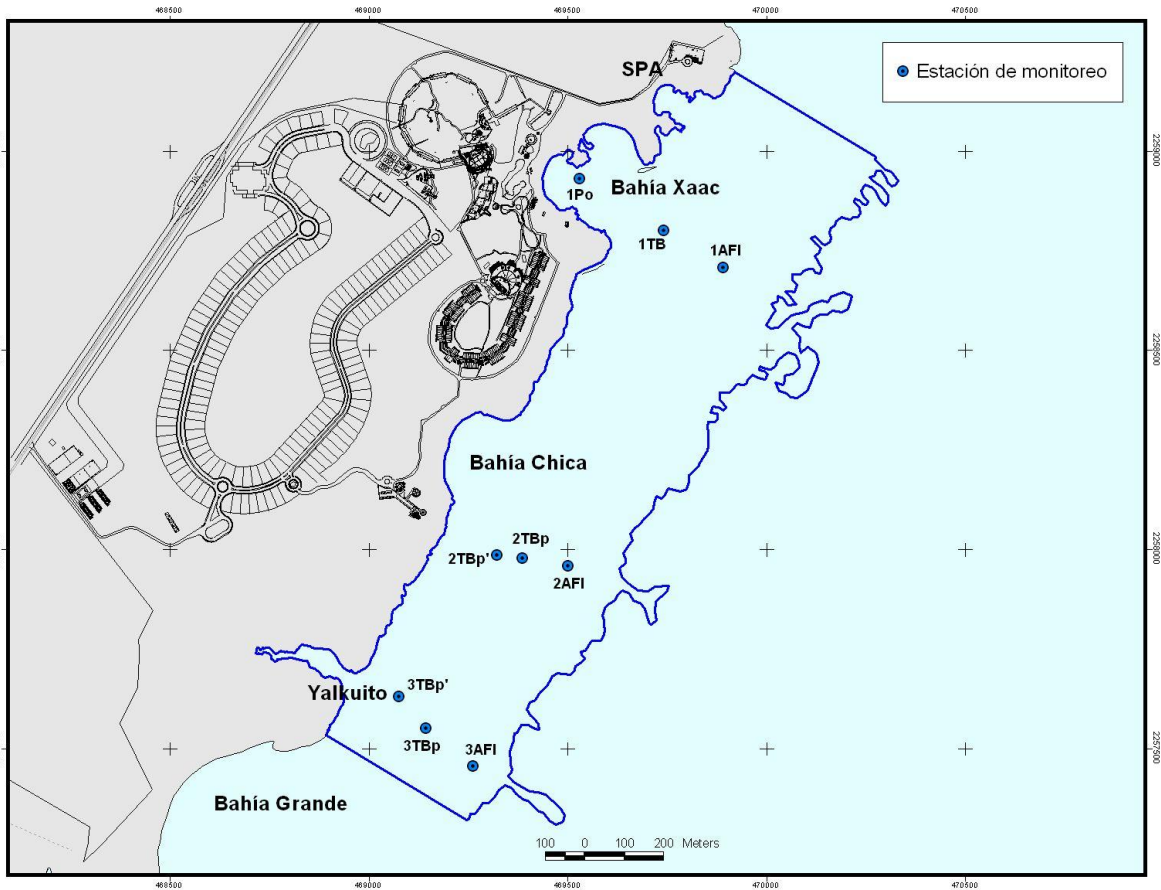
### 8.5.1 Metodología

Para el monitoreo se llevó a cabo el muestreo de las 9 estaciones de monitoreo (SMM) establecidas en 3 sitios de la zona marina adyacente al DTGS: Bahía Xaac, Bahía Chica y Yalkuito; con 3 ambientes del arrecife somero en cada uno. En la **Tabla 8. 7** y **Figura 8. 6** se presenta la referencia geográfica de cada estación. Posteriormente, se llevó a cabo en análisis de la información recolectada.

**Tabla 8. 7.** Coordenadas geográficas de las Estaciones de Monitoreo (SMM).

SITIO	ZONA	Estación de Monitoreo	Latitud N			Longitud W		
			g	m	s	g	m	s
Bahía Xaac	Arrecife Frontal Interior	1AFI	20	25	35.5	87	17	19.0
	Transición Barlovento	1TB	20	25	38.4	87	17	23.8
	Arrecife Posterior	1Po	20	25	42.7	87	17	31.5
Bahía Chica	Arrecife Frontal Interior	2AFI	20	25	11.3	87	17	31.6
	Transición Barlovento profundo	2TBp	20	25	11.7	87	17	36.4
	Transición Barlovento somero	2TBp'	20	25	12.0	87	17	38.6
Yalkuito	Arrecife Frontal Interior	3AFI	20	24	54.7	87	17	40.6
	Transición Barlovento profundo	3TBp	20	24	57.8	87	17	44.7
	Transición Barlovento somero	3TBp'	20	25	0.4	87	17	47.1

Figura 8. 6. Ubicación geográfica de las 9 SMM.



### 8.5.1.1 Método de muestreo

El trabajo de campo se realizó en el mes de junio del año 2016, revisando las 9 estaciones de Monitoreo que fueron establecidas en 3 sitios del área de estudio, y en 3 subzonas del arrecife en cada uno.

La caracterización de biota marina se llevó a cabo empleando la misma metodología que se ha llevado a cabo para los estudios de caracterización de los arrecifes del Caribe Mexicano (Almada-Villela, et al. 2003; Gutiérrez et al, 1993; 1995; Padilla, et al., 1994), así como diversos Programas de Monitoreo en localidades como Xaac, Mayakoba, Tres Ríos y Municipio Solidaridad (Padilla, et al, 2005a, 2005b, 2006). El método consistió en un muestreo estratificado del área de estudio con el uso de transectos lineales de acuerdo a lo descrito por Loya (1972, 1978) y modificado por Porter (1972). Cada transecto consiste en colocar una cadena de plástico de 20 m de longitud con eslabones de 3.3 cm cada uno, marcada cada metro, para obtener información que permita estimar la abundancia específica de los organismos marinos, según se describe en esta sección.

Los taxa de organismos arrecifales que se consideraron para la caracterización de la biota marina son los siguientes:

- ESCLERACTINIOS (Corales duros)
- GORGONACEOS (Corales blandos)

- MACROALGAS
- PECES ARRECIFALES
- INVERTEBRADOS (Moluscos, Equinodermos, Crustáceos)

La valoración biológica consistió en el muestreo sobre transectos de 20 m de longitud, el cual sirvió como referencia durante el registro de datos para estimar la composición específica, distribución, abundancia y diversidad de los 6 taxa de organismos arrecifales considerados en el estudio. Para los escleractinios el transecto se utilizó para contar el número de eslabones de la cadena que abarcaba cada colonia. Para los gorgonáceos, los peces y los invertebrados el transecto sirvió como referencia para contar el número de organismos que se encontraron a una distancia de 1 m a cada lado, formando así un cuadrante de 40 m<sup>2</sup>; considerando además la columna de agua en el caso de los peces. Para la vegetación marina el transecto sirvió de referencia para colocar cuadrantes de 25 cm<sup>2</sup> a cada 5 metros sobre el transecto, para estimar el número de cuadros de 5x5 cm que ocupa cada especie.

Los organismos registrados durante el muestreo fueron identificados *in situ*. Para los escleractinios se utilizaron las claves y guías de campo Smith, 1972, Greenberg y Greenberg, 1977, Castañares y Soto, 1982, Zlatarsky y Martínez, 1982; Colin, 1988 y Humann, 1993a. Para gorgonáceos las claves de Cairns, 1977; Bayer, 1961; Bayer, et al., 1983 y Humman, 1993a. Para algas se usó la clave visual de Littler et al., 1989 y la de Humman, 1993. Para peces se usaron las claves de Chaplin, 1972; Greenberg y Greenberg, 1977 y Stokes, 1984; además de guías sumergibles para uso turístico. Para los invertebrados Humann, 1993b y Andrews, 1994.

De manera adicional, se hicieron una serie de mediciones a los organismos registrados en el transecto para estimar su tamaño y se hicieron anotaciones con respecto a la condición en la que se encontraron para detectar mortalidad o algún otro tipo de daño, así como de la morfología de las colonias. Para llevar a cabo este registro se definieron categorías, de acuerdo al taxón.

### 8.5.1.2 Método de análisis

#### 8.5.1.2.1 Composición específica, distribución y abundancia

Se presenta un listado de especies por taxón y por zona de muestreo para representar la composición específica y la distribución de especies en el área de estudio. Para todos los taxa de organismos arrecifales considerados en este estudio, se realizó una estimación de abundancia. En el caso de los escleractinios y las algas se obtuvo una estimación de la cobertura de cada uno de estos taxones, expresada como el porcentaje de tejido vivo que cada uno ocupó en el transecto. En el caso de los gorgonáceos, los peces arrecifales y los invertebrados se obtuvo una estimación de densidad con base en el número de colonias/individuos que se encontraron por metro cuadrado de área de muestreo. También se incluye un listado de especies por taxa con un estimador de abundancia relativa por especie para cada una de las zonas de muestreo. Este estimador de abundancia relativa se presenta en las categorías que se definen en la siguiente Tabla, de acuerdo con la frecuencia relativa, expresada en porcentaje, que cada especie obtuvo dentro de la muestra.

**Tabla 8. 8.** Categorías de Abundancia relativa con base en su frecuencia relativa.

CATEGORIA	DESCRIPCION	Fca. RELATIVA (%)
D	Dominante	>20%
A	Abundante	10-20%
C	Común	5-10%
E	Escaso	1-5%

CATEGORIA	DESCRIPCION	Fca. RELATIVA (%)
R	Raro	<1%

### 8.5.1.2.2 Diversidad y equitabilidad

A partir de los datos de abundancia específica se obtuvieron dos estimadores de la diversidad por grupo taxonómico para cada una de las zonas de muestreo: Riqueza específica e índice de diversidad de Shanon-Wiener (H'); y una medida de la heterogeneidad a través del valor de Equitabilidad (J').

### 8.5.1.2.3 Formas de crecimiento

Este parámetro se consideró para los corales escleractinios, ya que presentan un crecimiento indeterminado y cuyas formas de crecimiento pueden servir como indicadores de las condiciones ambientales a las cuales están sujetos. De esta manera se registró la forma de crecimiento de los escleractinios con base en categorías, según se presenta a continuación. El análisis de este parámetro se muestra como un histograma de frecuencias por categoría de forma de crecimiento para todos los sitios de muestreo.

**Tabla 8. 9.** Categoría de los escleractinios por su forma de crecimiento.

ESCLERACTINIOS	
Categoría	Forma de crecimiento
dig	Digitiforme
inc	Incrustante
mas	Masiva
ram	Ramificado

### 8.5.1.2.4 Estructura de tallas

El tamaño de los organismos se registró para los corales, gorgonáceos y los peces arrecifales con la intención de conocer la estructura de tallas de cada uno de estos taxa. Para ello, se utilizaron diferentes parámetros para estimar la talla; en el caso de los gorgonáceos se definió el tipo de colonia según su tamaño por especie, y para los peces se estimó la longitud total del cuerpo. El tamaño de los organismos se registró en clases de tamaño, para lo cual se definieron las categorías de talla para cada taxa que se muestra en la siguiente Tabla. El análisis de estos datos se presenta como un histograma de frecuencias para cada taxón y por sitios de muestreo.

**Tabla 8. 10.** Categoría de talla por taxa.

Clase de talla	GORGONACEOS	CORALES	PECES
I	Recluta (r)	<5cm	<5cm
II	Juvenil (j)	5-10 cm	5-10 cm
III	Adulto (a)	10-25 cm	10-20 cm
IV		25-50 cm	15-30 cm
V		50-100 cm	30-40 cm
VI		>100 cm	>40 cm

### 8.5.1.2.5 Condiciones del organismo

El estado de conservación en el que actualmente se encuentran los organismos arrecifales se evaluó de manera cualitativa, registrando el daño que presentaba el tejido vivo de las colonias de los escleractinios y los gorgonáceos, por ser estos los organismos más importantes debido a su papel ecológico y abundancia en la zona.

En el caso de los escleractinios no se llevó a cabo un análisis de este parámetro, debido a que no hubo ejemplares que cayeran dentro del área de muestreo, por lo que la muestra no sería representativa. En el caso de los gorgonáceos se registró únicamente si la colonia estaba sana o presentaba algún tipo de daño, ya fuera ruptura, crecimiento de epibiontes, enfermedad o depredación. El análisis se presenta como un histograma de frecuencias relativas de categorías de daño por sitio de muestreo.

**Tabla 8. 11.** Categoría de daño por organismo.

ESCLERACTINIOS		GORGONACEOS	
Categoría	Condición	Categoría	Condición
Sana	Sin daño	Sana	Sin tejido dañado
Sed	Sedimentación	Daño	Tejido con algún daño
Mant	Muerte antigua		
Mrec	Muerte reciente		
Blco	Blanqueamiento		

### 8.5.1.2.6 Grupos funcionales

Para los grupos de peces arrecifales y para la vegetación marina se realizó un análisis de grupos funcionales. En el caso de los peces se consideró el tipo de alimentación de cada especie; en el caso de la vegetación marina el tipo de pigmento fotosintético, división a la que pertenecen taxonómicamente y a la textura de las macroalgas. Las categorías de cada caso se presentan en la siguiente Tabla. Se realizó un análisis de la distribución de frecuencias por taxa de acuerdo a los grupos tróficos para los peces y los grupos morfofuncional para la vegetación marina.

**Tabla 8. 12.** Categoría para los grupos funcionales de peces arrecifales y vegetación marina.

PECES ARRECIFALES		VEGETACION MARINA	
Categoría	Grupo trófico	Categoría	Grupo morfofuncional
Bento	Bentófago	Vcar	Clorophyta (verde) carnosa
Herbi	Herbívoro	Vcal	Clorophyta (verde) calcárea
Ictio	Ictiófago	Rcar	Rodophyta (roja) carnosa
Omni	Omnívoro	Rcal	Rodophyta (roja) calcarea
Pisc	Piscívoro	Café	Phaeophyta
Planc	Planctófago	Ciano	Cianophyta

Las categorías tróficas que se definieron para agrupar a los peces arrecifales de acuerdo a sus hábitos alimenticios se definieron de la siguiente manera:

**Tabla 8. 13.** Categorías tróficas de los peces arrecifales.

Hábito	Dieta
Bentófago	Cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos.
Herbívoro	Dieta a base de algas y pastos marinos
Ictiófago	Exclusivamente de peces



Hábito	Dieta
Omnívoro	Algas, anélidos, peces, copépodos, gasterópodos, antozoos, tunicados, cangrejos, esponjas, equinodermos
Planctófago	Cangrejos, camarones, estomatópodos, zoantarios y huevos de peces que forman el plancton
Piscívoro	Dieta mixta: peces y organismos del bentos.

### 8.5.1.3 Registro fotográfico

Como material de apoyo al trabajo de campo del presente estudio se llevó a cabo un registro de fotografía submarina en los diferentes sitios de muestreo con la intención de registrar imágenes panorámicas de los diferentes ambientes, aspectos particulares de la biota presente, y de los métodos de muestreo empleados en el estudio.

## 8.6 Informe de Monitoreo de Vegetación. Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya

El monitoreo de vegetación del DTGS tiene como objetivos: vigilar la salud y calidad ambiental de los ecosistemas de matorral costero, manglar y selvas, particularmente las áreas que serán incorporadas como áreas de conservación; identificar cambios críticos en la estructura y función de los ecosistemas para la definición oportuna de medidas preventivas, correctivas o de minimización de impactos ambientales no previstos; evaluar cuantitativamente los efectos ambientales del desarrollo turístico en los diferentes tipos de vegetación y la efectividad de las medidas propuestas para su mitigación; establecer indicadores de éxito y calidad del ecosistema distinguiendo las causas naturales de impacto de las inducidas; generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.

### 8.6.1 Metodología

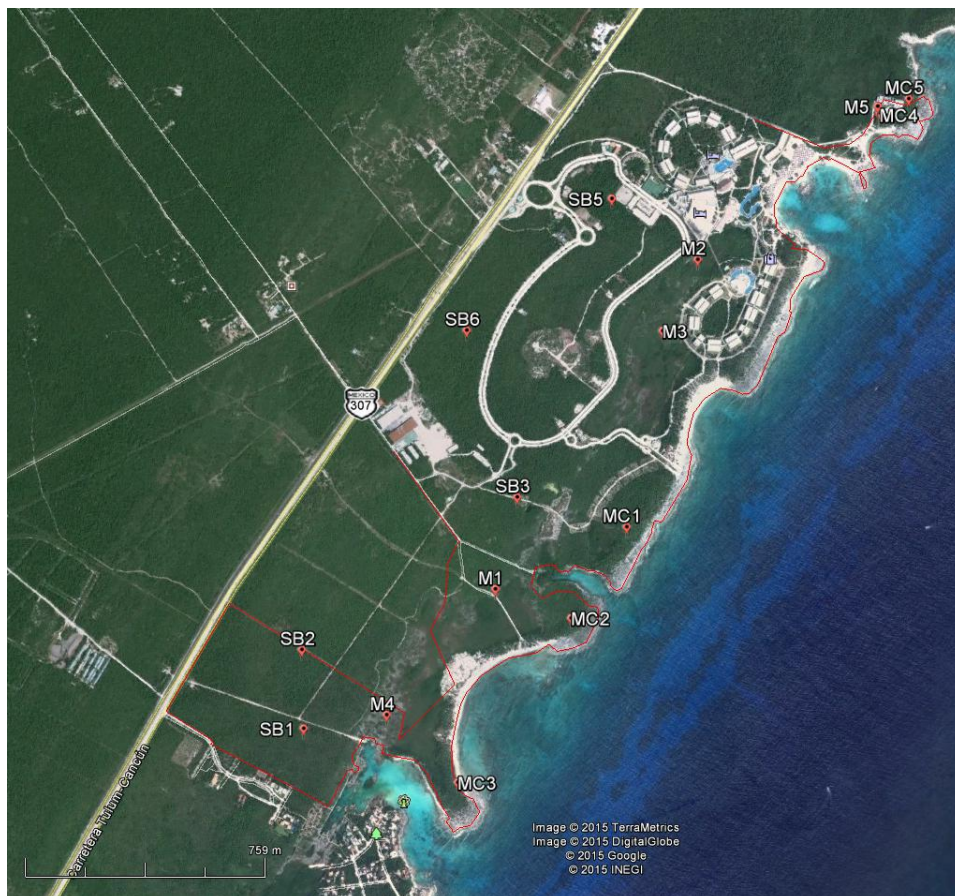
Para el monitoreo se realizó el muestreo de 15 parcelas de permanentes de monitoreo ubicadas en los diferentes tipos de vegetación del predio DTGS, la ubicación de cada una se muestra en la **Tabla 8. 14** y **Figura 8. 7**. Las parcelas fueron señaladas con estadales de madera pintados de rojo para permitir su rápida localización en registros posteriores. Asimismo, todos los árboles medidos fueron marcados con etiquetas plásticas o metálicas numeradas, así como con cinta roja.

**Tabla 8. 14.** Ubicación y características de las parcelas permanentes de muestreo en el DTGS.

Parcela	Ubicación		Forma	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo de vegetación	Fecha de establecimiento
	Latitud	Longitud				
SB1	467985	2257199	Circular	500	SBSC	6 octubre 2013
SB2	467972	2257447	Circular	500	SBSP	6 octubre 2013
SB3	468641	2257947	Circular	500	ST	7 octubre 2013
SB5	468914	2258894	Circular	500	SBSP	5 octubre 2013
SB6	468467	2258467	Circular	500	SBSC	5 octubre 2013
MC1	468991	2257863	Cuadrada	25	MC	6 octubre 2013
MC2	468823	2257570	Cuadrada	25	MC	7 octubre 2013
MC3	468478	2257041	Cuadrada	25	MC	7 octubre 2013
MC4	469756	2259191	Cuadrada	25	MC	6 mayo 2014
MC5	469847	2259238	Cuadrada	25	MC	6 octubre 2014
M1	468580	2257655	Cuadrada	1	Manglar chaparro	8 octubre 2013
M2	469192	2258712	Cuadrada	100	Manglar cuenca	8 octubre 2013
M3	469087	2258484	Cuadrada	100	Manglar cuenca	8 octubre 2013

Parcela	Ubicación		Forma	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo de vegetación	Fecha de establecimiento
	Latitud	Longitud				
M4	468246	2257248	Cuadrada	4	Manglar chaparro	8 octubre 2013
M5	469749	2259211	Cuadrada	100	Manglar cuenca	6 mayo 2014

Figura 8. 7. Ubicación de las parcelas permanentes de muestreo.



### 8.6.1.1 Metodología de Muestreo

En las parcelas circulares se registraron todos los individuos mayores a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), identificando su especie y anotando su altura, así como la distancia y rumbo a los que se encontraban del centro de la parcela. Asimismo, se registró su estado de salud ubicándolo en alguna de las siguientes categorías:

- a) Sano
- b) Dañado

Para determinar si un individuo se encontraba dañado se consideraron signos como ramas con hojas marchitas o sin hojas, señales de organismos patógenos como malformaciones de la corteza, agallas y/o manchas en las hojas, hojas enroscadas, pudrición del tronco, presencia de insectos patógenos, entre otras.

De igual forma se registró su forma de crecimiento, ubicándolo dentro de alguna de las siguientes categorías:

- a) Recto: crecimiento vertical del fuste con una desviación máxima de 10°.
- b) Inclinado: crecimiento del fuste con una inclinación entre 10 y 45°.
- c) Postrado: crecimiento del fuste con una inclinación mayor a 45°.
- d) Quebrado: presencia de desgajamientos o rupturas en el fuste.

Por otra parte, se trazó un segundo círculo concéntrico de 5.64 m que cubrió un área de 250m<sup>2</sup>, en donde se registraron los mismos datos que en el caso anterior, pero esta vez solo se incluyeron individuos mayores a 3 cm de DAP y menores a 10 cm.

En cuanto a las parcelas permanentes establecidas en el matorral costero se marcaron y midieron todos los individuos encontrados dentro de las mismas, incluyendo plántulas. Se registró su DAP, su altura, su estado de salud y su forma de crecimiento siguiendo los mismos criterios que en el caso de las parcelas circulares.

En las parcelas de manglar de cuenca se marcaron todos los individuos mayores a 3 cm de DAP y se registró su especie, altura y estado de salud. Para los ejemplares de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) se midió el diámetro sobre el nudo bajo el cual se distinguiera la raíz aérea más alta.

Al centro de las parcelas de manglar se trazó un segundo cuadrante más pequeño de 1 x 1 m dentro del cual se contaron y marcaron con cinta adhesiva roja todas las plántulas encontradas y se registró su especie y su altura. Asimismo, se marcaron con cinta adhesiva roja todas las raíces aéreas encontradas dentro de dicho cuadrante y se midió su diámetro.

En el manglar chaparro se establecieron cuatro subparcelas de 1 x 1 m dentro de la parcela principal. En cada subparcela se marcaron con cinta adhesiva roja todas las plántulas encontradas así como todas las raíces aéreas de *R. mangle*. Se registró el diámetro de las raíces y la altura de las plántulas marcadas.

En todas las parcelas de manglar se colocó una trampa para hojarasca de 1 x 1 m hecha de PVC y malla de mosquitero que después fue sustituida por malla metálica. La hojarasca acumulada se colectó cada tres meses a lo largo del año, se secó hasta peso constante y fue pesada.

#### 8.6.1.2 Análisis de datos

Los registros de campo fueron organizados en una base de datos utilizando la hoja de cálculo de Excel de Windows; asimismo, todos los análisis estadísticos fueron realizados con este software. El análisis de los datos obtenidos durante los muestreos varió para cada tipo de método aplicado. A continuación, se explican a detalle.

##### 8.6.1.2.1 Área basal y valor de importancia relativa

Se estimó el área basal (AB) de los individuos registrados por parcela mediante la siguiente fórmula:

$$AB = 0.7854 * d^2$$

Donde: d = Diámetro registrado a 1.30 m (DAP) para el caso del matorral costero y las selvas bajas. Para el caso del manglar se consideró el diámetro registrado sobre el nudo debajo del cual se observó la raíz aérea más alta. Con los datos de DAP se elaboraron histogramas para cada parcela considerando 8 clases. Las palmas presentaron también una condición particular debido

a su forma de crecimiento. El diámetro de las palmas que midieran más de 1.3 m de altura pero que en ese punto tuvieran nacimiento de hojas fue registrado a la base del fuste.

El Área Basal (AB) de cada individuo se obtuvo a partir de la suma de las áreas basales de todos sus fustes, y el AB de cada especie se obtuvo a partir de los valores de AB de todos los individuos encontrados en cada estrato dentro de la parcela.

La densidad (D) expresada como el número de individuos por metro cuadrado se obtuvo de diferente manera dependiendo del tipo de asociación analizada a partir del cálculo del número de individuos, totales o por especie, encontrados en cada estrato dividido entre la superficie correspondiente a la parcela en donde se registraron.

Para los datos de DAP, altura y densidad por especie se calculó la media aritmética, la varianza y la desviación estándar.

Posteriormente se calcularon los parámetros de densidad y cobertura según las definiciones de Begon *et al.* (1990). La cobertura se calculó a partir del AB y la densidad se consideró como el número de individuos por unidad de superficie. La frecuencia definida como el número de unidades de muestreo en que apareció cierta especie con relación al número total de unidades de muestreo, no fue considerada en este análisis debido a que el VIR fue calculado para cada parcela por separado. Todos estos parámetros se relativizaron mediante las fórmulas siguientes:

$$C_i = AB_i / AB_t \times 100$$

donde  $C_i$  = Cobertura relativa de especie  $i$

$AB_i$  = Suma del AB de todos los individuos de la especie  $i$

$AB_t$  = Suma del AB de todos los individuos registrados

$$D_i = N_i / N_t \times 100$$

donde  $D_i$  = Densidad relativa de especie  $i$

$N_i$  = Número total de individuos de la especie  $i$

$N_t$  = Número total de individuos registrados

El Valor de Importancia Relativa por especie para cada parcela se obtuvo por medio de la sumatoria de la Densidad Relativa y la Cobertura Relativa.

$$\text{Valor de Importancia Relativa } i \text{ (V.I.R.)} = C_i + D_i$$

#### 8.6.1.2.2 Diversidad

Para todos los tipos de vegetación se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H), el cual se define como la sumatoria de los productos de la abundancia de cada especie por el logaritmo natural de dicha abundancia. Cuanto más grande es su valor, mayor es la diversidad de una comunidad (Begon *et al.* 1990, Carabias *et al.* 2009). El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H) se calculó según la fórmula dada por Begon *et al.* (1990):

$$H = -\sum P_i (\ln P_i)$$

Donde  $P_i$  = Densidad relativa de la especie  $i$  (no. de individuos de la especie  $i$  entre el número total de individuos registrados en la parcela).

$\ln P_i$  = Logaritmo natural de la densidad relativa de la especie  $i$

Para complementar el análisis se calculó el valor de Equitabilidad ( $J'$ ), el cual refleja qué tan cerca está el valor de la comunidad de estudio del valor máximo que podría obtenerse si las abundancias de todas las especies fueran iguales. Su valor puede ir de 0, cuando la diversidad de la comunidad de estudio está lo más alejada posible del valor máximo; a 1, cuando la diversidad de la comunidad de estudio es igual al valor máximo posible (Begon et al. 1990, Carabias et al. 2009). La fórmula de la Equitabilidad es la siguiente (Begon et al. 1990):

$$J' = -\sum P_i \ln P_i / \ln S \quad \text{ó}$$

$$J' = H/H_{\max}$$

Donde S= Riqueza de Especies (número de especies presentes)

H= Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

#### 8.6.1.2.3 Crecimiento, reclutamiento y mortalidad

El crecimiento se define como el aumento o disminución del DAP o la altura de los individuos en una misma parcela. El reclutamiento se refiere al aumento en el número de plántulas y la mortalidad a la disminución en el número de ejemplares vivos en una misma parcela. Estos tres parámetros se calculan por medio de tasas que incluyen al tiempo como una variable independiente, durante por lo menos 5 años continuos de registros (Elzinga *et al.* 2000), por lo que en este tercer registro para el PMV no fue posible obtenerlas.

#### 8.6.1.2.4 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se ordenaron y organizaron para calcular algunas medidas descriptivas como la media, la variancia, la desviación estándar, así como para elaborar los gráficos de distribución de frecuencias para cada una de las variables consideradas, siguiendo los procedimientos estipulados por Daniel (2002).

Para comparar los resultados obtenidos en el registro actual con los de 2014 se realizó una prueba de hipótesis considerando un muestreo a partir de una población que no presenta una distribución normal, por lo que se aplicó la siguiente fórmula:

$$z = \frac{(\text{media de los datos de 2014}) - (\text{media de los datos de 2015})}{\sqrt{(\text{varianza de 2014} / \text{número de datos 2014}) + (\text{varianza de 2015} / \text{número de datos de 2015})}}$$

El nivel de significación elegido fue de  $\alpha = 0.05$  por lo que el valor de Z en la región de no rechazo de la  $H_0$  se encontró entre -1.96 y 1.96.

### 8.7 Informe de monitoreo de fauna. Desarrollo Turístico Grand Sirenis, Riviera Maya.

Los objetivos principales del monitoreo de fauna en el DTGS son:

- Evaluar los efectos ambientales del desarrollo turístico sobre los recursos faunísticos del terreno y zona de influencia del proyecto para definir estrategias de mitigación.
- Generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.
- Generar información que permita definir planes y programas de conservación de especies críticas.



El monitoreo de fauna permitirá evaluar la permanencia o desplazamiento de la fauna y patrones de interacción entre las especies, así como el grado de integridad ecológica de los ecosistemas, entendiendo esta última como el estado de los valores de los componentes bióticos del sistema.

### **8.7.1 Metodología**

A continuación, se presenta la metodología empleada para el muestreo de fauna en el área de estudio correspondiente al predio del DTGS, así como para el análisis de los datos obtenidos.

#### **8.7.1.1 Metodología de muestreo**

Dadas las características del sitio, del tiempo disponible y los objetivos del monitoreo se decidió utilizar tanto estrategias de observación directa como estrategias de observación indirecta adecuadas a los 4 grupos de vertebrados principales (anfibios, reptiles aves y mamíferos). Todos los organismos capturados fueron determinados taxonómicamente y posteriormente liberados in situ sin daño alguno. Las técnicas de muestreo utilizadas fueron de muestreo aleatorio estratificado y muestreos aleatorios simples.

Se realizaron recorridos diurnos y nocturnos para la búsqueda y observación directa de los organismos y/o indirecta.

De manera paralela en sitios estratégicos se colocaron: a) trampas Sherman que permiten la captura viva y sin daño de pequeños mamíferos principalmente roedores, y ocasionalmente otros vertebrados (anfibios, reptiles y aves), b) redes de nylon para la captura y posterior liberación de aves y de murciélagos, c) Durante los recorridos se buscaron también evidencias (huellas, excretas, sonidos, restos óseos etc.), d) se capturaron y liberaron anfibios y reptiles con la ayuda de redes de golpe y/o plantear un listado preliminar de especies observadas por ellos en la isla (las cuales posteriormente fueron confirmadas o descartadas).

Para conocer la categoría de riesgo o su característica de endemismo se basó en el listado oficial de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El trabajo de campo se realizó en la temporada de sequía mediante cuatro visitas al predio. Se realizaron recorridos mediante la técnica de transecto lineal al azar y se aplicaron técnicas de muestreo específicas de captura para los 4 grupos taxonómicos superiores. Todos los organismos observados o capturados, así como las evidencias indirectas, fueron determinados en el sitio con base en la experiencia profesional y el uso de guías especializadas de identificación en campo y de claves taxonómicas.

El trabajo en campo consistió en la caracterización de la fauna en los sitios de estudio con la cual se obtuvo el listado taxonómico y posteriormente obtener la riqueza específica y abundancia relativa e indicadora de diversidad faunística de las especies.

La metodología utilizada para el registro de especies consistió en muestreos directos e indirectos en los sitios seleccionados. Las técnicas de muestreo para cada grupo taxonómico se realizaron siguiendo a Jones, (1986), Casas-Andreu (1990), y Cherkiss. et al (2005). Los muestreos de la fauna vertebrada terrestre consistieron en recorridos diurnos y nocturnos cubriendo todos los ambientes presentes.

Los registros indirectos de las especies se realizaron mediante transectos nocturnos para captura de mamíferos pequeños mediante:

- a) uso de trampas Sherman cebadas con una mezcla de avena, crema de cacahuete y jarabe de vainilla, estas trampas se colocaron en los sitios elegidos al caer la noche, y a primera hora del día siguiente eran revisadas y recogidas.
- b) trampas Tomahawk para mamíferos medianos cebadas indistintamente con sardina y con fruta, estas trampas se ubicaban en los sitios elegidos al caer la noche, y a primera hora del día siguiente eran revisadas y recogidas.
- c) redes de niebla para murciélagos, las cuales se colocaban en la tarde antes del ocaso y se mantenían abiertas hasta la media noche revisándolas cada 15 minutos para verificar la captura, determinación a nivel de especie e inmediata liberación de los ejemplares.

Los registros directos de las especies e individuos se realizaron mediante:

- a) transectos diurnos y nocturnos para reptiles y anfibios, que consistían en caminatas a la hora de actividad de estos grupos revisando cualquier micro hábitat normalmente utilizado por las especies.
- b) transectos por puntos de observación para aves y mamíferos, que consistían en recorridos lineales con paros cada 50 mts para avistar aves principalmente, aunque también se utilizó esta metodología para mamíferos (Apuntes VII Curso Taller Internacional sobre Técnicas aplicadas a la Conservación y Manejo de Fauna Silvestre, 2000)

Durante los recorridos se registró y determinó todo taxón avistado o colectado de la fauna terrestre concerniente a este trabajo. El trabajo de campo fue complementado observando signos de presencia de dichos animales como huellas impresas en el sustrato, mudas, nidos, plumas, ejemplares muertos, aromas, cantos, entre otros. La información mínima que se tomó a cada taxón colectado o avistado fue, fecha, especie, hábitat, vegetación y abundancia. Los ejemplares colectados vivos fueron determinados específicamente, registrados, fotografiados y liberados *in situ* sin daño alguno.

La herpetofauna registrada en este trabajo fue determinada mediante la recopilación de claves dicotómicas de Flores-Villela et. al (1995), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Frost et. al (2006), Wüster et. al (2005) y Smith (2005). La mastofauna fue determinada según Medellín et. al (1997), Wilson y Reeder (1993), Arita y Ceballos (1997) y Reid (1997), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Ceballos et. al (2002) y Ramírez-Pulido et. al (2005). Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb (1995) y Edwards (2003), la taxonomía y nombres actuales fueron según la American Ornithologist' Union (AOU) 1998. Las especies endémicas fueron según Flores-Villela, 1993 para el caso de la herpetofauna. Ceballos, et. al (2005) para los mamíferos, la NOM-059-SEMARNAT-2001 para todas las clases y Howell, et. al (1995) para las aves. Para los nombres comunes se siguió los utilizados en la región.

#### 8.7.1.2 Análisis de datos

La información principal que se analiza en el estudio es:

- A. Riqueza específica (número de especies por hábitat)
- B. Abundancia Relativa
- C. Índice de diversidad de especies
- D. Indicadores Biológicos

- E. Especies de interés particular
- F. Respaldo Fotográfico

En el análisis de la diversidad Alfa se siguen los conceptos propuestos por Halffter y Moreno (2005). La diversidad alfa se estimará como el número de especies o riqueza específica total (Magurran, 2004; Moreno, 2001) esto es mediante conteo directo de las especies.

El esfuerzo de muestreo para obtener el índice de diversidad de especies fue de tres días de recorridos. Se hizo un solo transecto continuo con una longitud total de 6600 metros. Este transecto cubre los tipos de vegetación y los ambientes presentes en DTGS.

Respecto a los índices de diversidad los más empleados son el de Shannon Wiener (S-W) y el de Simpson. La diferencia entre estos dos índices es que Shannon - Wiener le da más peso a las especies raras y el índice de Simpson a las especies dominantes.

A la par del cálculo de abundancia relativa y para dar mayor importancia a las especies raras, se trabajó con los datos para la obtención del índice de diversidad de especies de Shannon - Wiener presentes en los distintos predios.

### Shannon – Wiener

La fórmula del índice de Shannon-Wiener es la siguiente:

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

Dónde:

S = número de especies (la riqueza de especies)

P<sub>i</sub> = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n<sub>i</sub>/N

n<sub>i</sub> = número de individuos de la especie i

N = número de todos los individuos de todas las especies

H max = Log (S)

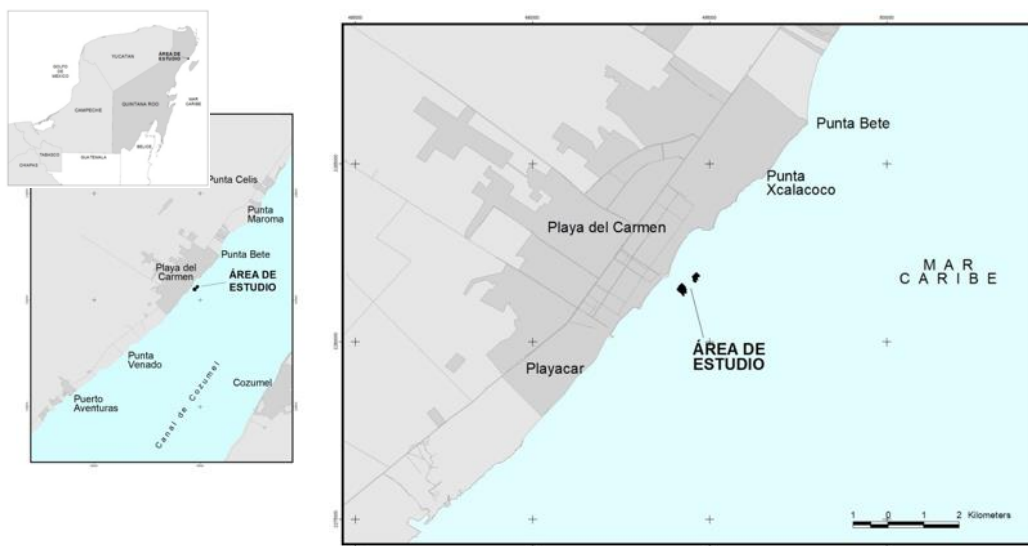
## **8.8 Caracterización ambiental de bancos de arena y verificación del ambiente marino.**

El objetivo de este estudio es caracterizar la biota conspicua y la infauna de los bancos de arena, para evaluar la factibilidad ambiental y biológica para su establecimiento aprovechamiento como material para acciones de restauración de playas en el Proyecto; y verificar el ambiente marino en las áreas elegidas para colocar los arrecifes artificiales.

### **8.8.1 Metodología**

El área de estudio para el presente estudio comprende 2 polígonos de arena definidos para el proyecto, con una superficie de 2.176 ha para el banco de arena denominado “Banco 1”, en la parte Norte, y de 4.280 ha para el banco de arena denominado “Banco 2” en la parte Sur (**Figura 8.8**).

**Figura 8. 8.** Ubicación del área de estudio (arriba) y polígonos de los Bancos de Arena definidos para el proyecto de Recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis (abajo).



## 8.8.2 Sitios de muestreo

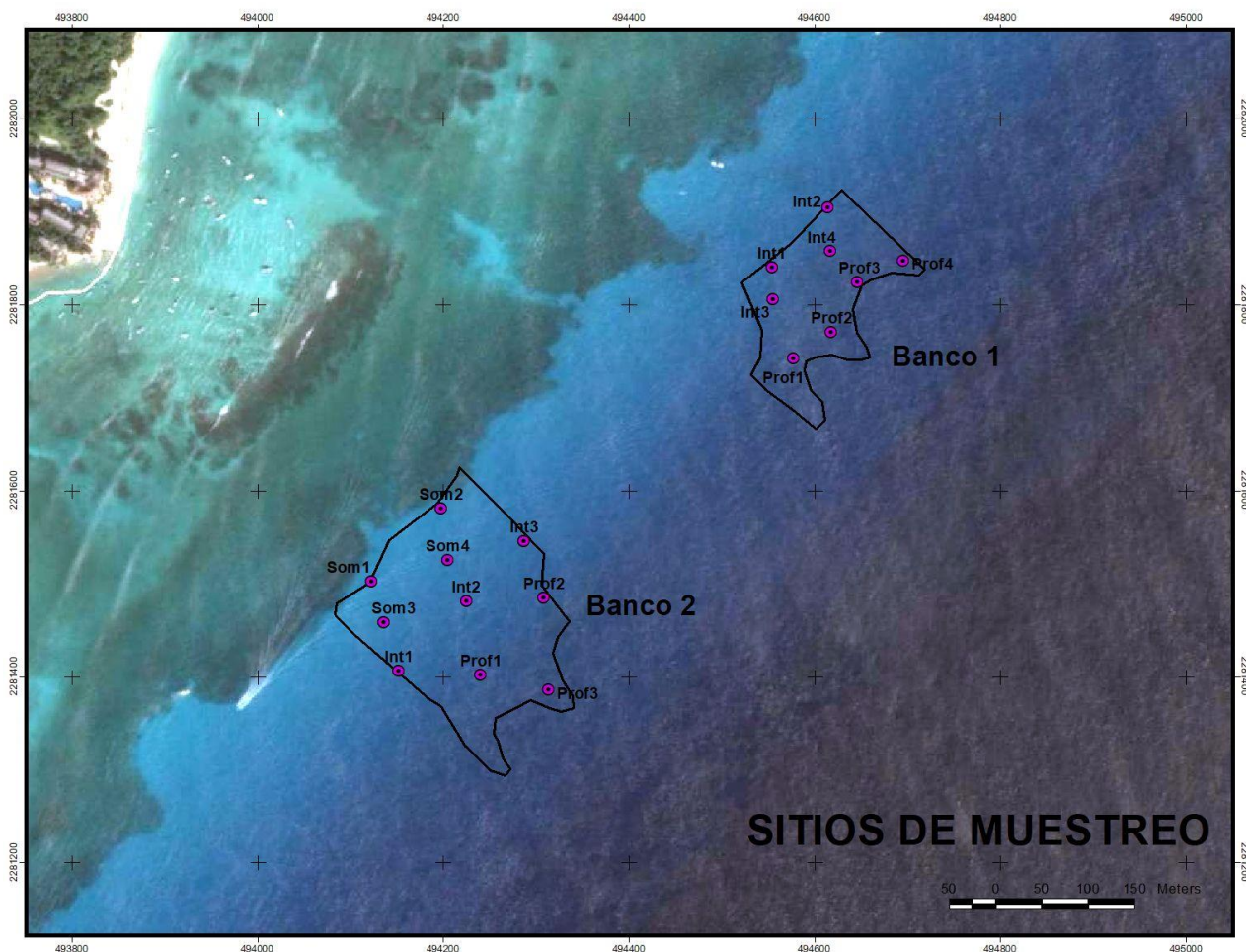
La caracterización de la comunidad biótica marina presente en los bancos de arena definidos para el proyecto de recuperación de playas para el Desarrollo Turístico Grand Sirenis se llevó a cabo mediante un muestreo intensivo durante los días 28 y 29 de noviembre del 2019.

### 8.8.2.1 Comunidad biótica conspicua

El presente estudio contempla un muestreo de la comunidad biótica conspicua a partir de los datos obtenidos para un total de 18 sitios de muestreo: 8 transectos para el Banco1 y 10 transectos para el Banco 2.

La distribución de los sitios de muestreo se realizó de manera uniforme, para cubrir toda la extensión de los bancos, debido a que el tipo de ambiente dentro de estos polígonos es muy homogéneo, por lo que no se aplicó un muestreo estratificado. Los sitios de muestreo se representan gráficamente en la **Figura 8. 9**, y se presentan sus coordenadas geográficas en la **Tabla 8. 15**.

**Figura 8. 9.** Sitios de muestreo intensivo para la caracterización de la biota marina conspicua en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.



**Tabla 8. 15.** Referencia geográfica de los sitios de muestreo intensivo para la caracterización de la de la biota marina conspicua en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.

Banco	Sección	ID	X COORD	Y COORD
Banco 1	Intermedia	Int1	494,554.00	2,281,841.00
		Int2	494,614.00	2,281,905.00
		Int3	494,555.00	2,281,806.00
		Int4	494,617.00	2,281,858.00
	Profunda	Prof1	494,577.00	2,281,743.00
		Prof2	494,618.00	2,281,771.00
		Prof3	494,646.00	2,281,825.00
Prof4		494,696.00	2,281,848.00	
Banco 2	Somera	Som1	494,123.00	2,281,503.00
		Som2	494,198.00	2,281,581.00
		Som3	494,136.00	2,281,459.00
		Som4	494,205.00	2,281,526.00
	Intermedia	Int1	494,152.00	2,281,407.00
		Int2	494,225.00	2,281,482.00
		Int3	494,287.00	2,281,546.00
	Profunda	Prof1	494,240.00	2,281,402.00

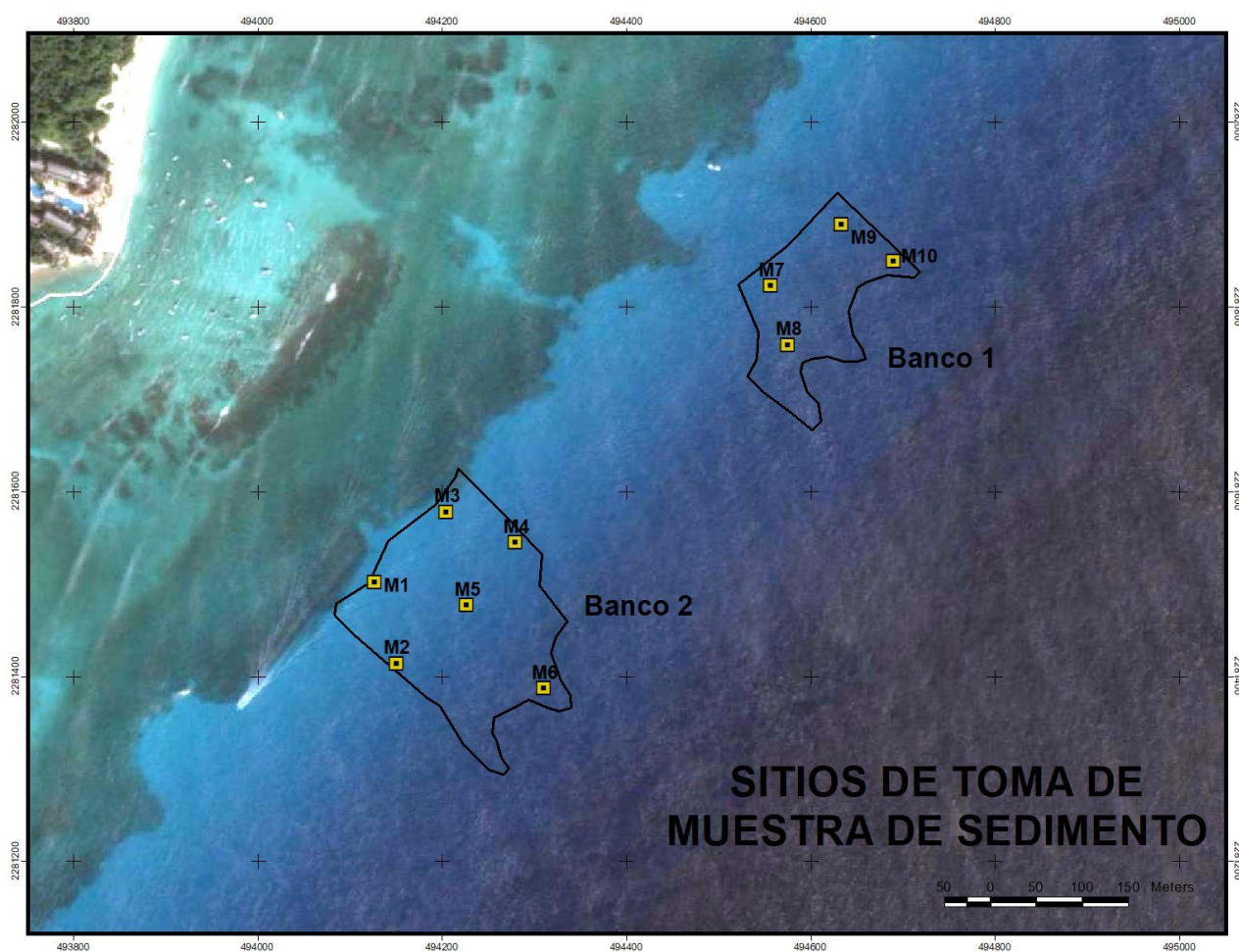


Banco	Sección	ID	X_COORD	Y_COORD
		Prof2	494,308.00	2,281,485.00
		Prof3	494,314.00	2,281,386.00

### 8.8.2.2 Infauna

Para la comunidad de la infauna, en el presente estudio se realizó la toma de muestras de en un total de 10 sitios: 4 muestras de sedimento para el Banco1 y 6 muestras de sedimento para el Banco 2. Las muestras se tomaron sobre los transectos de muestreo más representativos que se llevaron a cabo para la caracterización de la biota marina conspicua. Los sitios donde se tomaron las muestras de sedimento se representan gráficamente en la Figura 8. 10, y se presentan sus coordenadas geográficas en la (Tabla 8.16).

**Figura 8. 10.** Sitios donde se tomaron las muestras de arena para el análisis de la Infauna en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.



**Tabla 8. 16.** Referencia geográfica de los sitios donde se tomaron las muestras de arena para el análisis de la Infauna en los bancos de arena del proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.

Banco	ID	X COORD	Y COORD
Banco 1	M7	494,556.00	2,281,823.00
	M8	494,575.00	2,281,759.00
	M9	494,633.00	2,281,889.00
	M10	494,689.00	2,281,850.00
Banco 2	M1	494,127.00	2,281,502.00
	M2	494,150.00	2,281,414.00
	M3	494,204.00	2,281,578.00
	M4	494,279.00	2,281,545.00
	M5	494,226.00	2,281,477.00
	M6	494,310.00	2,281,387.00

### 8.8.3 Caracterización de la biota marina conspicua

La caracterización de la biota marina conspicua para el presente estudio se llevó a cabo a partir de un análisis de la comunidad de organismos conspicuos a través de la elaboración de listados de especies, determinación de la composición específica, así como de la distribución y abundancia de los principales grupos taxonómicos, que incluye:

#### ICTIOFAUNA

- Peces de arrecife

#### VEGETACIÓN MARINA

- Pastos marinos
- Macroalgas bentónicas

**INVERTEBRADOS BENTÓNICOS:** Organismos sésiles que se encuentran fijos al sustrato, o de movimiento limitado que se encuentran asociados a los fondos marinos.

- Esponjas
- Coral blando
- Coral duro
- Moluscos
- Crustáceos

Para fines de este estudio, se consideraron diferentes secciones dentro de los bancos de arena en función de su profundidad para el análisis de la biota marina conspicua, de acuerdo a la clasificación que se muestra en la **Tabla 8. 17.**

**Tabla 8. 17.** Zonación utilizada para la caracterización de la biota marina conspicua en el área de estudio.

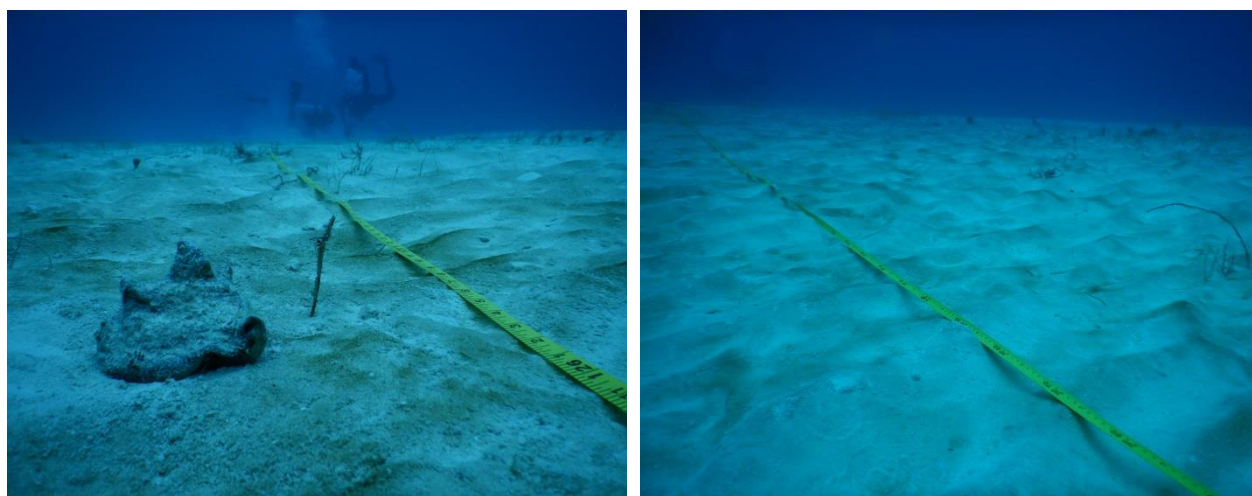
Polígono	Sección	Abreviación	Transectos de muestreo
Banco 1	Intermedio	B1-Int	4
	Profundo	B1-Prof	4
Banco 2	Somero	B2-Som	4
	Intermedio	B2-Int	3
	Profundo	B2-Prof	3

El muestreo se llevó a cabo siguiendo los métodos convencionales con los que se han caracterizado los arrecifes del Caribe mexicano (Gutiérrez, et al., 1993b, 1995; Lara, et al, 1994a, 1994b, Padilla, et al, 1994), empleando transectos de banda de 50 m de longitud, como referencia para estimar la composición específica, distribución, abundancia y diversidad de los taxa de organismos arrecifales, de acuerdo a los criterios que se indican en la Tabla 8. 13 y **Tabla 8. 18.**

**Tabla 8. 18.** Técnicas de muestreo aplicadas por grupo taxonómico para la caracterización de la biota marina en el área de estudio.

Grupo taxonómico	Técnica de muestreo
Invertebrados bentónicos	Se registró el número de individuos por especie observados a 2 m de distancia por cada lado del transecto.
Vegetación marina (pastos marinos y algas)	Se colocaron cuadrantes de 650 cm <sup>2</sup> divididos en 25 cuadros de 5X5 cm, a cada 10 m a lo largo del transecto. Se registró la cobertura a partir del número de cuadros de 5x5 cm ocupados por cada especie. Se registró el grupo morfológico de cada ejemplar.
Ictiofauna	Se registró el número de individuos por especie observados a 2 m de distancia por cada lado del transecto, registrando también la talla de cada individuo.

**Figura 8. 11.** Muestreo mediante el uso de cuadrantes y transectos.



La identidad taxonómica de los organismos registrados durante el muestreo se determinó in situ. Para los invertebrados se utilizaron las claves y guías de campo Smith (1972), Greenberg y Greenberg (1977), Colin (1988) y Humann (1993a, 1993b). Para algas se usó la clave visual de

Little et al. (1989) y la de Humman (1993a). Para peces se emplearon las claves de Chaplin (1972), Greenberg y Greenberg (1977) y Stokes (1984).

La caracterización del medio marino permite contar con información para evaluar el estatus de individuos y poblaciones, así como el grado de integridad ecológica del sistema, de acuerdo a los siguientes indicadores (Tabla 8.19).

**Tabla 8. 19.** Parámetros indicadores de la caracterización ambiental marina para el presente estudio.

Índices o indicadores	Definición	Objetivo
Riqueza de especies	Conjunto de especies de un taxón dentro de un área determinada.	Indicar las especies presentes a través de un listado; donde se encuentran las potencialmente utilizables como bio-indicadoras y/o de interés especial.
Abundancia relativa	Proporción del tamaño poblacional de una especie con respecto al total de la población de las especies simpátricas en el grupo de interés	Determinar la tendencia poblacional y obtener información para los índices de diversidad (cobertura y densidad)
Índice de diversidad de especies	Relación entre la riqueza específica y sus abundancias relativas. Se utiliza el índice de Shannon-Wiener (H')	Estimar el número de especies presentes en un área determinada
Distribución	Relación entre las especies de fauna marina y los tipos de ambientes	Conocer el número de especies por tipo de hábitat
Similitud entre los diferentes hábitats	Asociación de especies de fauna silvestre con relación a los diferentes ambientes.	Determinar ambientes indicadores de recambio de especies
Indicadores biológicos	Especies o grupos de especies que reflejan el estado de integridad ecológica del sistema.	Conocer sobre la condición ambiental del área e identificar posibles factores adversos.
Especies de interés particular	Especies elegidas por razones obvias de conservación tales como estatus o carisma.	Aportar información de utilidad para planes de conservación de dichas especies.
Zonación ambiental	Caracterización del ambiente considerando aspectos físicos y biológicos.	Contar con una caracterización general de los diferentes ambientes en el área de estudio.

### 8.8.3.1 Abundancia

Se obtuvo una estimación de abundancia para todos los grupos taxonómicos de organismos marinos considerados en el estudio. En el caso de los invertebrados bentónicos y los peces arrecifales se hizo una estimación de densidad con base en el número de colonias/individuos que se encontraron por metro cuadrado de área de muestreo. En el caso de las algas se hizo una estimación de la cobertura expresada como el porcentaje que este grupo taxonómico ocupó en el transecto. También se incluye un listado de especies por grupo taxonómico con un estimador de abundancia relativa por especie para cada una de las secciones en que se dividieron los bancos de arena. Este estimador de abundancia relativa se presenta en categorías, de acuerdo a lo descrito en la Tabla 8.20.

**Tabla 8. 20.** Categorías de abundancia relativa y definición de su rango.

Categoría	Abreviación	Rango de abundancia relativa
Dominante	D	> 20 %
Abundante	A	10 – 20 %
Común	C	5 – 10 %
Escaso	E	1 – 5 %
Raro	R	< 1 %

### 8.8.3.2 Diversidad

A partir de los datos de abundancia específica se obtuvieron dos estimadores de la diversidad por grupo taxonómico para cada una de las secciones en que se dividieron los bancos de arena: Riqueza específica e índice de diversidad de Shannon Wiener (H'); y una medida de la heterogeneidad a través del valor de Equitabilidad (J'), de acuerdo a las fórmulas y procedimientos descritos en Begon, et al., 1990.

### 8.8.3.3 Estructura de tallas

El tamaño de los organismos se registró para el grupo de los peces con la intención de conocer la estructura de tallas de este grupo taxonómico. Para ello, se definen las categorías que se muestra en la **Tabla 8. 21**. El análisis se presenta como un histograma de frecuencias para cada una de las secciones en las que se dividieron los bancos de arena.

**Tabla 8. 21.** Categorías de talla para peces.

Clase de talla	Categoría de tamaño
I	<5cm
II	5-10 cm
III	10-20 cm
IV	20-30 cm
V	30-40 cm
VI	>40 cm

### 8.8.3.4 Grupos funcionales

Para los grupos de peces arrecifales y para la vegetación marina se realizó un análisis de grupos funcionales. Se consideró el tipo de alimentación en los peces para definir su grupo trófico, y el tipo de pigmento fotosintético presente en las algas, de acuerdo al phylum al que pertenecen taxonómicamente, según las categorías que se especifican a continuación. Se realizó un análisis de la distribución de frecuencias por taxón de acuerdo a los grupos tróficos para los peces y los grupos taxonómicos para las algas. Las categorías se presentan en la Tabla 8.22. El análisis se presenta como histograma de frecuencias relativas de categorías de grupos funcionales para cada sección en la que se dividieron los bancos de arena.

**Tabla 8. 22.** Categorías de grupos funcionales para peces arrecifales y para la vegetación marina.

PECES ARRECIFALES		VEGETACIÓN MARINA	
Categoría	Grupo trófico	Categoría	Grupo taxonómico
Bento	Bentófago	Vcar	Clorofitas (verde) carnosas
Herbi	Herbívoro	Vcal	Clorofitas (verde) calcáreas



PECES ARRECIFALES		VEGETACIÓN MARINA	
Categoría	Grupo trófico	Categoría	Grupo taxonómico
Ictio	Ictiófago	Roja	Rodofitas
Omni	Omnívoro	Café	Feofitas
Planc	Planctófago	Pasto	Pastos marinos

Las categorías tróficas para agrupar a los peces arrecifales de acuerdo a sus hábitos alimenticios se definen de la siguiente manera:

- Bentófago: Consume cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos, peces.
- Herbívoro: Dieta a base de algas y pastos marinos.
- Ictiófago: Se alimentan de peces.
- Omnívoro: Consumen algas, anélidos, peces, copépodos, gasterópodos, antozoos, tunicados, cangrejos, esponjas, equinodermos.
- Planctófago: Consume cangrejos, camarones, estomatópodos, zoantarios y huevos de peces que forman el plancton.

#### 8.8.3.5 Caracterización de la infauna

La caracterización de la infauna para el presente estudio se llevó a cabo a partir de un análisis de la biota que habita entre los sedimentos de arena, a través de la elaboración de listados de especies y estimaciones de distribución y abundancia, que incluye:

- **INFAUNA:** Organismos que habitan entre las partículas del sedimento de arena del fondo marino. Estos organismos excavan y se desplazan en el interior del sustrato, o construyen túneles, tubos o madrigueras. Para este estudio se consideró como biota de la infauna a los siguientes grupos taxonómicos:
  - o Annelida
  - o Mollusca
  - o Equinodermata
  - o Sipuncula

Para el muestreo de la infauna se obtuvieron muestras de arena del sustrato marino, para lo cual se utilizó un nucleador de 25.5 cm de diámetro, lo que representa un área de muestra de 510.7 cm<sup>2</sup> por nucleador, y se enterró en el sustrato hasta la marca de 20cm, lo que equivale a un volumen de 10,213 cm<sup>3</sup>, o 10.2 litros, siguiendo los lineamientos básicos del Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Almada-Villela, et al., 2003) para obtener una muestra representativa de la columna de sedimento (Figura 8.12)

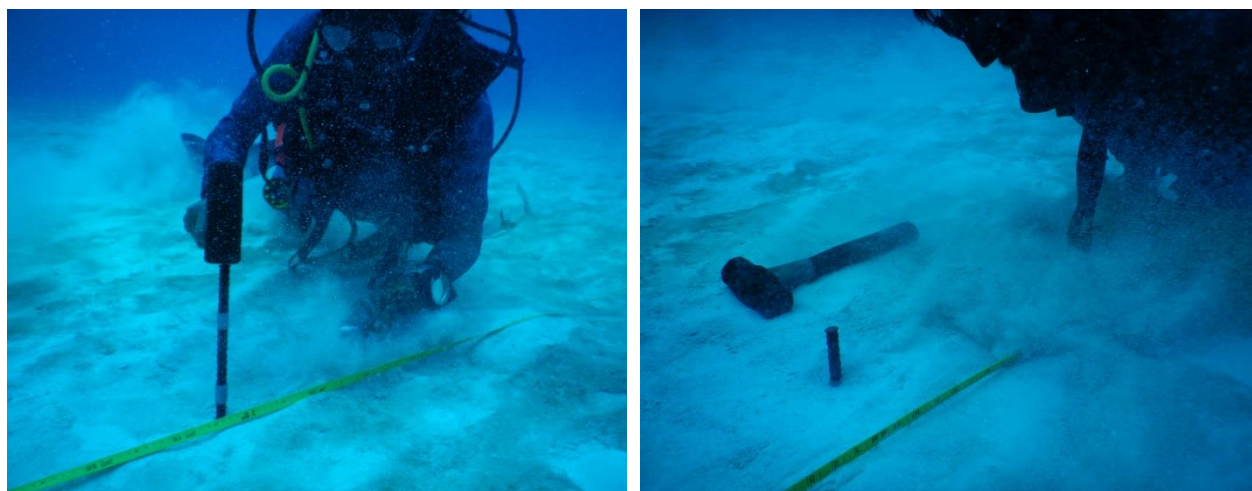
**Figura 8. 12.** Toma de muestra de sedimento para el muestreo de infauna.



### 8.8.3.6 Medición del grosor de la capa de arena

En este estudio se midió el grosor de la capa de arena en los transectos que se llevaron a cabo dentro de los polígonos de los bancos de arena. La medición del grosor de la capa de arena se realizó “in situ” usando una varilla metálica de 70cm de longitud, marcada cada 10 cm, la cual se enterró en el sustrato con la ayuda de un marro sobre el transecto de muestreo, teniendo una medición cada 10 metros (Figura 8.13).

**Figura 8. 13.** Medición del grosor de la capa de arena en los Bancos de arena definidos para el proyecto de recuperación de playas del Desarrollo Turístico Grand Sirenis.



### 8.8.3.7 Trabajo de laboratorio

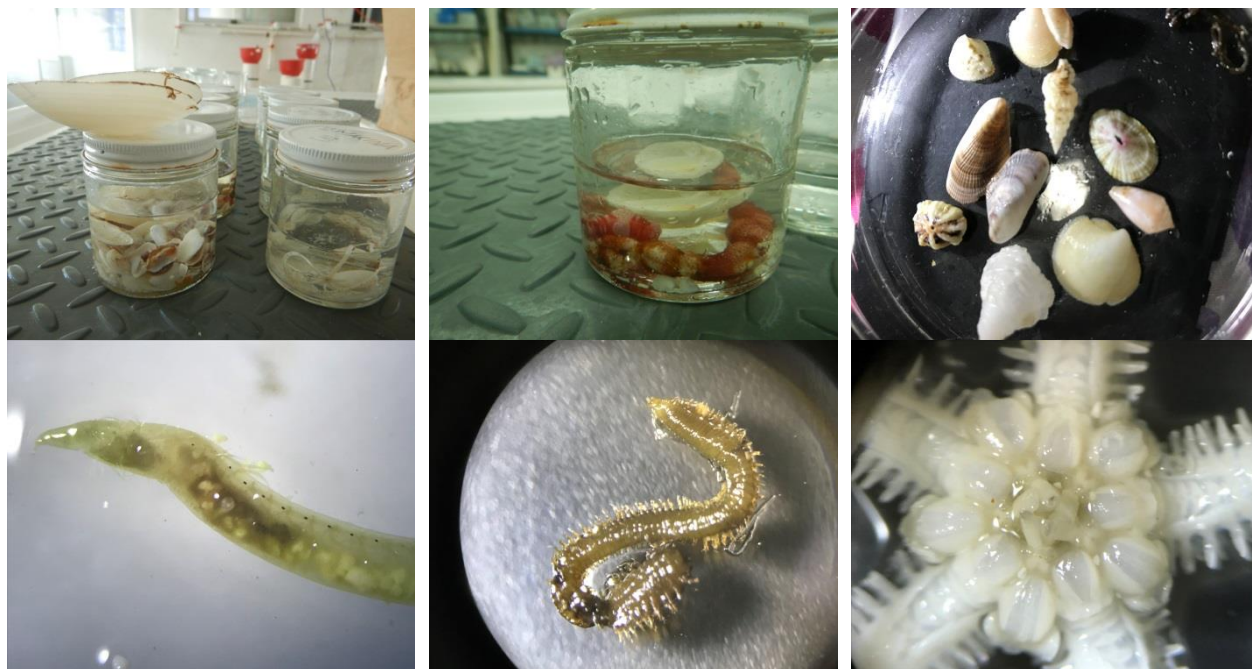
Posteriormente, cada muestra de sedimento fue procesada en un sistema de bombeo para provocar la re-suspensión de sedimentos por flujo continuo de agua, con la finalidad de separar la fauna de organismos intersticiales de la arena. El sistema se compone de dos cubetas de plástico, un recipiente grande, un embudo (garrafón de agua invertido), un juego de tamices (100-1,000 micras de luz de malla) y una bomba sumergible que hace circular el agua. El mecanismo es el siguiente: en el recipiente grande se coloca agua y se sumerge la bomba, ésta se conecta a la parte inferior del embudo transparente. En la parte superior del embudo se coloca la muestra de arena. Cuando se hace funcionar la bomba, el agua empuja la arena hacia arriba y suspende a los organismos, los cuales caen en el tamiz para retenerlos y el agua vuelve a recuperarse en las cubetas (Figura 8.14).

**Figura 8. 14.** Sistema de filtración para colecta de invertebrados intersticiales de la infauna y muestras de sedimento obtenidas.



Los organismos recolectados en cada muestra fueron depositados en frascos de plástico, fijados con formol al 5%, y etiquetados. Posteriormente, los organismos se revisaron al microscopio de disección para la separación por grupos taxonómicos, e identificación taxonómica (**Figura 8. 15**).



**Figura 8. 15.** Separación de organismos de la infauna, y su posterior identificación taxonómica.

Los análisis que se llevaron a cabo para la caracterización de la biota fue la elaboración de listados de especies en donde se puede apreciar la composición de especies en cada uno de los sitios muestreados, con una estimación de abundancia relativa por sitio.

## 8.9 Caracterización-Zonificación ambiental y actividades turísticas potenciales para la zona costera y marina del desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya.

Este estudio se llevó a cabo en la zona costera y marina adyacente al predio del DTGS con el objetivo de caracterizar el ambiente marino existente e identificar actividades turísticas potenciales que se puedan desarrollar de acuerdo a criterios ambientales que permiten su viabilidad ambiental, técnica y jurídica.

### 8.9.1 Metodología

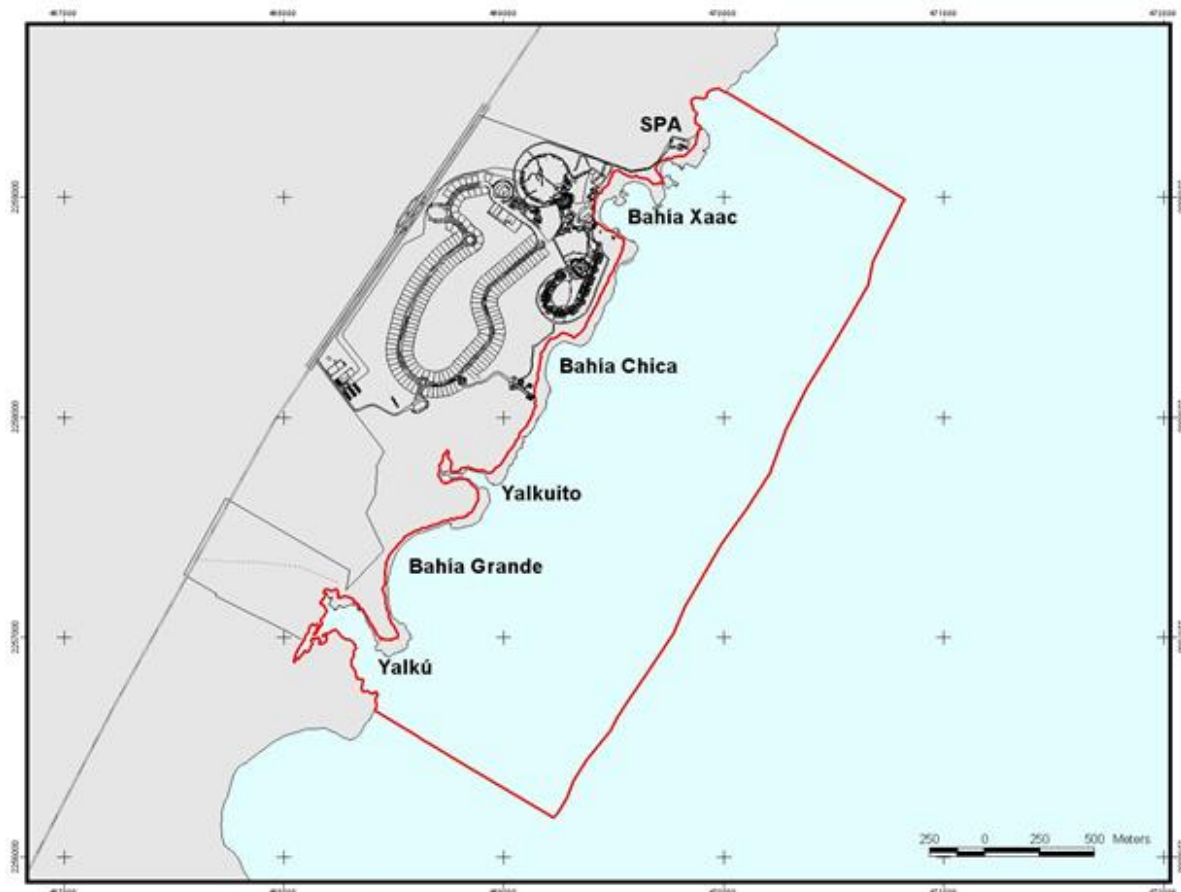
El trabajo de campo se realizó en los meses de octubre y noviembre del año 2011, llevando a cabo 2 fases: una de prospección y el muestreo intensivo. Para la prospección de la zona de estudio se realizó un recorrido de todo el litoral costero para hacer el levantamiento de la línea de costa y descripción de los ambientes costeros, y también se realizó una prospección de los ambientes acuáticos, realizando recorridos en snorkel en las caletas y en las partes someras de las bahías, para determinar el tipo de ambiente y biota presentes.

El muestreo intensivo consistió en el registro de datos de campo para realizar las estimaciones cualitativas y cuantitativas sobre la estructura comunitaria de la biota marina. Para ello se eligieron 4 líneas principales sobre las cuales se hicieron recorridos subacuáticos desde los 25 m de profundidad en donde empieza el Arrecife Frontal Exterior, hasta las partes someras de la Transición Barlovento a 5 metros de profundidad. Sobre estos recorridos se definieron de 4 a 5 puntos de muestreo en las zonas representativas del arrecife, para lo cual se utilizó como referencia un transecto de 20 metros, haciendo los registros necesarios para describir los distintos

ambientes presentes en la zona, así como para estimar los principales parámetros de la estructura comunitaria de los principales grupos taxonómicos de la biota marina.

El área de estudio se muestra en la **Figura 8. 16**.

**Figura 8. 16.** Ubicación del área de estudio. Con una línea roja se indica el polígono del área de estudio frente al predio del DTGS. El predio incluye la extensión del litoral costero sobre tierra, y hasta el límite del Arrecife Frontal Exterior hacia mar adentro.



### 8.9.1.1 Metodología de muestreo

Como se mencionó anteriormente, el muestreo se realizó en dos fases, una de prospección y la de muestreo intensivo, el detalle de cada una se presenta a continuación.

#### 8.9.1.1.1 Fase de prospección

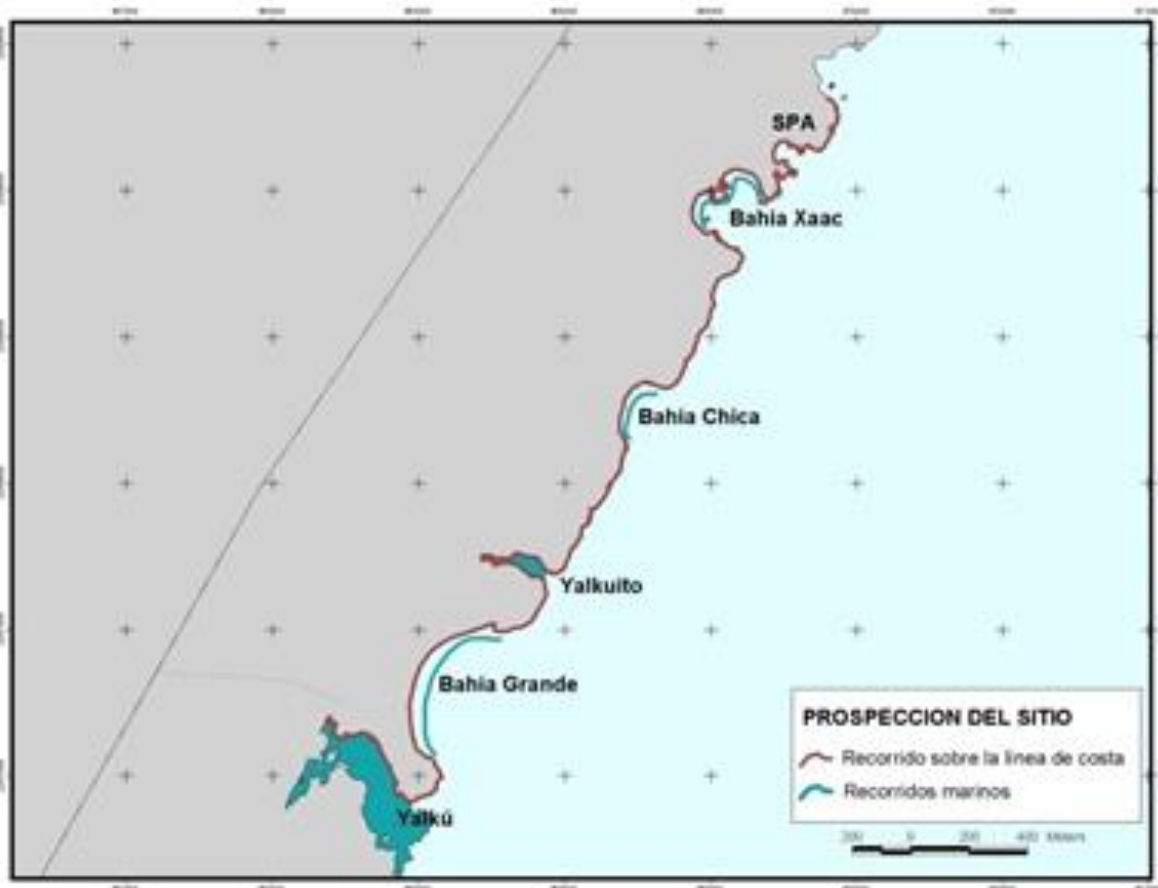
En la fase de prospección se realizó un recorrido a pie por todo el litoral costero del área de estudio para obtener 2 productos principales:

- Levantamiento de la línea de costa para tener la referencia geográfica exacta.
- Descripción del litoral costero a través del reconocimiento de ambientes costeros y formaciones geológicas.



En esta misma etapa de prospección también se hicieron recorridos en la parte marina para determinar el ambiente presente en las caletas y en las partes someras de las bahías (**Figura 8. 17**).

**Figura 8. 17.** Recorridos que se llevaron a cabo en la etapa de prospección del estudio. En color marrón se indica el recorrido sobre la línea de costa, y en color azul los recorridos realizados en la parte marina.

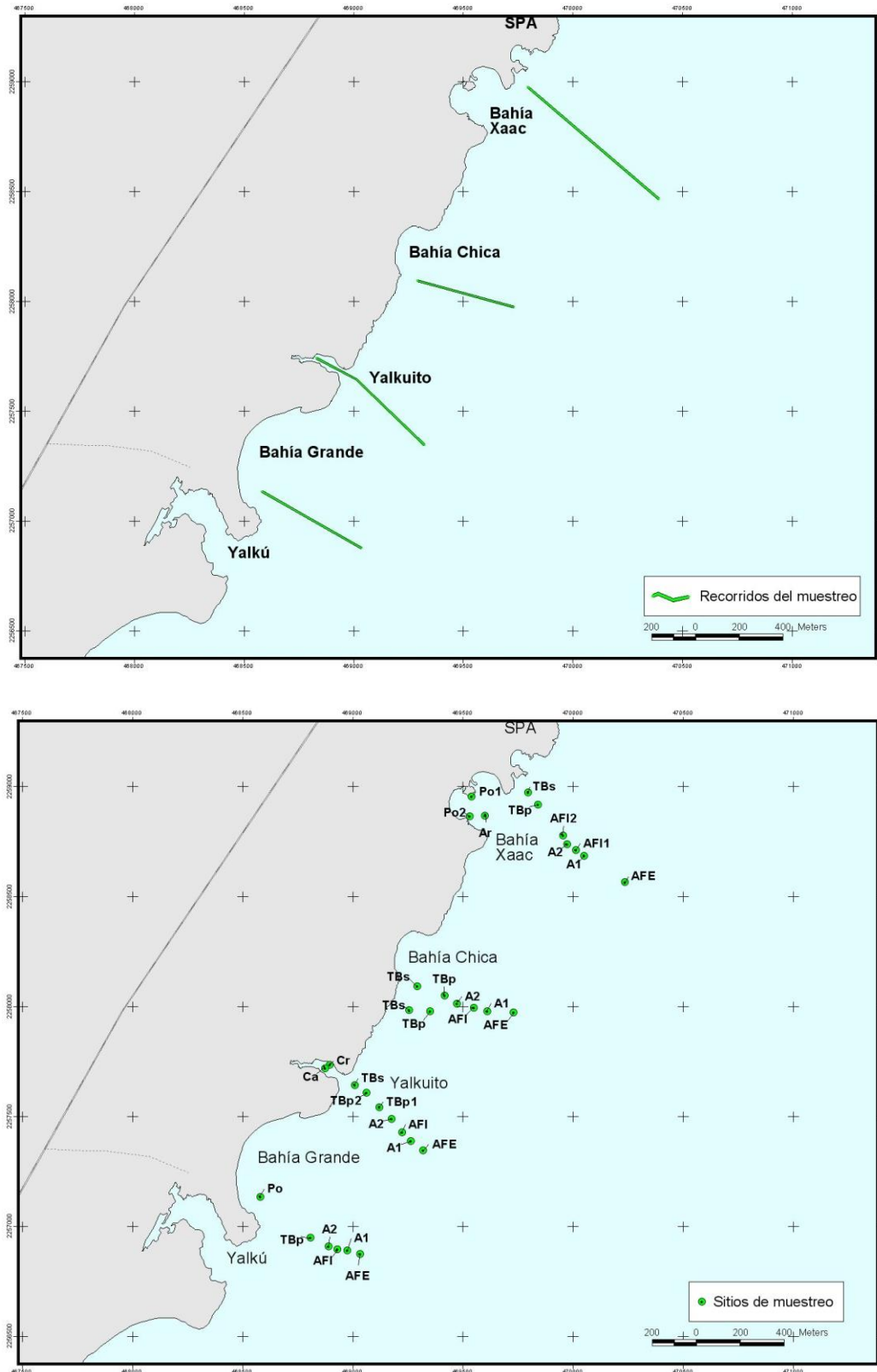


#### 8.9.1.1.2 Fase de muestreo intensivo

El muestreo intensivo para el registro de datos biológicos consistió en 4 recorridos perpendiculares con Buceo autónomo, desde la base de las cordilleras que forman los macizos y canales del Arrecife Frontal Exterior, que se encuentra a 1 km aproximadamente de distancia de la línea de costa y a 25 m de profundidad; hasta la parte somera de la Transición Barlovento, que se encuentra a unos cuantos metros de distancia de la costa y a 5 metros de profundidad. Durante los recorridos se realizaron observaciones puntuales para reconocer el patrón de zonación del sitio, ubicando geográficamente los cambios más evidentes.

Dentro de la ruta de cada uno de los recorridos se llevó a cabo un muestreo cuantitativo para evaluar los diferentes ambientes, estableciendo entre 8 y 10 puntos de muestreo en cada línea. El registro de datos se llevó a cabo sobre transectos de muestreo (**Figura 8. 18** y **Tabla 8. 23**).

**Figura 8. 18.** Muestreo intensivo. En el mapa de arriba se indica la ruta de los recorridos realizados en SCUBA, y en el mapa de abajo se indican los puntos en donde se realizaron muestreos para el registro de datos.



**Tabla 8. 23.** Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

LINEA	ZONA	Latitud N			Longitud W		
		G	M	S	G	M	S
Bahía Xaac	AFE	20	25	30.9	87	17	7.11
	A1	20	25	34.8	87	17	13.5
	AFI1	20	25	35.6	87	17	14.8
	A2	20	25	36.5	87	17	16.1
	AFI2	20	25	37.8	87	17	16.8
	TBp	20	25	42.3	87	17	20.7
	TBs	20	25	44.1	87	17	22.3
	Po1	20	25	43.5	87	17	31.1
	Po2	20	25	40.6	87	17	31.4
	Ar	20	25	40.7	87	17	29
Caleta Yalkuito	AFE	20	24	51.2	87	17	38.6
	A1	20	24	52.5	87	17	40.5
	AFI	20	24	53.8	87	17	41.9
	A2	20	24	55.8	87	17	43.5
	TBp1	20	24	57.5	87	17	45.5
	TBp2	20	24	59.7	87	17	47.5
	TBs	20	25	0.8	87	17	49.3
	Cr	20	25	3.8	87	17	53.2
	Ca	20	25	3.3	87	17	54
Bahía Chica	AFE	20	25	11.6	87	17	24.5
	A1	20	25	11.75	87	17	28.6
	AFI	20	25	12.3	87	17	30.7
	A2	20	25	12.9	87	17	33.3
	TBp	20	25	14.1	87	17	35.3
	TBp	20	25	11.7	87	17	37.5
	TBs	20	25	15.44	87	17	39.6
	TBs	20	25	11.9	87	17	40.8
Bahía Grande	AFE	20	24	35.8	87	17	48.4
	A1	20	24	36.32	87	17	50.45
	AFI	20	24	36.5	87	17	52
	A2	20	24	36.9	87	17	53.4
	TBp	20	24	38.2	87	17	56.2
	Po	20	24	44.2	87	18	4.1

### 8.9.1.2 Caracterización de la Biota Marina

La caracterización de biota marina se llevó a cabo empleando la misma metodología que se ha llevado a cabo para los estudios de caracterización de los arrecifes del Caribe Mexicano (Almada-Villela, *et al.* 2003; Gutiérrez *et al.*, 1993; 1995; Padilla, *et al.*, 1994), así como diversos Programas de Monitoreo en localidades como Xaac, Mayakoba, Tres Ríos y Municipio Solidaridad (Padilla, *et al.*, 2005a, 2005b, 2006). El método consistió en un muestreo estratificado del área de estudio con el uso de transectos lineales de acuerdo a lo descrito por Loya (1972, 1978) y modificado por Porter (1972). Cada transecto consiste en colocar una cadena de plástico de 20 m de longitud con

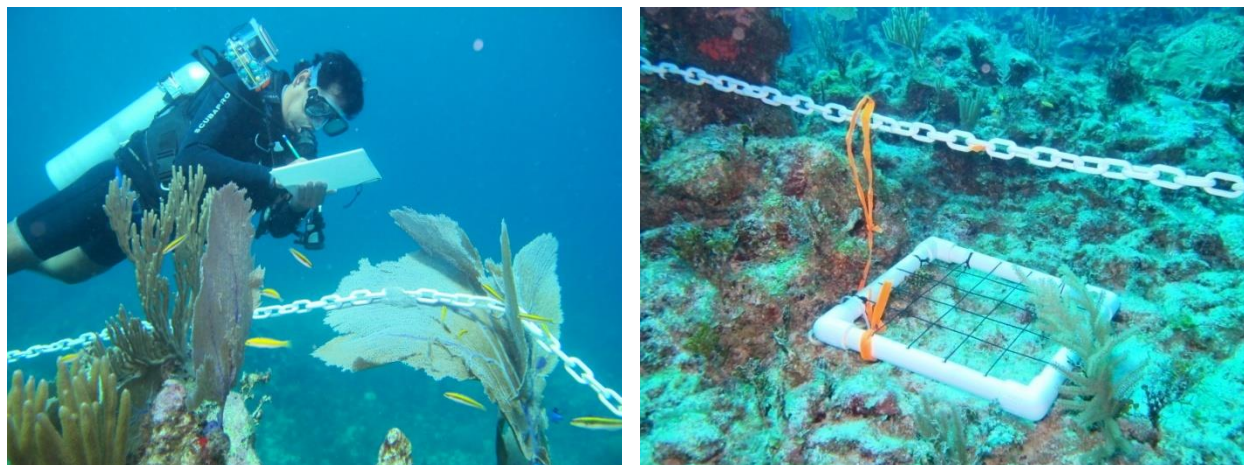
eslabones de 3.3 cm cada uno, marcada cada metro, para obtener información que permita estimar la abundancia específica de los organismos marinos, según se describe en esta sección.

Los taxa de organismos arrecifales que se consideraron para la caracterización de la biota marina son los siguientes:

- ESCLERACTINIOS (Corales duros)
- GORGONACEOS (Corales blandos)
- MACROALGAS
- PECES ARRECIFALES
- INVERTEBRADOS (Moluscos, Equinodermos, Crustáceos)

La valoración biológica consistió en el muestreo sobre transectos de 20 m de longitud, el cual sirvió como referencia durante el registro de datos para estimar la composición específica, distribución, abundancia y diversidad de los 6 taxa de organismos arrecifales considerados en el estudio. Para los escleractinios el transecto se utilizó para contar el número de eslabones de la cadena que abarcaba cada colonia. Para los gorgonáceos, los peces y los invertebrados el transecto sirvió como referencia para contar el número de organismos que se encontraron a una distancia de 1 m a cada lado, formando así un cuadrante de 40 m<sup>2</sup>; considerando además la columna de agua en el caso de los peces. Para la vegetación marina el transecto sirvió de referencia para colocar cuadrantes de 25 cm<sup>2</sup> a cada 5 metros sobre el transecto, para estimar el número de cuadros de 5x5 cm que ocupa cada especie (**Figura 8. 19**).

**Figura 8. 19.** Método de muestreo para la valoración biológica: Transecto de cadena de 20 m de largo y cuadrante para registro de vegetación marina.



Los organismos registrados durante el muestreo fueron identificados *in situ*. Para los escleractinios se utilizaron las claves y guías de campo Smith, 1972, Greenberg y Greenberg, 1977, Castañares y Soto, 1982, Zlatarsky y Martínez, 1982; Colin, 1988 y Humann, 1993a. Para gorgonáceos las claves de Cairns, 1977; Bayer, 1961; Bayer, *et al.*, 1983 y Humman, 1993a. Para algas se usó la clave visual de Littler *et al.*, 1989 y la de Humman, 1993. Para peces se usaron las claves de Chaplin, 1972; Greenberg y Greenberg, 1977 y Stokes, 1984; además de guías sumergibles para uso turístico. Para los invertebrados Humann, 1993b y Andrews, 1994.

De manera adicional, se hicieron una serie de mediciones a los organismos registrados en el transecto para estimar su tamaño y se hicieron anotaciones con respecto a la condición en la que

se encontraron para detectar mortalidad o algún otro tipo de daño, así como de la morfología de las colonias. Para llevar a cabo este registro se definieron categorías, de acuerdo al taxón.

Con la información recabada en campo se estimaron los parámetros básicos de la comunidad, el análisis de la información se llevó a cabo de la misma forma que para el subprograma de Monitoreo Ambiental Marino del DTGS, por lo que su descripción se puede consultar en el apartado 8.5.1.2 de este capítulo.

### **8.10 Recomendación de alternativa estructural para la restauración de playas frente al complejo Turístico “Grand Sirenis”**

Los estudios realizados en este reporte tienen como objetivo proponer alternativas para la recuperación de la playa frente al DTGS. Para lo cual se realizó el análisis de las condiciones en la región costera ubicada frente al Desarrollo en donde se ha evaluado numéricamente el desempeño hidráulico de un grupo de estructuras pensadas, principalmente, para ofrecer playa seca segura al turismo y servir como elementos de retención del reciclado de arena que se ejecutará en varias partes del frente costero.

Para la evaluación del desempeño hidráulico y de los efectos comparativos de la solución propuesta contra las condiciones actuales se modelaron, con las herramientas WAPO y COCO (Silva et al, 2010), un grupo representativo de condiciones de oleaje, con lo que se ha alcanzado un nivel de concomitamiento amplio respecto de la distribución de la energía que solicita las playas en situaciones de régimen medio, tormentas moderadas y eventos extraordinarios. A partir del análisis de los campos de oleaje y de corrientes que ofrecen dichas herramientas, respectivamente, se concluyó respecto del funcionamiento de las obras propuestas, el efecto morfológico de la solución y se presentan recomendaciones respecto del diseño mecánico de las estructuras planteadas.

Es conveniente resaltar en este punto que la selección del modelo numérico WAPO para calcular las características de las ondas que se propagan desde la zona de generación hasta la costa, obedece a que resuelve la ecuación extendida de la pendiente suave y, por tanto, no tiene limitaciones intrínsecas para resolver, en presencia de obstáculos y conjuntamente, los procesos de difracción, reflexión, someramiento, refracción y disipación de energía del oleaje tanto por fondo como por rotura. El modelo COCO estima el campo de corrientes inducidas por oleaje a partir de las ecuaciones no lineales de aguas someras, lo cual aplica en zonas de baja profundidad, y toma como dato de entrada el oleaje estimado por el modelo WAPO. Es por ello que las herramientas elegidas son adecuadas para el caso en estudio.

### **8.11 Caracterización Florística del Predio Sirenis, Quintana Roo**

Los objetivos de la caracterización florística del DTGS, realizada en noviembre de 2012, fueron;

- Identificar los tipos de vegetación, su distribución y extensión presentes dentro del predio DTGS.
- Describir las características y estado de conservación de las comunidades vegetales encontradas dentro del predio DTGS, a través de los parámetros de riqueza, diversidad, composición y estructura.
- Identificar y presentar un listado de las especies de flora encontradas dentro del predio DTGS, que se encuentren catalogadas dentro de alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010.



- Identificar sitios adecuados para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para monitorear a mediano plazo el estado de la vegetación dentro del predio DTGS.

### 8.11.1 Metodología

#### 8.11.1.1 Metodología de muestreo

El muestreo para realizar la descripción florística y ecológica de las comunidades vegetales que se desarrollan dentro del predio DTGS requirió utilizar diferentes estrategias de registro, debido a las características particulares que presenta cada tipo de vegetación. En todos los casos el muestreo fue sistemático al azar estratificado, excepto para el manglar en donde se aplicó un muestro simple. Como complemento al muestreo se tomaron fotografías de todos los tipos de vegetación para evidenciar su condición general al momento del estudio.

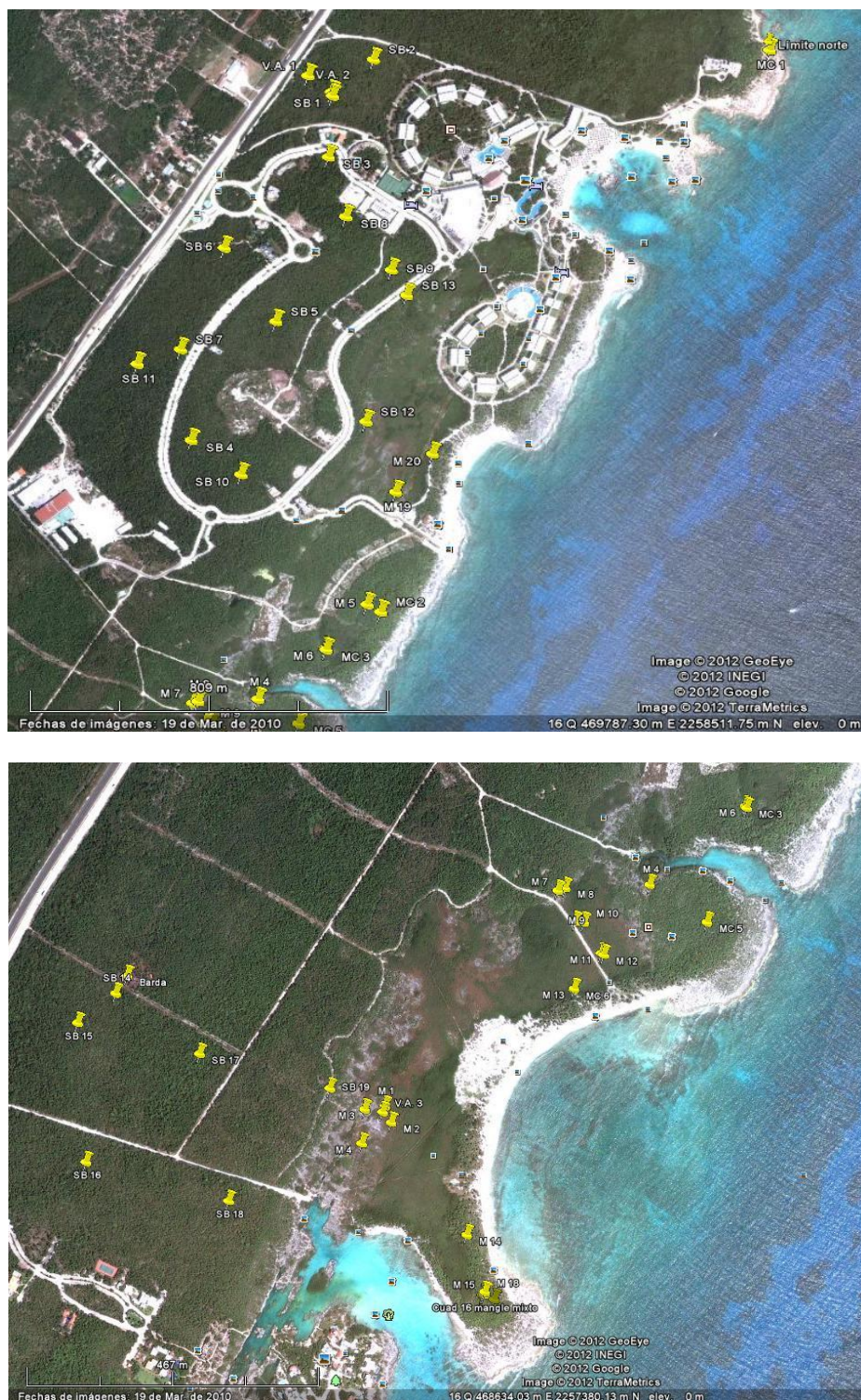
El muestreo se realizó los días 16, 18, 19 y 20 de octubre de 2012. Todos los puntos de muestreo fueron georeferenciados por medio de un geoposicionador satelital (GPS) submétrico marca Garmin modelo Etrex. El registro de la ubicación de los puntos se realizó en el vértice Noreste de cada uno de ellos en unidades UTM y usando el datum WGS84. Además de los sitios de muestreo se georeferenciaron otros puntos por ser indicadores de límites o por presentar alguna característica particular, como la existencia de vestigios arqueológicos o cenotes (**Tabla 8. 24** y **Figura 8. 20**).

**Tabla 8. 24.** Coordenadas UTM de los puntos de muestreo realizados para la caracterización florística del DTGS.

Cuadrante	Latitud	Longitud	Vegetación
MC 1	469864	2259272	Matorral costero
MC 1A	469656	2259101	Matorral costero alterado
V.A. 1	468841	2259208	Vestigio arqueológico en selva
V.A. 2	468895	2259168	Vestigio arqueológico en selva
SB 1	468897	2259159	Selva baja subperennifolia con desarrollo secundario
SB 2	468990	2259248	Selva baja subperennifolia con desarrollo secundario
SB 3	468889	2259050	Selva baja subperennifolia
SB 4	468575	2258317	Selva baja subperennifolia
SB 5	468767	2258608	Selva baja subcaducifolia
SB 6	468652	2258788	Selva baja subperennifolia con desarrollo secundario
SB 7	468553	2258540	Selva baja subperennifolia
SB 8	468927	2258864	Selva baja subperennifolia
Cenote 1	468927	2258864	Selva baja subperennifolia
Cenote 2	468670	2257943	Manglar y selva de transición
SB 10	468687	2258233	Selva de transición
SB 11	468456	2258504	Selva baja subcaducifolia
SB 12	468969	2258362	Ecotono selva-manglar
SB 13	469063	2258672	Selva de transición
Barda	467885	2257537	Selva baja subcaducifolia
SB 14	467867	2257509	Selva baja subcaducifolia
SB 15	467807	2257462	Selva baja subcaducifolia

Cuadrante	Latitud	Longitud	Vegetación
SB 16	467819	2257241	Selva baja subperennifolia
SB 17	468001	2257413	Selva baja subperennifolia
SB 18	468047	2257179	Selva baja subcaducifolia
M 1	468294	2257320	Manglar rojo chaparro
V.A. 3	468294	2257320	Vestigio arqueológico en manglar rojo chaparro
SB 19	468209	2257358	Selva de transición
M 5	468972	2257914	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
MC 2	469003	2257896	Matorral costero
M 6	468877	2257806	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
MC 3	468877	2257806	Matorral costero
MC 4	468723	2257682	Selva de transición
MC 5	468815	2257622	Matorral costero
M 7	468575	2257672	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M8	468587	2257677	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M 9	468608	2257629	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M 10	468617	2257622	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M 11	468644	2257572	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M 12	468649	2257570	Mangle mixto
M 13	468602	2257516	Manglar mixto
MC 6	468601	2257515	Matorral costero
M 14	468429	2257124	Mangle mixto
V.A. 4	468473	2257020	Vestigio arqueológico en matorral costero
M 15	468457	2257030	Mangle mixto
M 16	468457	2257030	Mangle mixto
M 17	468457	2257030	Mangle mixto
M 18	468457	2257030	Mangle mixto
M 19	469037	2258189	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
M 20	469121	2258283	Manglar de cuenca de <i>R. mangle</i>
Desmonte	468731	2258450	Zona desmontada

Figura 8. 20. Ubicación de los puntos de muestreo en la mitad norte (arriba) y mitad sur (abajo) del predio DTGS.



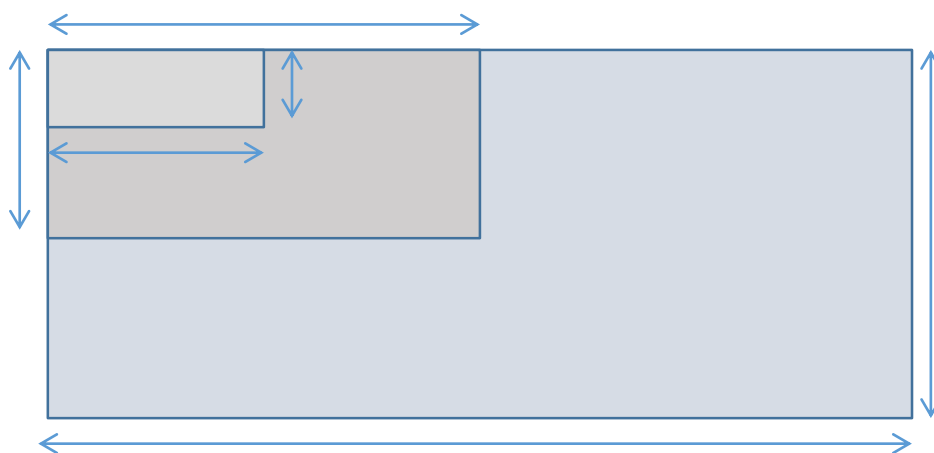
El muestreo se consideró significativo con base en la superficie por tipo de vegetación que fue muestreada, así como en la curva de especies/área para cada tipo de asociación vegetal.



- Selva

Para el caso de la selva subperennifolia y subcaducifolia, en cada punto de muestreo se trazó un cuadrante A de 20 x 10 m (200 m<sup>2</sup>) dentro del cual se registraron todos los ejemplares mayores a 3 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); en una de las dos esquinas al norte dentro de este cuadrante principal se trazó un cuadrante B de 5 x 10 m (50 m<sup>2</sup>), donde se registraron los ejemplares con DAP menores a 3 cm y alturas mayores a 1.0 m; en un tercer cuadrante de 2x5m (10m<sup>2</sup>) dentro del cuadrante B se identificaron las especies del estrato herbáceo o menores de 1 m de altura, así como las epífitas. Los bejucos se incluyeron dentro del estrato herbáceo únicamente si su raíz emergía de alguna zona dentro del cuadrante, en cuyo caso se anotó únicamente su especie, en caso contrario no fueron registrados (Figura 8. 21).

**Figura 8. 21.** Diagrama que muestra la disposición y dimensiones de los cuadrantes realizados en cada punto de muestreo de la vegetación de selva subperennifolia y subcaducifolia. En el cuadrante A se registraron individuos mayores a 3 cm de DAP; en el cuadrante B se registraron los individuos menores a 3 cm de DAP y mayores a 1.0 m de altura; en el cuadrante C se identificaron las especies del estrato herbáceo y epífitas.



Los datos que se registraron en el cuadrante A fueron la especie, el DAP (1.3 m de altura), la altura del individuo y su condición general. En el cuadrante B se registraron los mismos datos con excepción del DAP, el cual se sustituyó por el diámetro al cuello (DC), es decir, en el punto donde comienza el tronco al nivel del suelo. En el cuadrante C solo se registró el número de individuos de cada especie.

- Matorral costero y selva de transición o ecotono

En el caso de estos tipos de vegetación la metodología empleada fue muy similar a la de la selva, con la diferencia de la superficie a muestrear. Para el matorral costero y la selva de transición el cuadrante A fue de 10x10 m (100m<sup>2</sup>), el B fue de 5x5 (25 m<sup>2</sup>) y el C fue de 1x1 (1m<sup>2</sup>). En cada cuadrante se registraron los mismos datos y bajo los mismos criterios que en el caso de las selvas.

- Manglar

Debido a que el manglar encontrado en el predio consistió en su mayor parte en una asociación monoespecífica de baja altura y alta densidad, y considerando que todas las especies de manglar en el país se encuentran protegidas por ley, se aplicó una metodología que no requiere internarse

grandes tramos entre la vegetación por lo que reduce el tiempo de muestreo y no daña al ecosistema en cuestión. Este método consistió en lanzar al manglar un cuadrante de PVC de 1 x 1 m. En el área donde cayera el cuadrante se midió el diámetro de todas las ramas principales, cuidando no confundirlas con las raíces, y se anotó la especie y la altura.

- Vegetación halófila

Para la vegetación halófila que se desarrolla sobre la playa rocosa. Para estimar la riqueza específica, así como la altura y densidad promedio se utilizó un cuadrante de 1 x 1 m, se registraron las especies que se encontraban dentro y se midió la altura y cobertura. Se registraron 15 cuadrantes distribuidos a lo largo de toda la playa rocosa dentro del predio.

Las especies encontradas durante el muestreo en cualquier tipo de vegetación y que no se identificaron en campo se describieron en forma detallada en la libreta de campo, se fotografiaron sus hojas, corteza y flores o frutos, en caso de presentarlos y se colectó una muestra, con flores o frutos preferentemente, para su posterior identificación. Las muestras colectadas se compararon con otras conservadas especialmente para este fin, obtenidas de diversas áreas del estado y que están plenamente identificadas.

En caso de no contar con un ejemplar herborizado e identificado parecido a la muestra, se consultaron libros descriptivos de las especies vegetales de la zona, así como claves de identificación y el herbario virtual del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY). La información taxonómica y los datos sobre toponimia (nombre común utilizado localmente) se apoyaron en las publicaciones de Cabrera *et al.* (1982), Pulido y Serralta (1993), Durán *et al.* (2000 a y b), Escalante (2000), Sánchez (2000) y Orellana *et al.* (2001). Las especies se agruparon de acuerdo a la clasificación de Arellano *et al.* (2003).

#### 8.11.1.2 Metodología de la estimación de índices y parámetros

Los registros de campo fueron organizados en una base de datos utilizando la hoja de cálculo de Excel de Windows; asimismo, todos los análisis estadísticos fueron realizados con este software.

Para el estrato arbóreo se estimó el área basal (AB) de la población mediante la siguiente fórmula:

$$AB = 0.7854 * d^2$$

Donde: d = Diámetro registrado a 1.30 m (DAP)

Posteriormente se calcularon los parámetros de densidad, frecuencia y cobertura según las definiciones de Begon *et al.* (1990). La cobertura se calculó a partir del AB; la densidad se consideró como el número de individuos por unidad de superficie; y la frecuencia se manejó como el número de unidades de muestreo en que apareció cierta especie con relación al número total de cuadrantes. Todos estos parámetros se relativizaron mediante las fórmulas siguientes:

$$Ci = ABi / ABt \times 100$$

donde Ci = Cobertura relativa de especie i

ABi = Suma del AB de todos los individuos de la especie i

ABt = Suma del AB de todos los individuos registrados

$$Di = Ni / Nt \times 100$$



donde  $D_i$  = Densidad relativa de especie  $i$   
 $N_i$  = Número total de individuos de la especie  $i$

$N_t$  = Número total de individuos registrados

$$F_i = C_i / C_t \times 100$$

donde  $F_i$  = Frecuencia relativa de la especie  $i$   
 $C_i$  = No. de cuadrantes en los que se registró la especie  $i$ .

$C_t$  = No. de cuadrantes totales

Al sumar los datos de cobertura, densidad y frecuencia relativas de cada especie se obtuvo el Valor de Importancia Relativa (V.I.R.) de dicha especie.

$$\text{Valor de Importancia Relativa } i \text{ (V.I.R.)} = C_i + D_i + F_i$$

Para los individuos registrados en el estrato herbáceo no se calcularon índices ni parámetros.

El Área Basal (AB) de cada individuo se obtuvo a partir de la suma de las áreas basales de todos sus fustes, y el AB de cada especie se obtuvo a partir de los valores de AB de todos los individuos encontrados en cada estrato dentro del predio.

El número de individuos por metro cuadrado se obtuvo a partir del cálculo del número de individuos encontrados en cada estrato dividido entre la superficie correspondiente al número de cuadrantes en donde se registraron.

Se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H), el cual se define como la sumatoria de los productos de la abundancia de cada especie por el logaritmo natural de dicha abundancia. Cuanto más grande es su valor, mayor es la diversidad de una comunidad (Begon et al. 1990, Moreno 2001, Carabias et al. 2009). El Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H) se calculó según la fórmula dada por Begon et al. (1990):

$$H = -\sum P_i (\ln P_i)$$

donde  $P_i$  = Densidad relativa de la especie  $i$  (no. de individuos de la especie  $i$  entre el número total de individuos registrados).

$\ln P_i$  = Logaritmo natural de la densidad relativa de la especie  $i$

Para complementar el análisis se calculó el valor de Equitabilidad ( $J'$ ), el cual refleja qué tan cerca está el valor de la comunidad de estudio del valor máximo que podría obtenerse si las abundancias de todas las especies fueran iguales. Su valor puede ir de 0, cuando la diversidad de la comunidad de estudio está lo más alejada posible del valor máximo; a 1, cuando la diversidad de la comunidad de estudio es igual al valor máximo posible (Begon et al. 1990, Moreno 2001, Carabias et al. 2009). La fórmula de la Equitabilidad es la siguiente (Begon et al. 1990):

$$J' = -\sum P_i \ln P_i / \ln S \quad \text{ó}$$

$$J' = H / H_{\max}$$

donde  $S$  = Riqueza de Especies (número de especies presentes)

$H$  = Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

Por último y solo para el caso de las selvas, se agruparon los datos de DAP o DC en seis categorías cuyo rango varió dependiendo del tipo de selva y del estrato del que se tratara. Se graficó el número de individuos por rango para obtener un histograma que reflejara la estructura diamétrica del tipo de vegetación y estrato correspondiente. Este análisis no se realizó para los datos de altura debido a que se identificó un número considerable de ejemplares arbóreos creciendo ladeados o a partir de troncos desgajados que representan una condición diferente al resto y podrían sesgar los resultados de la distribución de frecuencias de altura.

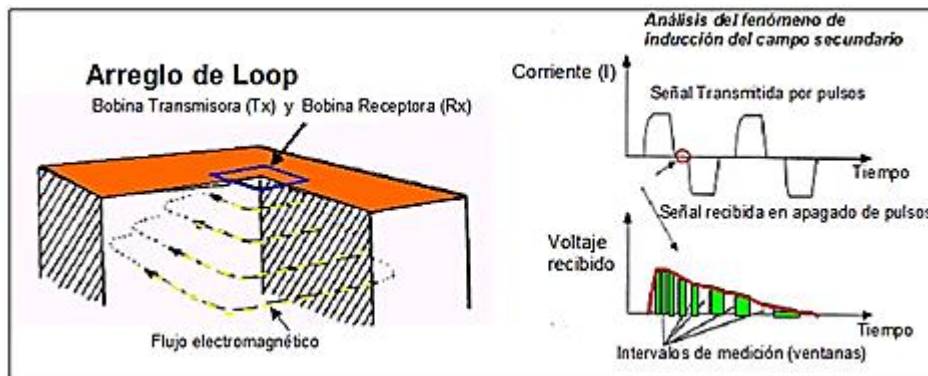
## 8.12 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

### 8.12.1 Levantamiento geofísico

Con el método electromagnético (TEM) se pretende mostrar una distribución del subsuelo en términos de homogeneidad basados en la caracterización resistiva. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, es posible obtener una imagen lo más real posible de las condiciones del subsuelo. En las secciones del subsuelo es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) debidas a estructuras geológicas, cambios de facies y fracturamiento de la roca, donde además la presencia del agua influye en el valor medido, provocando cambios importantes en la resistividad (que es el parámetro experimental de campo que se mide).

Particularmente para este proyecto, la técnica del TEM (sondeo transitorio electromagnético), consistió en utilizar una espira o bobina que está construida por un cable en forma de cuadro con dimensión de 25x25 y 50x50 metros, con arreglo de "Single Loop" (**Figura 8. 22**), es decir donde únicamente se utiliza una bobina, la cual actúa en ciertos instantes de tiempo como transmisora de la señal y en otros es receptora, con una resistencia de 2.1 ohms en el circuito, para lo cual se utilizó un cable de fabricación canadiense de 110 hilos; con estas características del arreglo se logró una intensidad de corriente de 5.3 amperes, esto para cumplir con la profundidad de investigación propuesta.

Figura 8. 22. Arreglo de loop utilizado en los sondeos.



Con este arreglo se realizaron una serie de pruebas que consistieron en variar parámetros tales como:

- Pruebas de la resistencia del circuito de transmisión y recepción

- Análisis de la intensidad de corriente circulante
- Análisis de ruido y respuesta del equipo con diferentes ganancias
- Análisis de la penetración de la señal en el subsuelo (profundidad de investigación)
- Análisis de la repetitividad de la respuesta medida por el equipo
- Apilamiento de la señal con promedios de 128, 256, 512 y 1024 muestras

Las pruebas y análisis anteriores se hicieron en dos sitios, de tal manera que fueran representativos de las condiciones generales esperadas. Estas pruebas produjeron como resultado que el arreglo denominado "loop coincidente" cumple con las especificaciones establecidas en el contrato, usando tendidos de dimensiones de 25 y 50.

Debido a que el proyecto turístico se ubica cerca de la línea de costa, es necesario delimitar la zona de interfase salina, para seleccionar sitios favorables para extracción de agua y ubicar los mejores sitios para Pozos de inyección de salmuera y agua tratada residual. Lo anterior, requiere de un estudio que pruebe y justifique la calidad y volumen de agua salobre disponible, para solicitar y recibir la concesión de agua salobre de parte de la CONAGUA.

Con la finalidad de caracterizar las propiedades eléctricas del subsuelo en el área de estudio, se utilizó el método geofísico de sondeos electromagnéticos en el dominio del tiempo (TEM's) que ha mostrado a la fecha mayor eficiencia para fines de prospección de agua subterránea. **Se realizaron 36 sondeos electromagnéticos (TEM's)**, con una separación de 100 a 200 m entre sondeos, buscando igualmente lograr una profundidad teórica de entre 200 y 300 m, poniendo especial interés en zonas de mayor beneficio hidrogeológico que permitan definir las características geométricas y físicas del acuífero de esta zona, en la

**Tabla 8. 25** se presentan las coordenadas de los TEM's realizados en campo y en la **Figura 8. 23** la ubicación de la distribución de los sondeos realizados en campo.

Con el método electromagnético (TEM's) se pretende mostrar una distribución del subsuelo en términos de homogeneidad basados en la caracterización resistiva. Debido a la gran resolución vertical que se obtiene con esta técnica, es posible obtener una imagen lo más real posible de las condiciones del subsuelo. En las secciones del subsuelo es posible observar las heterogeneidades (zonas anómalas) debidas a estructuras geológicas, cambios de facies y fracturamiento de la roca, donde además la presencia del agua influye en el valor medido, provocando cambios importantes en la resistividad (que es el parámetro experimental de campo que se mide). Con la interpretación de los perfiles geofísicos y la integración de la litología de barrenos que se recopile, se podrá obtener:

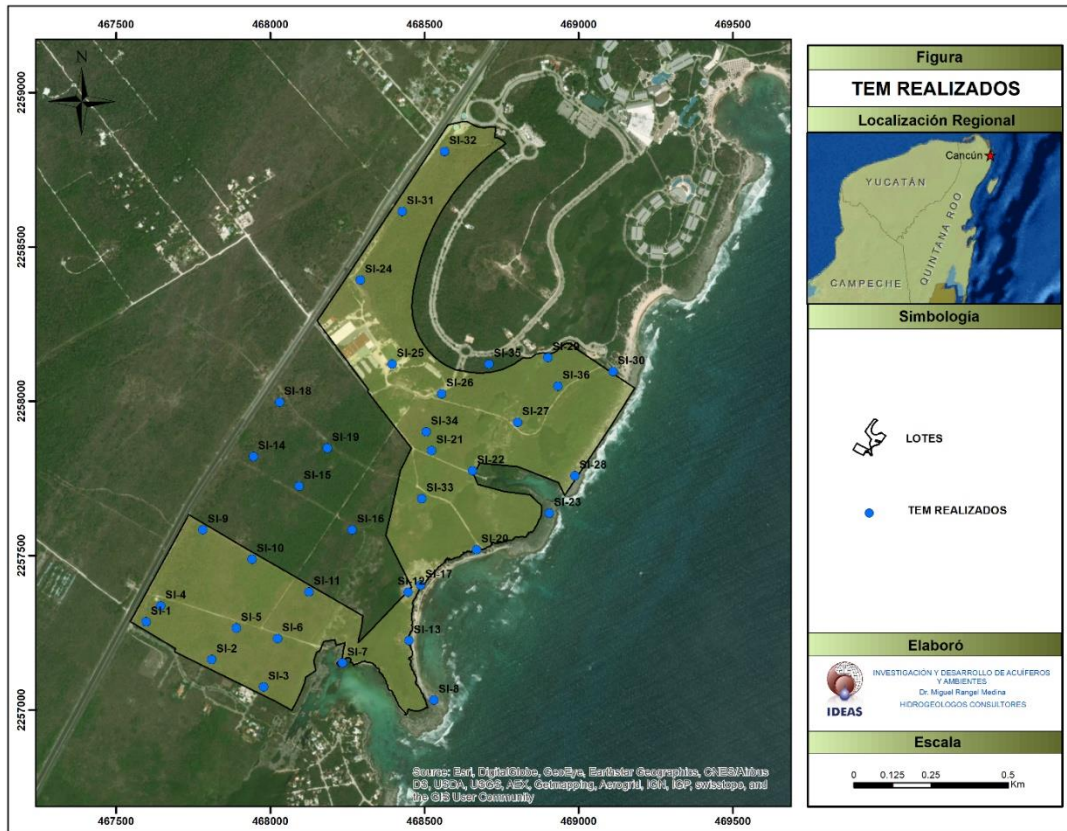
- a. La geometría de los patrones estructurales.
- b. Elaboración de perfiles hidrogeológicos y modelos 3D.
- c. Ubicación de sitios para la construcción de pozos de abastecimiento y pozos de inyección de salmuera.

**Tabla 8. 25.** Coordenadas finales de los sondeos electromagnéticos realizados en el área del proyecto, (Datum WGS-84).

CLAVE	X	Y	Z
SI-1	467597.406	2257284.25	8
SI-2	467810.469	2257162.25	5
SI-3	467978.219	2257073.75	5
SI-4	467644.313	2257336.5	9
SI-5	467889.969	2257264.25	6
SI-6	468024.031	2257230.5	5
SI-7	468234.344	2257151	0
SI-8	468531	2257031.5	1
SI-9	467781.688	2257582.25	8
SI-10	467941.094	2257487.25	5
SI-11	468125.906	2257381.75	5
SI-12	468447.762	2257380.78	1
SI-13	468449.75	2257224	2
SI-14	467946.25	2257820.75	7
SI-15	468093.656	2257723.75	5
SI-16	468265.844	2257582.25	4
SI-17	468487.75	2257403.75	1
SI-18	468030.344	2257996.25	9
SI-19	468185.719	2257847.25	5
SI-20	468669.469	2257517.75	2
SI-21	468523.188	2257839.75	7
SI-22	468656.125	2257774.5	2
SI-23	468905.094	2257636.75	2
SI-24	468292.375	2258391.5	14
SI-25	468394.875	2258119.75	10
SI-26	468555.844	2258023.25	8
SI-27	468802.653	2257931.36	3
SI-28	468988.531	2257757.5	2
SI-29	468900.906	2258141	3
SI-30	469112.344	2258095.75	4
SI-31	468427.844	2258614.5	14
SI-32	468566	2258808.5	12
SI-33	468491.188	2257684	2
SI-34	468505.875	2257900	7
SI-35	468709.844	2258119.5	8
SI-36	468933.594	2258048.25	4

CLAVE	X	Y	Z
C-1	469341.75	2258362.75	2
C-2	469357.219	2258347.75	2
C-3	469365.75	2258392.5	3
C-4	469384.781	2258380.5	2
C-5	469375.844	2258413.75	3
C-6	469394.281	2258405	2
C-7	469018.531	2257806.75	3
C-8	469055.094	2257864.75	3
C-9	469064.625	2257896.75	4
C-10	469087.625	2257932	4
C-11	469129.813	2257986.25	3
C-12	469142.75	2258023	2

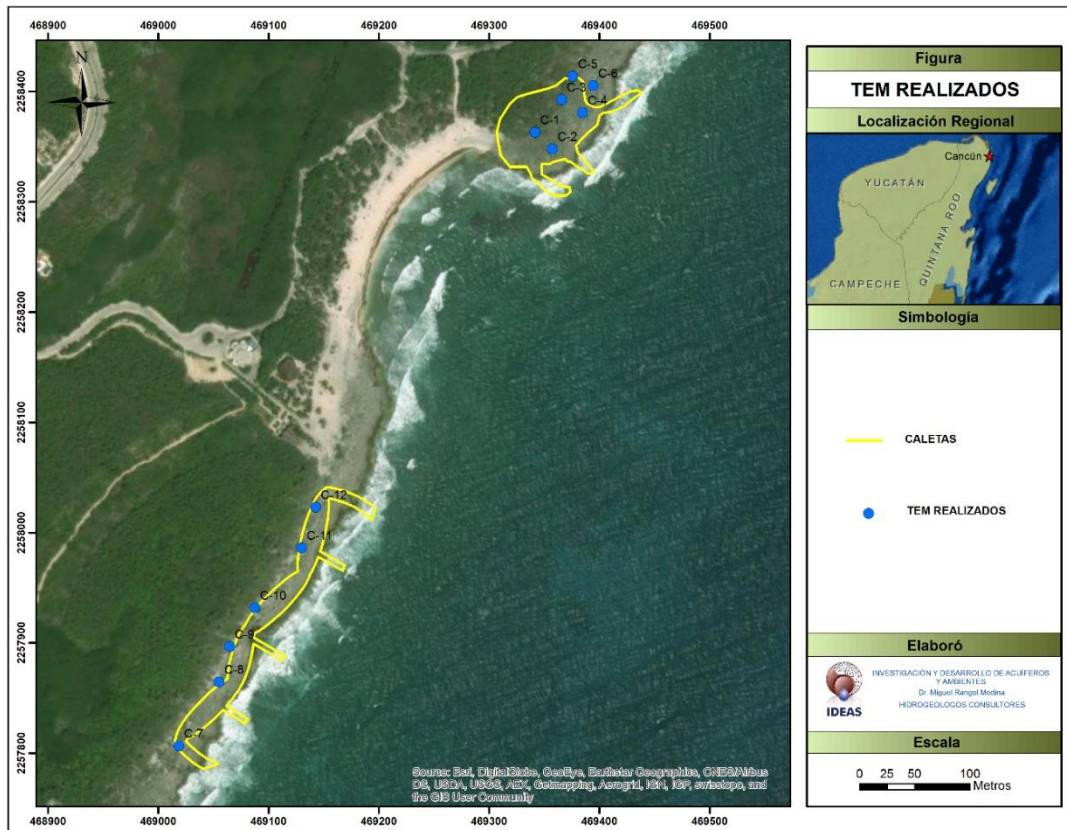
**Figura 8. 23.** Localización de los sondeos electromagnéticos realizados respecto al polígono del área de estudio.



Para conocer a detalle las condiciones hidrogeológicas donde se realizarán las caletas artificiales, se realizaron **6 sondeos electromagnéticos (TEM's), en la caleta sur y 6 TEM's en la caleta norte (Figura 8. 24)**, con una separación de 50 m entre sondeos, buscando igualmente lograr una profundidad teórica de entre 100 m, de esta manera se definirán las características geométricas y físicas del acuífero de esta zona.



**Figura 8. 24.** Localización de los sondeos electromagnéticos realizados en los polígonos de caletas del área de estudio.



A continuación, en la Figura 8. 25 se presentan algunos sitios donde se realizaron los sondeos electromagnéticos en campo, a partir del recorrido realizado conforme al avance de los TEM's ejecutados.

**Figura 8. 25.** Levantamiento de sondeos electromagnéticos.

Sondeo SI-10



Sondeo SI-11



Sondeo SI-18



Sondeo SI-18



### 8.12.2 *Procesado de la información y modelación (Modelos).*

El procesado de los registros se efectuó en las siguientes etapas, para cada sondeo y fueron:

- Transferencia de los registros del equipo TEM -FAST a la PC.
- Edición de las curvas registradas con cada ganancia para obtener una curva final de nV/AMP contra tiempo (curva de decaimiento).
- Conversión de la curva de decaimiento a Resistividad Aparente vs Tiempo
- Cálculo del modelo estratificado
- Cálculo del modelo suavizado (inversión Occam)
- Impresión gráfica del modelo unidimensional
- Transferencia de las curvas y los modelos generados al software WINGLINK
- En Winglink, formación de la base de datos
- Elaboración de secciones de isorresistividad e impresión de resultados gráficos.

Todas las etapas del proceso anterior se realizaron en oficina, y los datos de campo fueron analizados el mismo día que fueron adquiridos, para conocer la calidad de la información.

Para la ubicación de los sitios de medición, se utilizó un equipo de geoposicionamiento, empleando para ello un GPS marca GARMIN, el cual nos proporciona, para cada sitio de medición, sus coordenadas geográficas (X, Y).

En el proceso de los datos se siguieron los estándares internacionales que se aplican para este fin, utilizando software y equipos de patente, de los cuales tenemos versiones originales, para ello podemos citar el siguiente equipo y software:

- Equipo TEM-FAST
- Programa IX1D para el proceso primario de los datos

- Programa WINGLINK para utilizarlo como base de datos y formar secciones y mapas de resistividad.

El proceso de los datos, para cada sondeo, consiste en:

Obtener un modelo unidimensional, partiendo de la curva de resistividad aparente, la cual es procesada en una primera etapa mediante el modelado por capas planas, siguiendo el método clásico de prueba y error, en el que se propone un cierto número de capas, dependiendo de las inflexiones de las curvas y los tiempos en los que ocurren las inflexiones.

Una segunda etapa en el proceso de la curva de resistividad aparente es aplicar una regresión tipo Occam, con lo cual se logra obtener un modelo multicapas (19 capas) para integrar secciones y simular un comportamiento bidimensional de la sección. A continuación, se describe cada proceso.

#### Modelo Suavizado

El procesamiento de los datos consistió en obtener los modelos suavizados mediante una regresión tipo Occam, en la que se propone una resistividad inicial y una final, basada en los datos de campo.

El algoritmo requiere de un número de capas inicial, un valor de ajuste al que se quiere llegar y un número máximo de iteraciones, estos tres últimos parámetros no intervienen en la obtención del modelo suavizado, por lo que este sólo depende de los valores de resistividad de campo, y en el uso de la regresión Ridge, para encontrar un modelo que cumpla con el error marcado en el ajuste o con el mínimo error posible

#### Modelo Unidimensional

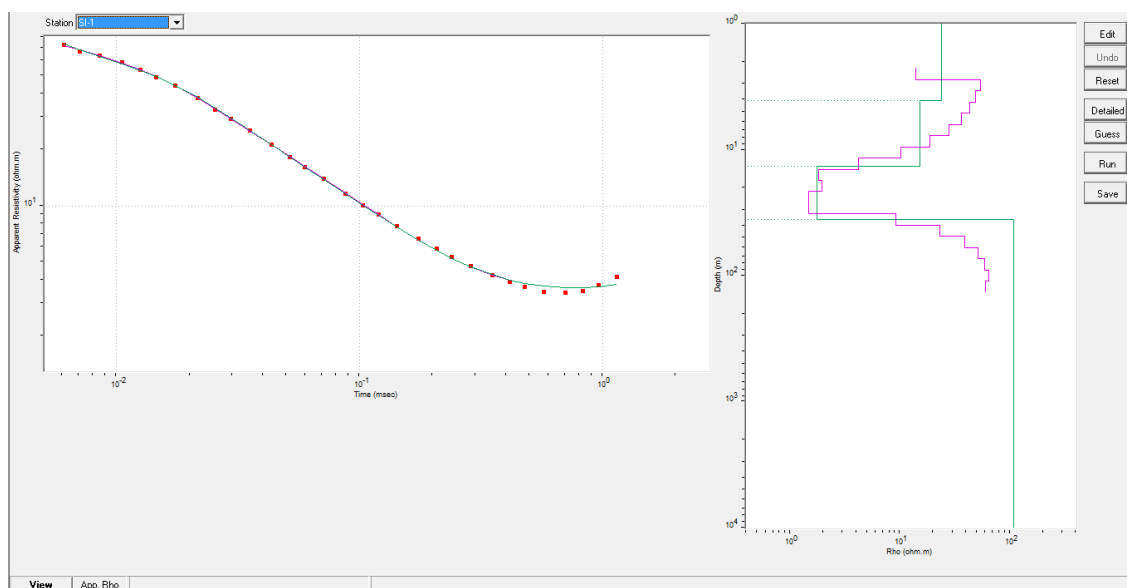
Los datos fueron también procesados por el modelado por capas o unidimensional. Se hizo siguiendo el método clásico de prueba y error, en el que se propone un cierto número de capas, dependiendo de las inflexiones de la curva de campo, las pendientes de la curva y los tiempos a los que ocurren las inflexiones. Se aprovechó la facilidad del paquete TEMIXS que permite la interacción con la computadora en un proceso conocido como interpretación interactiva.

Este proceso posibilita que el intérprete modifique los parámetros del modelo y presenta el cálculo de las curvas teóricas de las modificaciones realizadas, esta característica hace que el ajuste del modelo sea rápido.

Una vez que se ha obtenido un ajuste aceptable, el modelo generado se somete a una regresión automática con las técnicas de Ridge y de Marquardt con algoritmos de aproximación de tipo Anderson para obtener, por inversión, el mejor ajuste bajo el criterio del error cuadrático medio mínimo.

Los modelos obtenidos, son sometidos a un nuevo proceso para obtener una serie de modelos equivalentes que cumplan con el mismo error de ajuste. Los modelos equivalentes posibilitan establecer el intervalo de variación de los espesores y resistividades en cada capa del modelo original con fines de correlación electroestratigráfica.

A continuación, se muestra el procesamiento en forma de gráficas interpretadas de algunos sitios de medición (**Figura 8. 26**), así como se muestra la interpretación de los datos tomados en campo en forma de gráficas para cada sitio de medición.

**Figura 8. 26.** Curva de Resistividad Aparente, Sondeo SI-1.






### 8.12.3 Unidades Resistivas

Conociendo dicha distribución, las características geológicas superficiales, y algunos datos del subsuelo en áreas aledañas, fue posible caracterizar el sistema hidrogeológico y proponer sitios de interés para llevar a cabo una exploración directa. La distribución de las resistividades obtenidas en el subsuelo dentro de esta área, tanto del área Sirenis como del área Caletas, permitieron identificar un total de 5 unidades resistivas, una de las cuales presentó rangos de variación internos, por lo que a su vez se delimitaron varias divisiones dentro de ésta (Figura 8.27).

Los rangos de valores de resistividad utilizados para definir las diferentes unidades, no necesariamente son fijos, ya que al momento de la interpretación geoelectrica, y de acuerdo a su distribución en los perfiles, éstos pueden llegar a tener pequeñas variaciones. Asimismo, los contactos entre diferentes materiales se identifican en la zona de inflexión, entre los valores más altos y más bajos, o a la profundidad donde los valores en el sondeo se repiten; estos cambios o particularidades de resistividad marcan cambios en las condiciones de granulometría o litologías en el subsuelo.



Figura 8. 27. Tabla resistiva del área de estudio

TABLA DE RESISTIVIDAD		
UNIDAD	INTERVALO RESISTIVO	INTEPRETACIÓN GENÉRICA
U1	VARIABLE	Relleno superficial, suelo y materiales no saturados
U2	 15 a 40	Constituida predominantemente por areniscas
U3	 menor a 10	Constituida predominantemente por arcillas y limos
U4	(a)  menor a 15	Zona con disolución en la roca.
	(b)  15 a 40	Rocas carbonatadas
U5	 > 40	Basamento rocoso
Nota: Se presenta una asociación litológica general que considera la relación típica entre la resistividad, tipo de fracturamiento en la roca y los materiales granulares. Puede presentarse excepciones.		

La anterior describe las unidades resistivas diferenciadas a partir de los resultados de la prospección geofísica electromagnética. Se observa, en general, una distribución de resistividades muy bajas con la profundidad (>40 Ω\*m), lo que hace que los rangos entre unidades diferenciadas sean muy sesgados; esta característica hace compleja la interpretación y correlación litológica.

La **Unidad 1 (U1)** Representa las resistividades más sub-superficiales en la mayoría de los perfiles del área Sirenis, tiene un espesor variable y sus rangos de resistividad van desde los 8 Ω\*m hasta mayores de 170 Ω\*m. Representa unidades de suelo y sedimentos de granulometría muy variada, generalmente no consolidados ni saturados; localmente se presentan cuerpos con concentraciones de resistividades mayores a los 100 Ω\*m, los cuales eventualmente corresponden a canales activos y/o inactivos.

La **Unidad 2 (U2)**, Con un rango de resistividad entre los 15 y 40 Ω\*m, se propone que esta unidad resistiva identifica sedimentos no consolidados predominantemente arenosos que se extienden lateralmente en el subsuelo a lo largo de la porción costera.

En la **Unidad 3 (U3)**, Es una unidad que presenta resistividades menores a los 10 Ω\*m que se presentan en la porción basal de la Unidad U2, y representa sedimentos no consolidados de una granulometría fina dominados por limos y arcillas. Eventualmente valores menores a 1 Ω\*m pudieran corresponder a zonas con presencia de agua salada.

La **Unidad U4:** Está representada por resistividades que se incrementan a profundidad por debajo de la unidad U3, generalmente entre 15 y 40 Ω\*m, y se asocia a la unidad carbonatada terciaria que se tiene aforando ampliamente en la región. Esta unidad fue dividida en 2 sub-unidades.

- **sub-unidad U4a:** presenta resistividades menores a los 15 Ω\*m que se identifican en la mayoría de los perfiles infrayaciendo a la unidad U3; se asocia a una porción de la unidad carbonatada afectada por la disolución.
- **sub-unidad U4b:** Son valores resistivos entre 15 y 40 Ω\*m a mayor profundidad que la unidad U2, representando a la secuencia carbonatada más compacta



En la **Unidad U5**: Está caracterizada por resistividades mayores a los  $40 \Omega^*m$  que regularmente se encuentran en las porciones basales de los diferentes TEM; probablemente represente un basamento rocoso más compacto y sano.

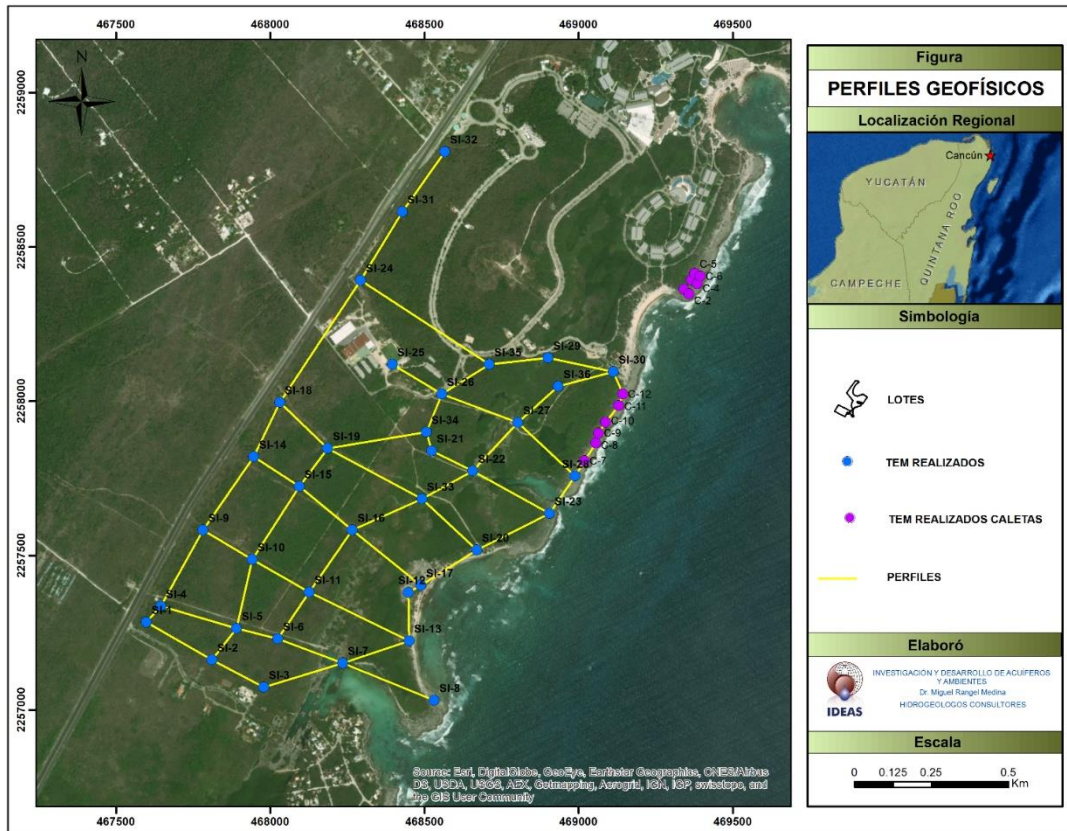
Es importante mencionar que la correlación granulométrica y litológica de los rangos de resistividad para cada una de las unidades resistivas propuestas, pueden eventualmente estar sujetos a verificación mediante exploración directa. Lo que el proceso del análisis e interpretación de los TEM ofrece como resultado cuantitativo, únicamente son valores de resistividad del subsuelo, y no es posible obtener valores de otros parámetros tales como porosidad de la roca, o contenido mineralógico; aun así, se pueden realizar inferencias y modelos de ciertas condiciones geológicas y calidad de agua en función de la información de trabajos previos consultada

Los rangos en los valores de resistividad aquí utilizados para definir las diferentes unidades resistivas, no necesariamente son fijos, ya que al momento de la interpretación geoelectrica, y de acuerdo a su distribución en los perfiles, éstos pueden llegar a tener pequeñas variaciones. Asimismo, los contactos entre diferentes materiales se identifican en la zona de inflexión, entre los valores más altos y más bajos, o a la profundidad donde los valores en el TEM se mantienen repetitivamente; estos cambios o particularidades de resistividad marcan cambios en las condiciones de granulometría o litologías en el subsuelo. Por su parte, este método geofísico (TEM), identifica las estructuras en los puntos de interrupción de las anomalías resistivas, al ser éstas las que definen la presencia de los materiales compactos y sanos. La interrupción en la alta resistividad puede ser producto de la presencia de una discontinuidad por la cual ha podido circular agua y ha disuelto parte del material, dejando incluso depósitos arcillosos en las juntas lo que hace disminuir la resistividad y definir así la traza de una estructura, o bien, la presencia de una caverna.

#### **8.12.4 Perfiles Resistivos (Zona Sirenis)**

Con los TEM se realizaron una serie de perfiles que cubren el área de estudio, algunos propuestos para la zona Sirenis y otros para cubrir la zona Caletas. La siguiente **Figura 8. 28**, muestra la distribución de los perfiles que se elaboraron.

Figura 8. 28. Mapa de ubicación de perfiles.



### 8.12.5 Geología estructural del subsuelo del predio (Inferida por geofísica)

Para la caracterización estructural del predio, se utilizó el plano de resistividades a una elevación de -130 msnm (Figura 8. 29), se observa que dentro del área existe una concentración de resistividades bajas (color azul), asumiéndose como una zona de disolución de la roca. El resto del área se encuentra sobre un macizo rocoso donde domina un fracturamiento moderado, evidenciado por la distribución de resistividades medias a ligeramente altas (Color verde y amarillo).

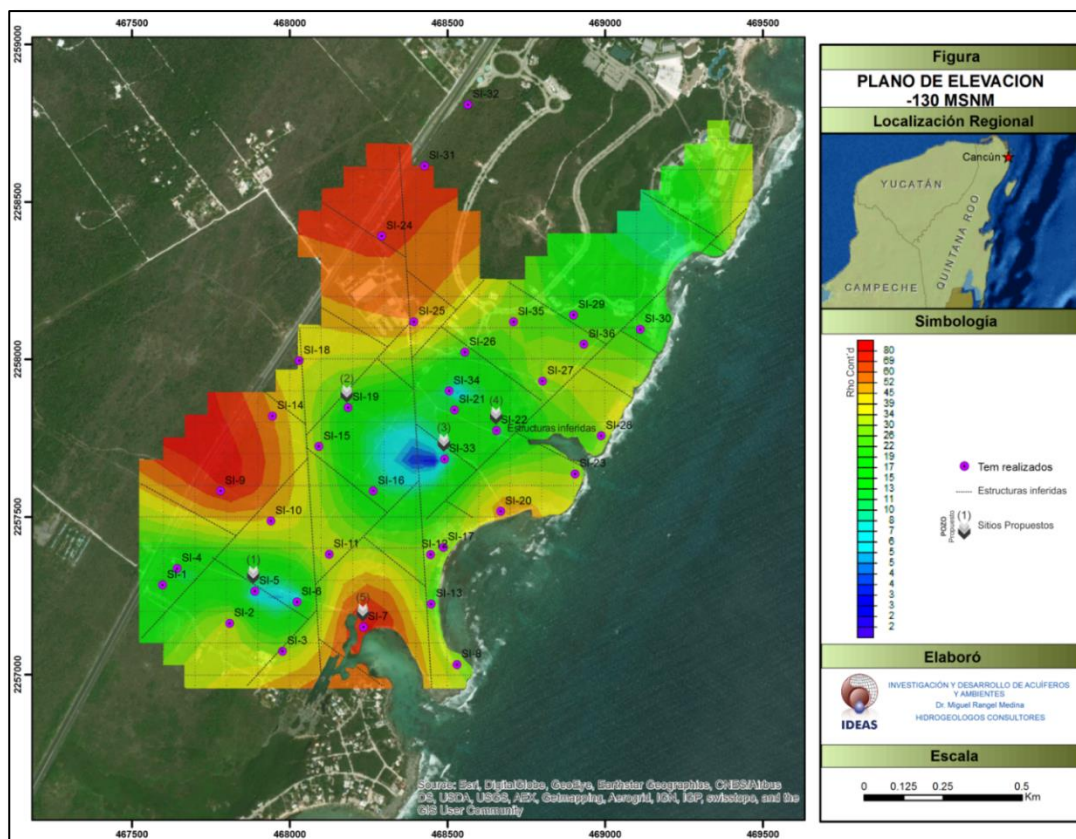
Las secuencias que se encuentran aflorando en los alrededores del área estudiada son predominantemente carbonatadas del Mioceno-Plioceno, así como algunos depósitos cuaternarios de origen lacustres, palustres y de litoral, en los cuales, apoyados en el análisis de imágenes satelitales (Lemus-Bustos, 2005), se identificaron algunos lineamientos estructurales.

La zona de alto fracturamiento se presenta de forma alargada con dirección noroeste – sureste, con una longitud de 2 km y una anchura de 500 metros, y se ubica en la parte central del área de estudio. La zona con fracturamiento moderado se encuentra unida a la zona anterior por el margen noreste, y presenta dimensiones similares. También se encontró roca de este tipo al límite sur del área, a 2 km de la línea de costa. La zona con el basamento sano, se presenta en contacto por el lado noreste, con las dos zonas con fracturamiento moderado. La roca sana es de suma importancia hidrogeológica pues actúa como barrera impermeable que impide el intercambio de agua salada del mar y agua dulce del continente.

La interpretación de los valores resistivos en el plano permite identificar las distintas estructuras que interactúan en el área. A partir de la asociación de las zonas de baja resistividad en el plano, puede observarse la presencia de dos grupos estructurales con dirección NE-SW así como fallas orientadas NW-SE, destacando las familias de fallas N-S, las cuales se reconocen con mayor facilidad.

Asimismo, debe mencionarse que los sitios propuestos para el estudio procuran alcanzar el basamento rocoso con disolución, ya que la distribución y conjunción de distintas familias de fallas y la relación de estas con los bajos resistivos incrementa la posibilidad de que los sitios sean exitosos.

Figura 8. 29. Geología estructural inferida por geofísica.



### 8.12.5.1 Modelo geofísico

Los perfiles de resistividad dentro del área estudiada fueron integrados en un modelo tridimensional, con el objetivo de mostrar con mayor claridad gráfica, la expresión y observación de los resultados. (Figura 8. 30).

El modelo se caracteriza por una distribución homogénea de la resistividad en función de la profundidad, en la cual se diferencian una capa de valores resistivos muy bajos y debajo de ella, valores medios; se observan magnitudes de resistividad máximas o mínimas puntuales o significativas.



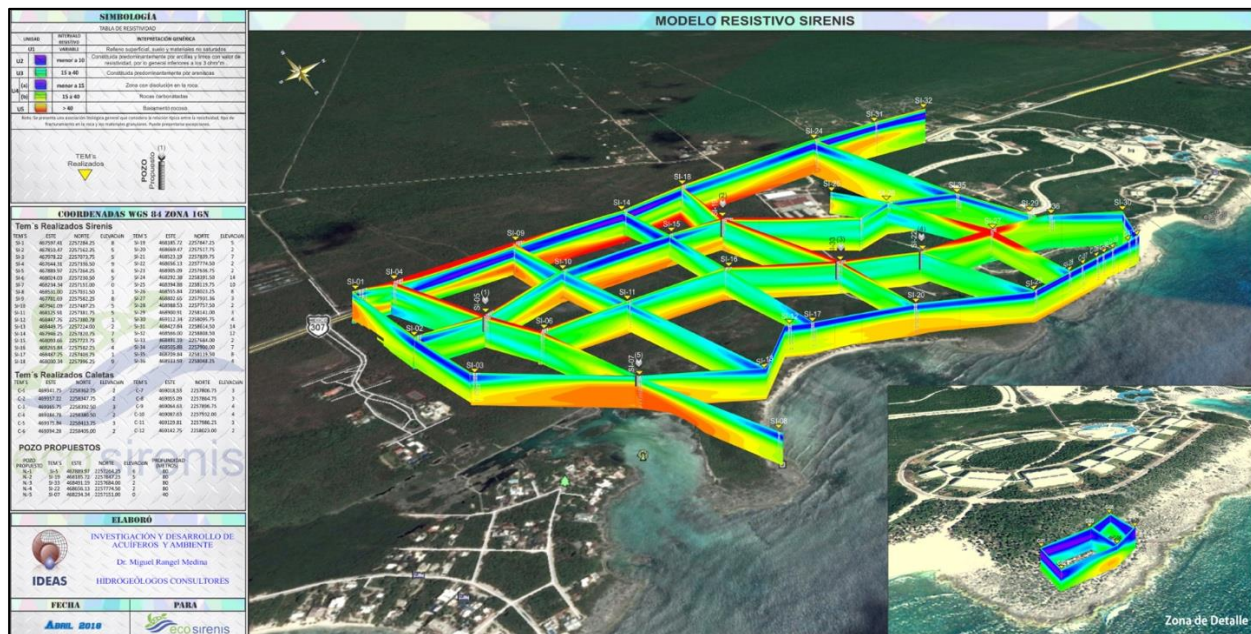
La interpretación general del modelo resistivo sugiere como característica general la presencia del relleno sedimentario de origen costero granulometría predominantemente fina, con una profundidad máxima de unos 60 m, además, superficialmente se tienen concentraciones de resistividades altas que eventualmente representan canales inactivos y/o activos. Su basamento carbonatado también se tiene constituido por bloques limitados por fallas normales, y eventualmente afectado por disolución.

El modelo muestra la ubicación de sectores con valores muy bajos de resistividad ( $< 5 \Omega \cdot m$ ), en profundidad ( $> 80$  m), los cuales se han identificado como rocas muy fracturadas, posiblemente originadas a partir de la intensidad del fallamiento normal. Es en estas ubicaciones donde se han localizado dos de los pozos propuestos en esta zona, los pozos propuestos, los cuales evitan a su vez, material aluvial arcillo-limoso.

En casi todo el modelo resistivo, también se tiene una zona de resistividades bajas con un rango de 6 a 15  $\Omega \cdot m$  (Sub-unidad U4a) que se tiene por debajo de aquellas que caracterizan a la unidad U3. Se propone que estas resistividades corresponden a una porción del basamento carbonatado con un alto grado de disolución y/o fracturamiento. La sub-unidad U4b por su parte, tiene resistividades mayores de entre 20 y 37  $\Omega \cdot m$ . La unidad U5 es la que presenta las resistividades más altas en el subsuelo, dominando los límites del perfil con resistividades entre 40 y 60  $\Omega \cdot m$ .

Por otro lado, se muestra como al SW se encuentran los mayores espesores de capas con las resistividades más bajas ( $< 6 \Omega \cdot m$ ), las cuales coinciden con la depresión estructural principal. Es posible que las fallas normales estén afectadas por fallamientos de tipo transcurrente en dirección N-S aproximadamente.

Figura 8. 30. Modelo Resistivo Sirenis



8.12.5.2 Sitios propuestos

Basado en la interpretación de los perfiles de resistividad y los modelos geofísicos de las diferentes zonas en el área de estudio, se proponen un total de 5 sitios factibles para la perforación y

desarrollo de pozos de abastecimiento de agua subterránea, la mayoría propuestos a una profundidad de 80 m, excepto el N.-5 correspondiente al TEM SI-07 el cual se propone a una profundidad de 40 m.

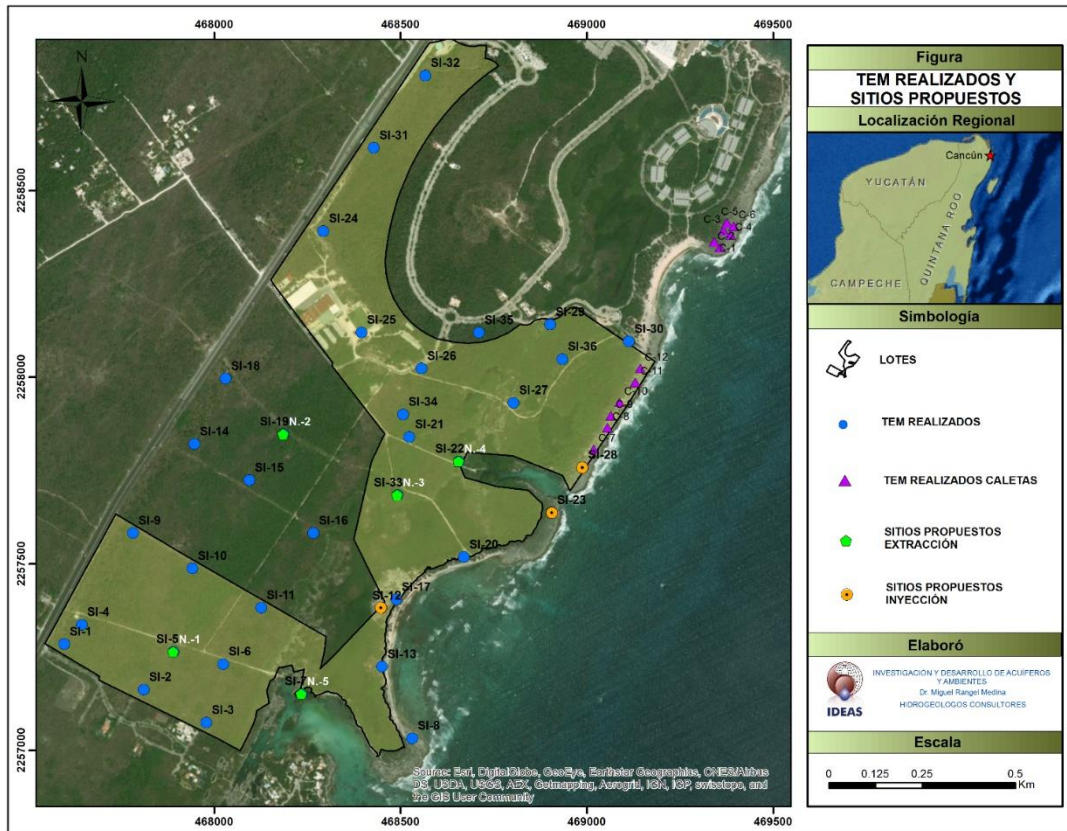
Por parte de los sitios propuestos para pozos de inyección, se proponen 3 sitios a profundidad de 80 m; en la **Tabla 8. 26** se presenta la información de los sitios propuestos y en la **Figura 8. 31** se muestra la ubicación de los sitios respecto al área de estudio. En la descripción de las interpretaciones de los perfiles como de los modelos, se encuentra la justificación puntual de cada sitio.

**Tabla 8. 26.** Sitios propuestos para pozos de extracción e inyección.

POZO PROPUESTO	TEM'S	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	PROFUNDIDAD (METROS)
POZOS DE EXTRACCIÓN.					
N.-1	SI-5	467889.97	2257264.25	6	80
N.-2	SI-19	468185.72	2257847.25	5	80
N.-3	SI-33	468491.19	2257684.00	2	80
N.-4	SI-22	468656.13	2257774.50	2	80
N.-5	SI-07	468234.34	2257151.00	0	40
POZOS DE INYECCIÓN					
N-1	SI-12	468447.762	2257380.78	1	80
N-2	SI-23	468905.094	2257636.75	2	80
N-2	SI-28	468988.531	2257757.5	2	80



Figura 8. 31. Sitios propuestos para pozos de extracción e inyección.



### 8.12.6 PROSPECCIÓN HIDROGEOLÓGICA

#### 8.12.6.1 Piezometría regional

La revisión realizada a los estudios previos proporcionados, carecen de información hidrogeológica para definir las direcciones de flujo subterráneo de la zona, por lo cual para determinar la dirección del flujo subterráneo se recopiló información en el Organismo de Cuenca Península de Yucatán de la CONAGUA, el cual proporcionó datos de profundidad del nivel estático de la red piezométrica Cancún-Tulum (**Tabla 8. 27**).

**Tabla 8. 27.** Profundidad y elevación del nivel estático de la red piezométrica Cancún-Tulum (Fuente: CONAGUA).

NO	POZO	CORDENADAS UTM		COTA BROCAL (MSNM)	ALTURA BROCAL (M)	MAYO 2016		OCTUBRE 2017	
		X	Y			PROF. (m)	ELEVACION (msnm)	PROF. (m)	ELEVACION (msnm)
1	Zona Agrícola	490,516	2,326,845	7.862	0.20	6.01	1.852		
2	Santo Domingo	461,202	2,313,891	10.636	0.28	8.10	2.536		
3	Nuevo Xcán	437,538	2,307,026	20.490	0.18	17.16	3.330		
4	Tres Reyes	437,930	2,288,428	23.021	1.26	18.36	4.661	18.53	4.491
5	Cobá	423,956	2,267,233	7.862	0.30	4.34	3.522	4.1	3.762
6	Rancho Viejo	446,092	2,244,372	13.566	0.28	10.73	2.836	10.38	3.186

NO	POZO	CORDENADAS UTM		COTA BROCAL (MSNM)	ALTURA BROCAL (M)	MAYO 2016		OCTUBRE 2017	
		X	Y			PROF. (m)	ELEVACION (msnm)	PROF. (m)	ELEVACION (msnm)
7	RCT07 (Chemuyil Caseta)	457,180	2,252,878	12.669	0.84	9.96	2.709	9.64	3.029
8	RCT08 (Chemuyil-2)	456,892	2,252,366	11.517	0.24	9.34	2.177		
9	RCT09 (Chemuyil Reyes)	455,784	2,254,377	7.011	0.28				
10	RCT10 (Uxuxubi-1)	462,548	2,257,975	13.895	0.36	11.54	2.355	11.29	2.605
11	RCT11 (Akumal 1)	459,156	2,261,621	6.887	0.17	4.80	2.087	4.54	2.347
12	RCT12 (Akumal 2)	460,083	2,259,595	12.776	0.10	10.79	1.986	10.53	2.246
13	Rancho Loma Bonita	508,120	2,302,387	6.277	0.25	5.27	1.007		
14	Central Vallarta	495,697	2,306,916	5.575	0.30	3.97	1.605		
15	Km. 10	486,220	2,314,950	6.915	0.18	5.29	1.625		
16	Aeropuerto 17	491,523	2,322,300	8.425	0.12	6.69	1.735		
17	Aeropuerto 23	488,971	2,319,751	8.916	0.12	7.22	1.696		
18	Aeropuerto 92	498,732	2,323,325	9.277	0.15	7.56	1.717		
20	Pozo 3 SAP Tulum	448,972	2,240,551		0.70			2.28	
23	Leona Vicario				0.15	4.58			
24	Manuel Antonio Ay			20.600	0.33	18.90	1.700	18.73	1.87
25	Francisco Uh May			17.460	0.42	16.23	1.230	15.96	1.5
26	SAP Tulum			3.595				2.05	1.545
27	Cárcamo Tulum			5.492		3.94	1.552	3.71	1.782

### 8.12.6.2 Información piezométrica regional, mayo 2016

De acuerdo con esta información recopilada, la profundidad del nivel freático en la zona tomó valores desde 3.94 hasta 18.90 m, esto indica que las mayores profundidades se localizan al noroeste del área de estudio y las menores al noroeste de Akumal y de Playa del Carmen (Figura 8. 32).

La elevación del nivel estático varía entre 1.0 a 4.66 msnm, por lo tanto la dirección del flujo del agua subterránea tiene varias componentes, la primera que es de oeste a este, de la parte alta de Xcán hacia la parte norte de Playa del Carmen; y en la porción oeste de Tulum la dirección del flujo se ha invertido, presentando una convergencia entre el flujo con dirección hacia el sureste y otro hacia el noroeste, por lo tanto, la zona de recarga para la zona de estudio se encuentra al oeste (Figura 8. 33).

Figura 8. 32. Profundidad regional del nivel estático, mayo 2016.

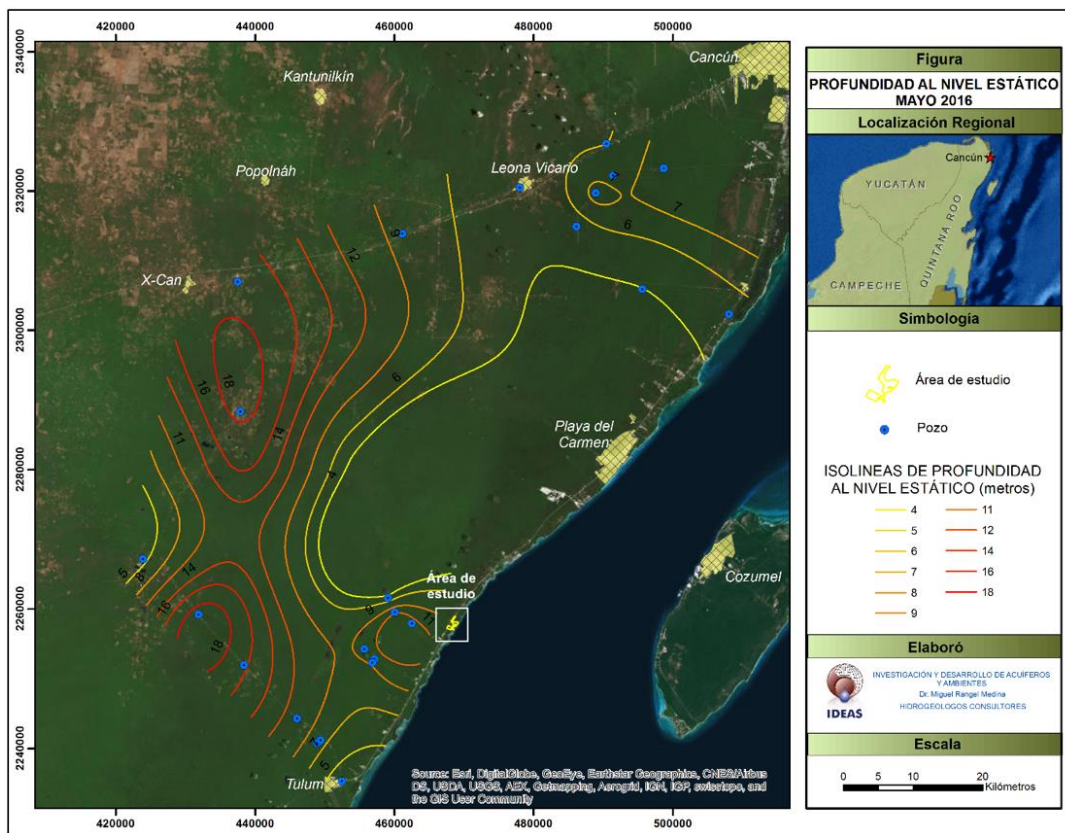
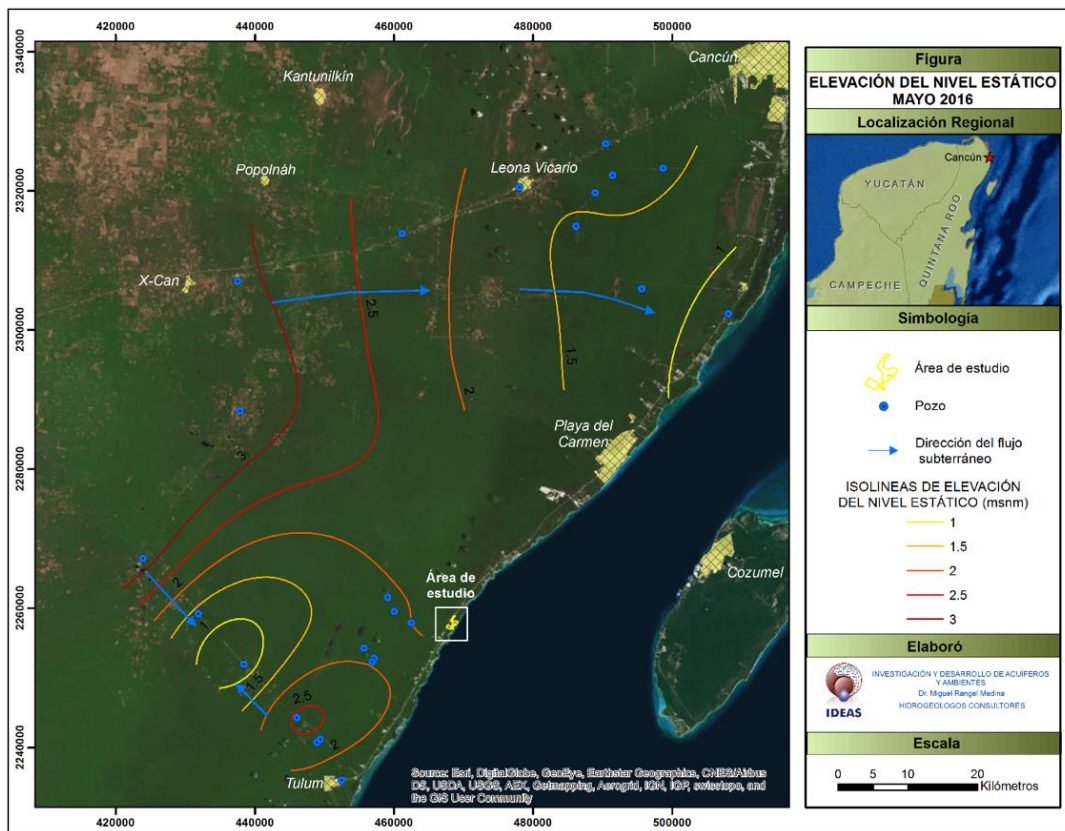


Figura 8. 33. Dirección del flujo subterráneo regional, mayo 2016.





8.12.6.3 Información piezométrica regional, octubre 2017

De acuerdo con esta información recopilada, la profundidad del nivel freático en la zona tomó valores desde 2.05 hasta 18.73 m, en general esto muestra que las profundidades con valor más alto, siguen estando localizadas al noroeste de Tulum, más alejadas a la línea de costa. Mientras que las menores se localizan al norte de Tulum, más cercanas a la línea de costa (**Figura 8. 34**).

La elevación del nivel estático varía entre 1.5 a 4.49 msnm. Por lo que, la dirección del flujo del agua subterránea tiene dos direcciones preferenciales, la primera, que está más cerca del área de estudio, drena de NW a SE de la parte alta de Xcán hacia la parte norte de Playa del Carmen; por otro lado, en la porción oeste de Tulum, ya no se tiene la inversión de flujo que se presentó en mayo 2016, ya que la dirección del flujo en esta zona presenta una tendencia que va de NE a SW (**Figura 8. 35**).

**Figura 8. 34.** Profundidad regional al nivel estático, octubre 2017.

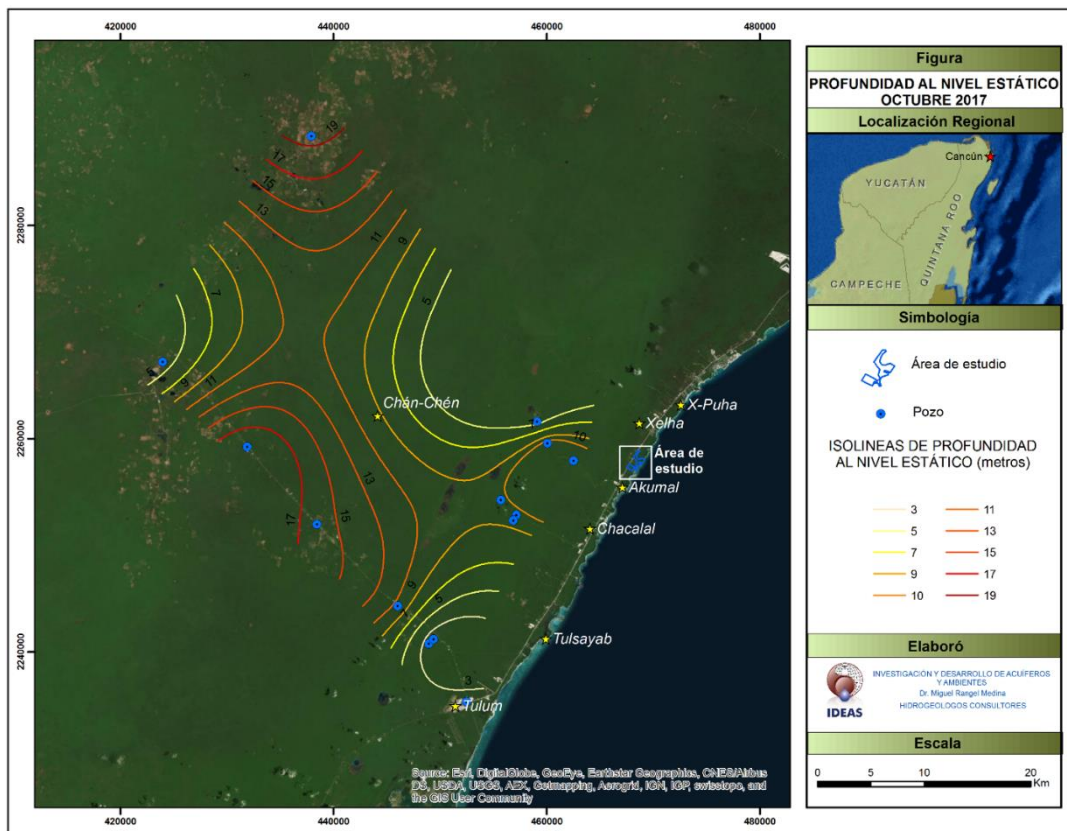
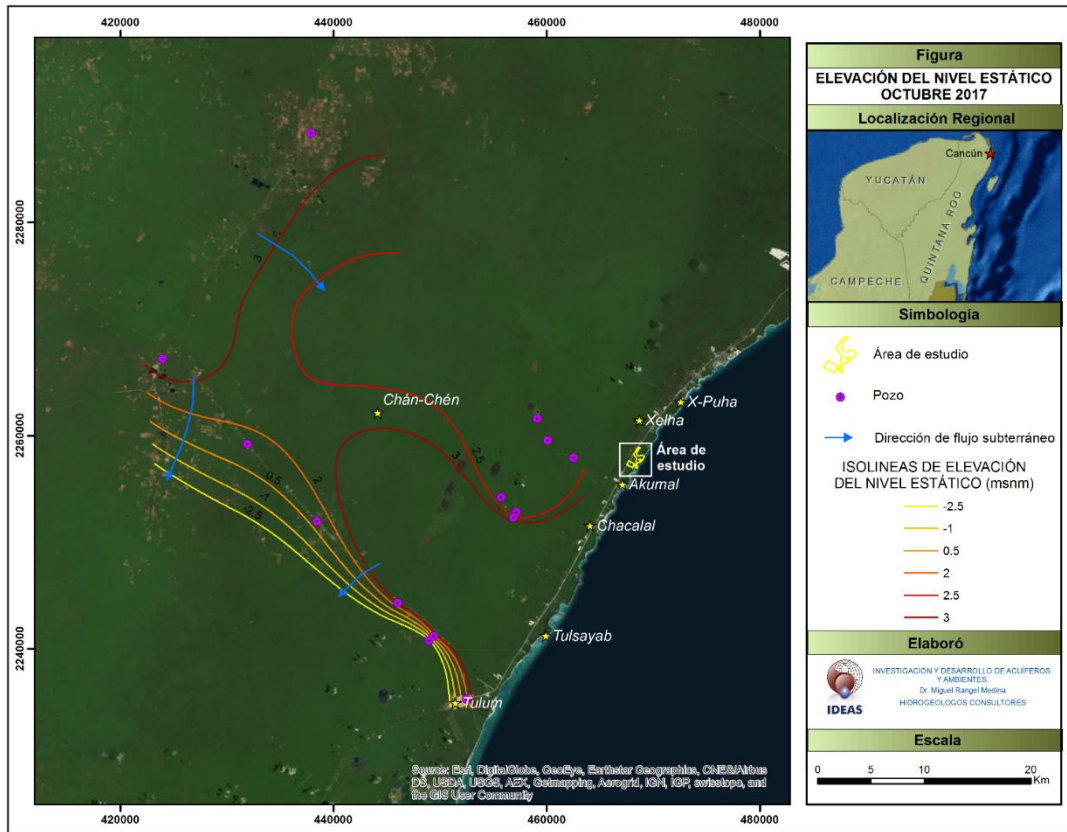




Figura 8. 35. Dirección del flujo subterráneo regional, octubre 2017.



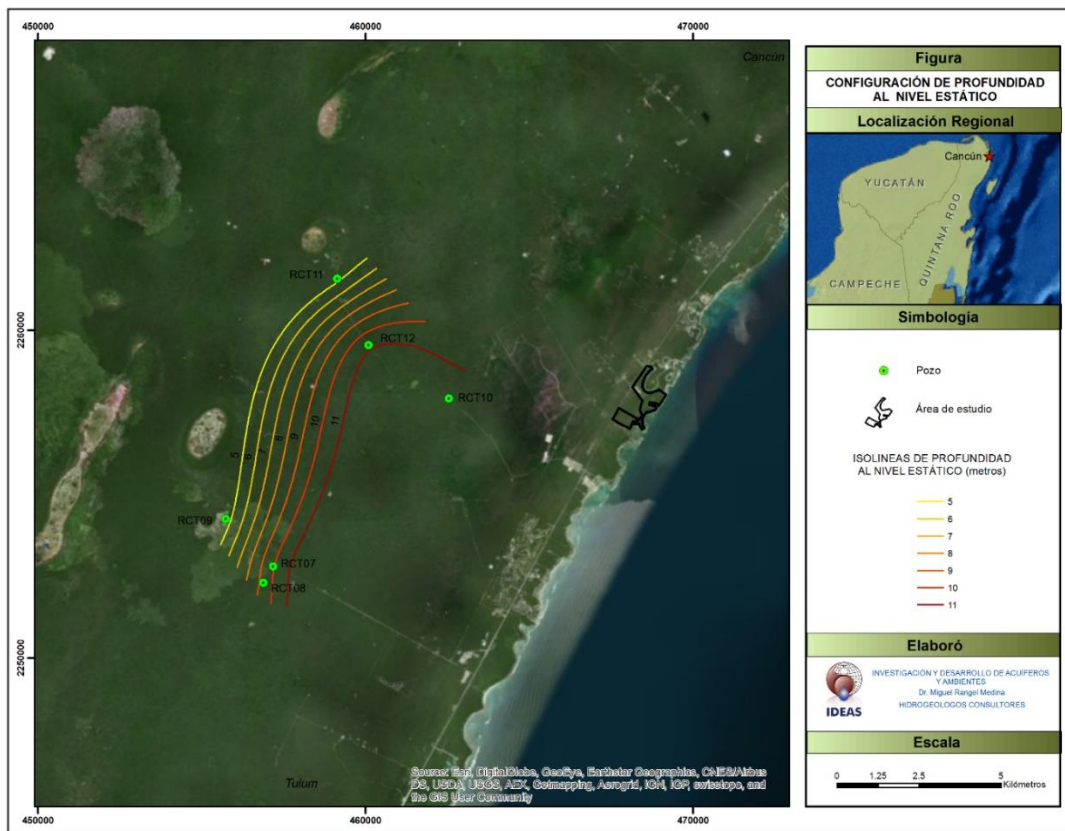
8.12.6.4 Piezometría local, mayo 2016

Para conocer más a detalle la zona donde se ubica el proyecto del tercer hotel Grand Sirenis, a partir de la información de la red piezométrica Cancun-Tulum (CONAGUA), se seleccionaron los aprovechamientos más cercanos a la zona de estudio para configurar tanto la profundidad, así como, la elevación del nivel estático, en este caso se realizó para el mes de mayo 2016 (ya que este cuenta con información piezométrica más completa), por su ubicación se seleccionaron 6 aprovechamientos (Tabla 8. 28). La profundidad al nivel estático oscila entre 4.8 a 11.54 m, la distribución de las profundidades presentan un comportamiento general, donde las profundidades van en aumento conforme se acercan a línea de costa (Figura 8. 36).

Tabla 8. 28. Profundidad y elevación del nivel estático cerca del área de estudio (Fuente: CONAGUA).

No	POZO	CORDENADAS UTM		COTA BROCAL (MSNM)	ALT. BROCAL (M)	MAYO DEL 2016		OCTUBRE DEL 2017	
		X	Y			PROF. (m)	ELEVACION (msnm)	PROF. (m)	ELEVACION (msnm)
7	RCT07 (Chemuyil Caseta)	457,180	2,252,878	12.669	0.84	9.96	2.709	9.64	3.029
8	RCT08 (Chemuyil-2)	456,892	2,252,366	11.517	0.24	9.34	2.177		
9	RCT09 (Chemuyil Reyes)	455,784	2,254,377	7.011	0.28				
10	RCT10 (Uxuxubi-1)	462,548	2,257,975	13.895	0.36	11.54	2.355	11.29	2.605
11	RCT11 (Akumal 1)	459,156	2,261,621	6.887	0.17	4.80	2.087	4.54	2.347
12	RCT12 (Akumal 2)	460,083	2,259,595	12.776	0.10	10.79	1.986	10.53	2.246

Figura 8. 36. Profundidad local del nivel estático, mayo 2016.



Con los datos de la elevación del nivel estático se elaboraron las líneas de isovalores, para determinar la dirección del flujo subterráneo (Figura 8. 37). Las elevaciones oscilan entre 1.9 a 2.7 msnm, **con una dirección del flujo subterráneo de oeste a este principalmente, sin embargo, existe una dirección del flujo en sentido contrario que va de este a oeste**, pero no se observa que esto sea ocasionado por un bombeo excesivo que esté provocando un abatimiento del nivel estático.

De igual manera este tipo de dirección del flujo subterráneo se observa en el zona de Xel-Há, ubicado al 10 km aproximadamente al sur de la zona de estudio, donde se observa que la fuente de descarga de agua subterránea en la Caleta de Xel Ha, proviene de la zona de los Cenotes de la Zona Arqueológica de Xel-Há, formando un flujo radial, una dirección hacia la línea de costa (sureste) y otra dirección hacia el continente (noroeste), donde converge con otro flujo subterráneo en dirección sureste (Figura 8.38).

Figura 8. 37. Elevación local del nivel estático y dirección del flujo subterráneo, mayo 2016.

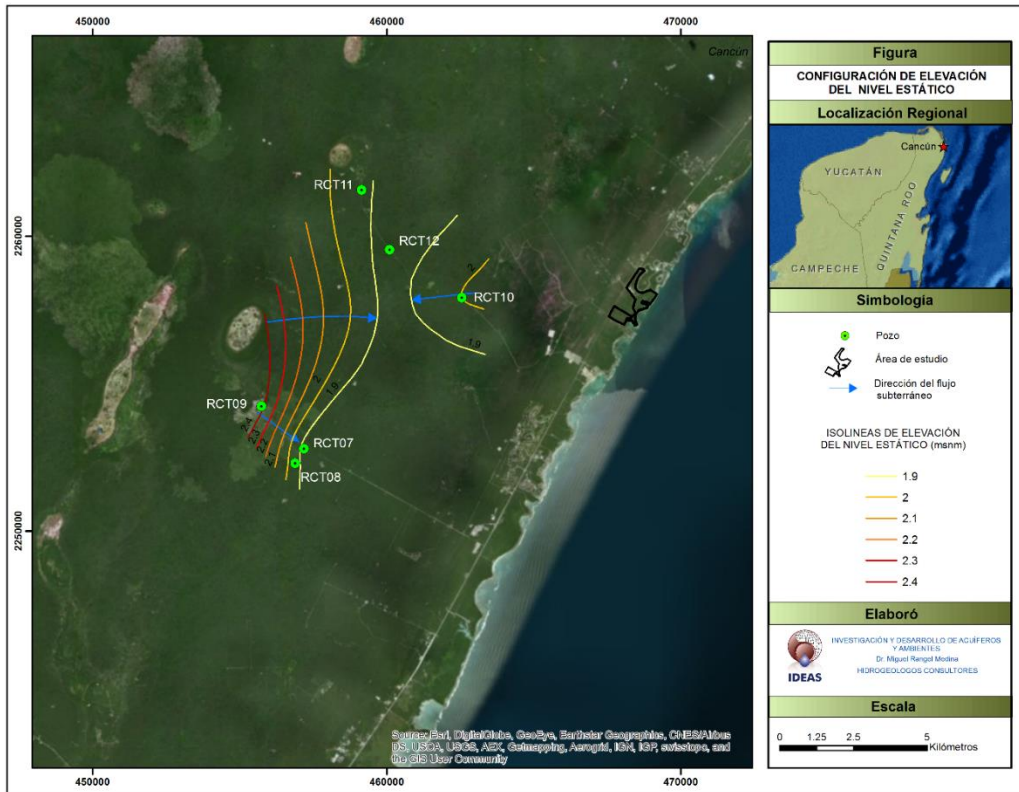
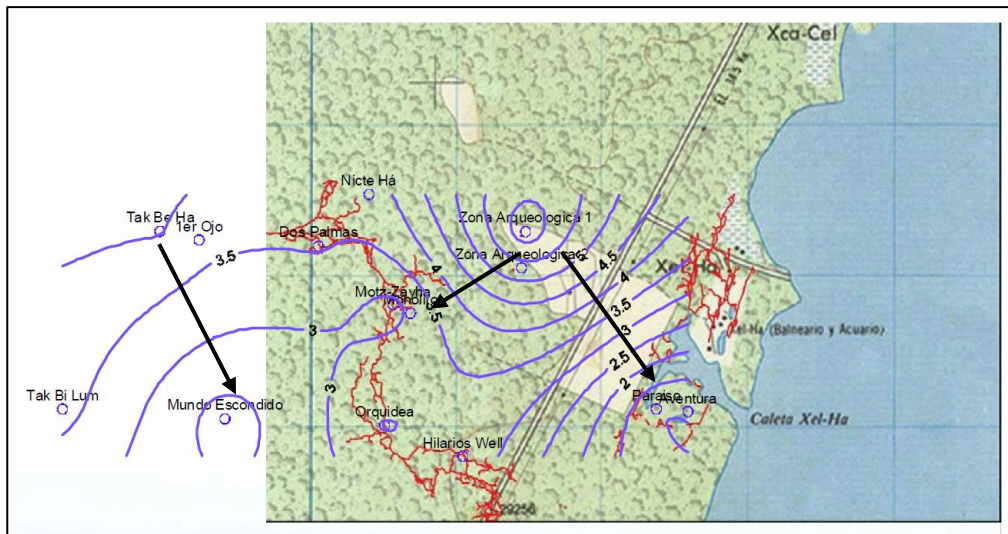


Figura 8. 38. Curvas de isovalores de igual carga piezométrica en Xel-Há (UNAM, 2005).



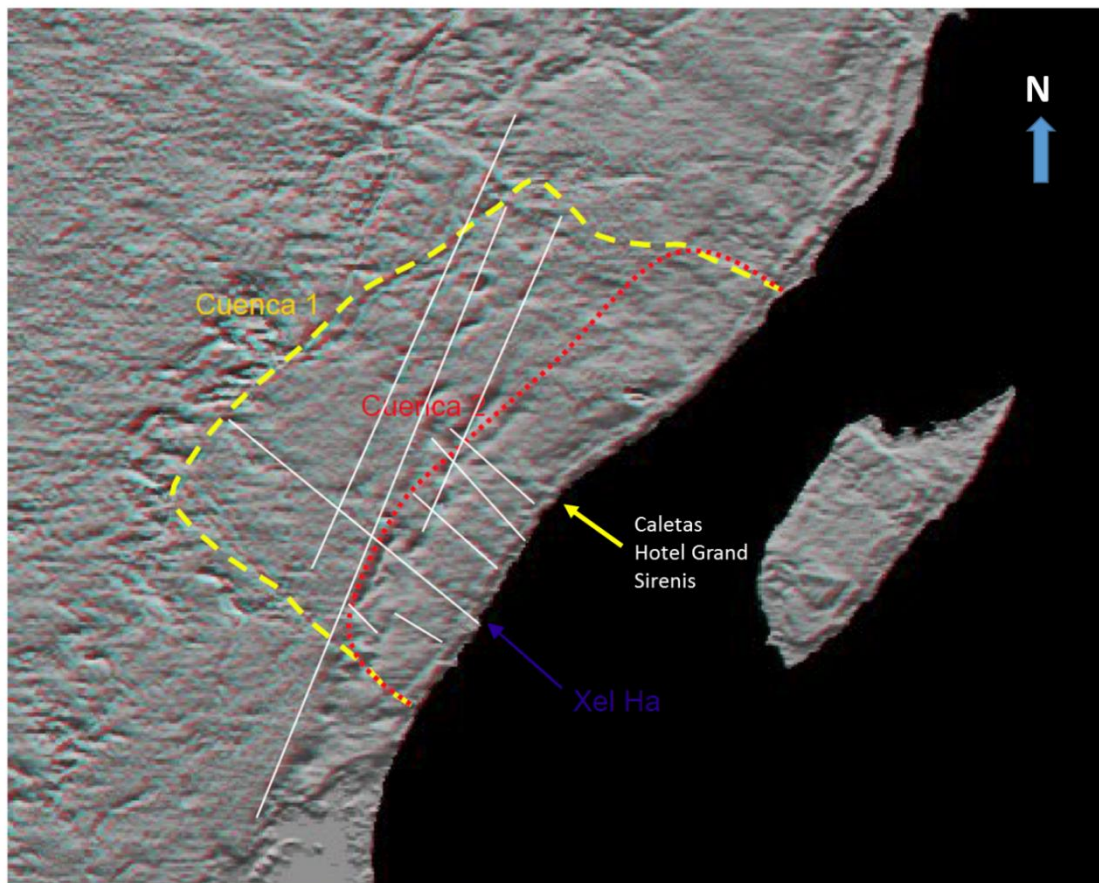


Para entender este tipo de flujos subterráneos, se revisó y recopiló información, y se determinó que estos flujos están influenciados por sistema de fracturas de la zona, existen un lineamiento en dirección NE-SW paralelo a la costa, que es donde converge el flujo subterráneo (Figura 8.39).

El flujo está dirigido hacia la parte alta de las caletas que tienen una característica forma de “Y”, donde a través de fracturas con orientación N-S descargan a canales principales que conducen el agua dulce al mar, como se puede ver en las caletas de Yal-kú y Xel-Há. Los cenotes con extensiones verticales considerables como “The Pit” (119 m de profundidad en el Sistema Dos Ojos) y “Blue Abyss” (74 m de profundidad en el Sistema Nohoch Nah Chich) indican que el desarrollo de sistemas extensos de cavernas ocurrió durante periodos donde el nivel del mar se encontraba más abajo.

Los mecanismos de formación de estos conductos son corrosión del agua dulce con el agua salada y reacciones mediadas por bacterias. Algunos ejemplos de sistemas verticales extensos son el Sistema Abejas, donde una gruta llamada Aak Kimin (**la cual descarga a la caleta de Yal-kú**), tiene de dos a cinco metros de ancho, y una profundidad de 69 metros.

**Figura 8. 39.** Imagen de radar de interferometría, donde se observa los principales lineamientos del área de estudio (UNAM, 2005).



#### 8.12.6.5 Censo de aprovechamientos, mayo 2018

Para dar seguimiento a las actividades a realizar en campo, se llevó a cabo el censo de aprovechamientos del día 16 al 25 de mayo; el cual tiene por finalidad la comprobación y

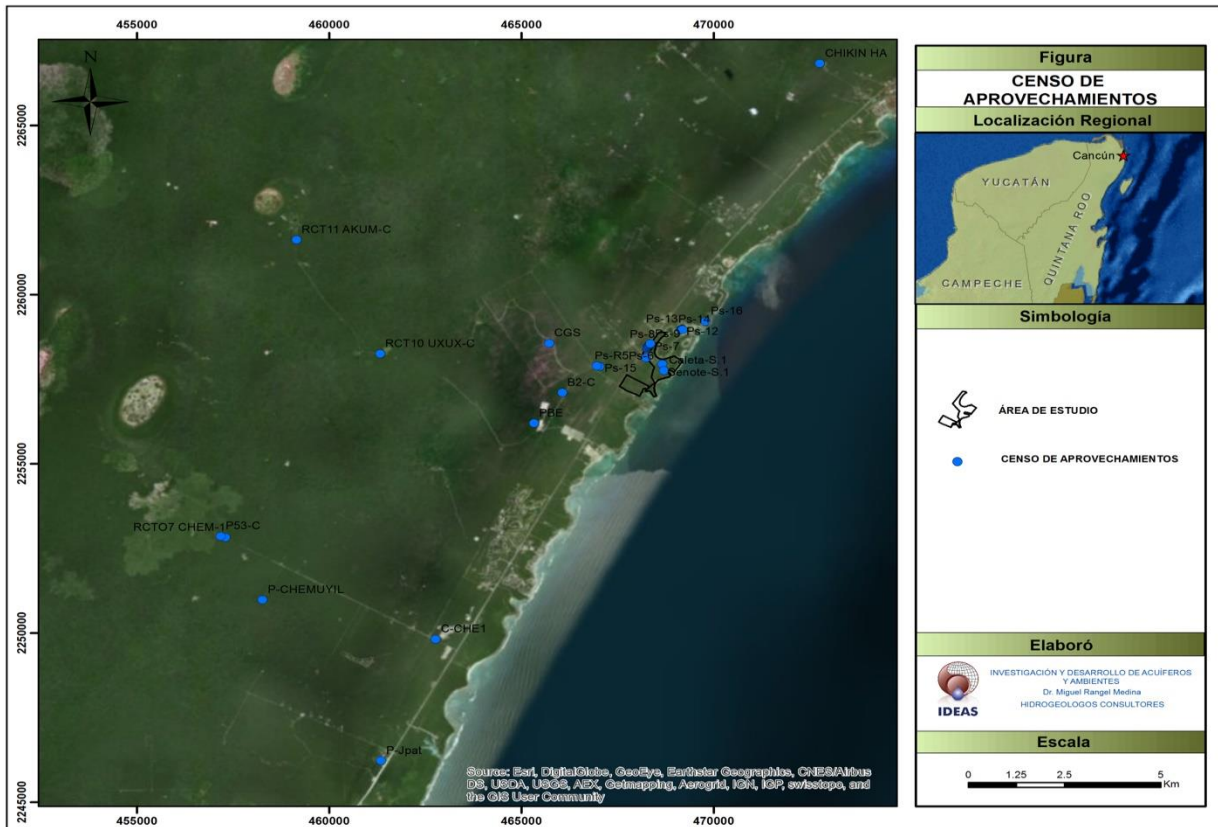
actualización del nivel estático del agua subterránea en el área de estudio al igual que en sus alrededores.

Una vez que se llegó al aprovechamiento se identificó sobre la obra el punto de referencia de la medición (comúnmente brocal), se procedió a tomar la lectura del nivel piezométrico utilizando una sonda eléctrica, procurando observar la profundidad del agua cuando el pozo se encuentra apagado, es decir, medir el nivel estático mediante el cierre de un circuito eléctrico cuando un elemento detector establece contacto con el agua, al ocurrir lo anterior, se verificó por lo menos dos veces más este punto mediante un movimiento de ascenso y descenso del cable de la sonda; la sonda consta de un electrodo, cable eléctrico y un detector.

Sin perder la posición del punto, se extrajo el cable hasta ubicar la marca inmediata, con ayuda del flexómetro se midió la distancia entre estos dos puntos y se sumó al valor de la marca. Se anotó en la libreta de campo el valor registrado, verificando el número de aprovechamiento y fecha a la que corresponde la lectura. Así mismo, si corresponde a una lectura de nivel estático o dinámico, o bien, cuando el nivel del agua en el aprovechamiento está en recuperación.

Inicialmente se localizaron los posibles aprovechamientos a verificar en campo, en la Figura 8.40, se presenta la ubicación de los aprovechamientos censados, la mayoría de estos se concentran dentro del predio hotel Grand Sirenis, el resto de los aprovechamientos se extienden por fuera del polígono de estudio.

Figura 8. 40. Localización de los aprovechamientos censados, mayo 2018.





En la Tabla 8. 29 se presentan las características de los 31 aprovechamientos visitados (entre ellos pozos de abastecimiento, pozos de rechazo, cenotes y caleta), de los cuales solo fue posible medir por diferentes motivos el nivel estático en 11 sitios (8 son pozos y 3 son cenotes).

**Tabla 8. 29.** Características de los aprovechamientos censados, mayo 2018.

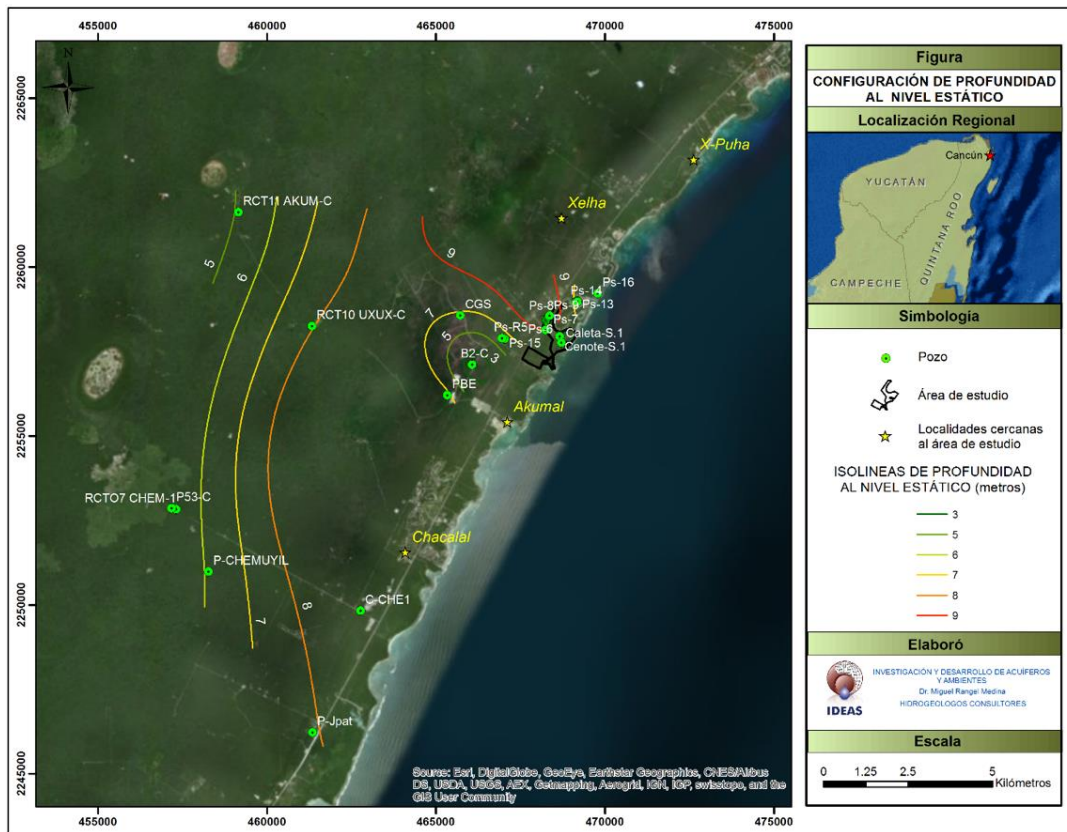
CLAVE	FECHA	TIPO DE APROVECHAMIENTO	COORDENADAS WGS-84			NE (m)	ENE (m)	ADEME (pulgadas)	USO
			X	Y	Z				
Ps-1	16/05/2018	pozo	468268	2258406	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
PS-2	16/05/2018	pozo	468274	2258422	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-3	16/05/2018	pozo	468273	2258447	13	9.74	3.26	12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-4	16/05/2018	pozo	468296	2258456	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-5	16/05/2018	pozo	468307	2258472	14	9.84	4.16	12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-6	16/05/2018	pozo	468318	2258491	14	9.82	4.18	12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-7	16/05/2018	pozo	468329	2258506	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-8	16/05/2018	pozo	468341	2258523	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-9	16/05/2018	pozo	468352	2258539	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-10	16/05/2018	pozo	468363	2258555	14			12	Activo, hotel Grand Sirenis
Cenote-S.1	16/05/2018	cenote	468666	2257946	4				Sin uso
Caleta-S.1	16/05/2018	caleta	468712	2257755	2				Sin uso
Ps-11	17/05/2018	pozo	469149	2258968	13			16	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-12	17/05/2018	pozo	469164	2258967	13			16	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-13	17/05/2018	pozo	469187	2258976	13			16	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-14	17/05/2018	pozo	469192	2258969	13	6.51	6.49	16	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-16	17/05/2018	pozo	469791	2259211	4			16	Activo, hotel Grand Sirenis
Ps-R2	17/05/2018	pozo inyección	468246	2258136	11				Activo, hotel Grand Sirenis
CHIKIN HA	18/05/2018	cenote	472766	2266830	10				Recreativo
RCT07 CHEM-1	18/05/2018	pozo	457311	2252824	16			4	Domestico
P53-C	18/05/2018	pozo	457182	2252860	14			12	Fuera de uso
P-CHEMU YIL	18/05/2018	cenote	458273	2250979	17	6.1	10.9	20 y 12	Domestico
C-CHE1	18/05/2018	cenote	462772	2249820	10				Recreativo
Ps-15	19/05/2018	pozo	467032	2257874	13	6.32	6.68	10	Depuradora
Ps-R5	19/05/2018	pozo rechazo	466961	2257893	13				Depuradora
B2-C	19/05/2018	cenote	466072	2257104	8	2.3	5.7		Fuera de uso
CGS	19/05/2018	cenote	465728	2258562	12	6.7	5.3		Sin uso
RCT11 AKUM-C	19/05/2018	pozo	459155	2261622	11	5.09	5.91	8	Fuera de uso
RCT10 UXUX-C	19/05/2018	pozo	461333	2258250	17				Abandonado
PBE	19/05/2018	pozo	465335	2256200	14	7.4	6.6	4	Domestico
P-Jpat	20/05/2018	pozo	461355	2246225	10	7.9	2.1	4	Domestico

8.12.6.6 Profundidad y elevación del nivel estático, mayo 2018

Los valores de la profundidad del nivel estático en la zona varían de 2.3 a 9.84 m, en los sitios llamados B2-C y Ps-5 respectivamente; el primer sitio se encuentra un poco alejado hacia el oeste de la zona de estudio, mientras que el Ps-5 se encuentra dentro del predio Grand Sirenis.

En la Figura 8. 41, se presenta la configuración de la profundidad del nivel estático. Se observa una tendencia general, donde se localizan las menores profundidades hacia el continente y las mayores profundidades aparecen a las cercanías del área de estudio; haciendo comparación con las configuraciones en los otros periodos mostrados, este comportamiento es similar con la configuración correspondiente a la piezometría local de mayo 2016.

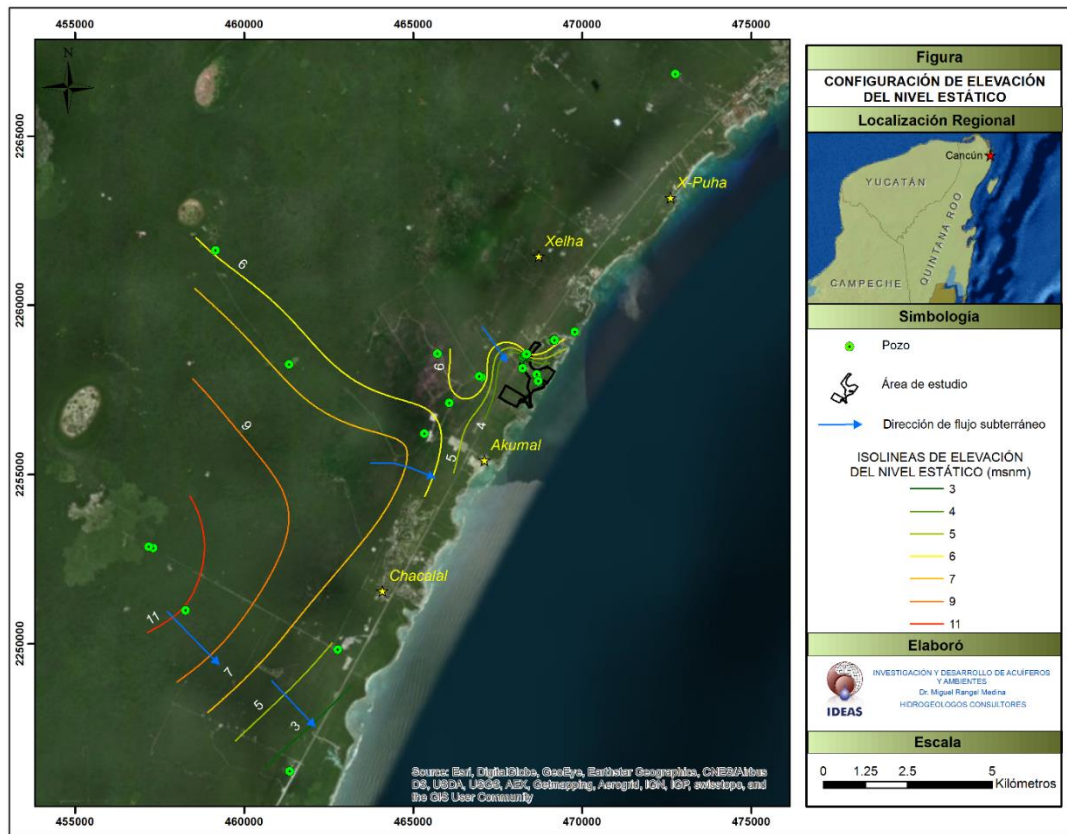
Figura 8. 41. Profundidad al nivel estático, mayo 2018.



Por otro lado, la configuración de la elevación del nivel estático se comportó con valores que oscilaron entre 2.1 y 10.9 msnm en los aprovechamientos P-Jpat y P-Chemuyil respectivamente; ubicando a los de mayor elevación del nivel estático hacia el suroeste del predio Grand Sirenis, con tendencia a disminuir la elevación del nivel conforme se acerca al área del proyecto.

A partir de esta configuración, en la Figura 8. 42 se indica la dirección preferencial del flujo subterráneo en el área de estudio, se observa el dominio de una única componente con dirección NW-SE la cual viaja de continente hacia línea de costa.

Figura 8. 42. Elevación del nivel estático y dirección del flujo subterráneo, mayo 2018.



### 8.12.7 Vulnerabilidad del Acuífero

#### 8.12.7.1 Método GOD

Para la determinación de la vulnerabilidad de un acuífero se utiliza el método **GOD** el cual es utilizado, para la definir la vulnerabilidad de un acuífero o contaminación, este método es sencillo y sistemático. Se define por la siguiente expresión:

$$V_{Aq} = (G) (O) (D)$$

Dónde:

**V<sub>Aq</sub>** = Índice de vulnerabilidad del acuífero

**G** = Confinamiento hidráulico del agua subterránea

**O** = Granulometría y litología sobreyacente

**D** = Profundidad del agua subterránea

El Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G). Es el tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea, su valor se obtiene de la siguiente tabla (Tabla 8. 30):

**Tabla 8. 30.** Confinamiento hidráulico del agua subterránea.

CONFINAMIENTO HIDRAULICO	ÍNDICE
Surgente o artesisiana	0.0
Confinada	0.2
Semi-confinada	0.4
Libre o freática	0.6
Subálvea o freática aflorante	1.0

Granulometría y litología sobreyacente (O). Se refiere a la litología de la zona saturada, es decir, se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas, en consecuencia, mide la permeabilidad, así como la porosidad. Los valores para cada tipo de litología se presentan en la siguiente tabla (Tabla 8. 31):

**Tabla 8. 31.** Granulometría y litología sobreyacente.

ESTRATOS SOBREYACENTES			
NO CONSOLIDADAS (SEDIMENTOS)	CONSOLIDADAS (ROCAS POROSAS)		ÍNDICE
	(ROCAS POROSAS)	(ROCAS DENSAS)	
Arcillas lacustres/estuarinas, suelos residuales			0.4
Limos aluviales, loess, till glacial	Lutitas, pizarras		0.5
Arenas aluviales y fluvioglaciales	Limolitas, toba volcánica	Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas	0.6
Arena eólica	Areniscas	---	0.7
Gravas aluviales y eluviales	---	Lavas recientes	0.8
---	Caliche, calcarenitas	---	0.9
---	---	Calcretitas y calizas karstificadas	1.0

Profundidad del agua subterránea (D). Se utilizará el acuífero menos profundo en la evaluación de la vulnerabilidad, excepto cuando existan pequeños acuíferos colgados. Los valores en función de la profundidad son los siguientes (Tabla 8. 32):

**Tabla 8. 32.** Profundidad del agua subterránea.

PROFUNDIDAD	ÍNDICE
Mayor a 50 m	0.60
Entre 20 – 50 m	0.70
Entre 5 – 20 m	0.80
Menor a 5 m	0.90

Vulnerabilidad del acuífero en la zona de estudio por el método GOD

A continuación, se muestra el cálculo del índice de vulnerabilidad en el área de estudio, considerando los datos obtenidos para la litología, profundidad del nivel estático y el confinamiento hidráulico.

**G** = 0.6 (libre o freática)

**O** = 1.0 (calizas karstificadas)

**D** = 0.8 (entre 5 y menos de 20 metros)

**VAq**= (0.6) (1.0) (0.8)

**VAq**= 0.48

La vulnerabilidad del acuífero es alta, puesto que el valor obtenido, duplica el LMP de 0.25, por lo tanto, el acuífero del área de estudio se considera muy vulnerable.

### 8.12.7.2 Método DRASTIC

El método **DRASTIC** clasifica y pondera parámetros intrínsecos reflejo de las condiciones naturales del medio. Además de ser uno de los métodos más utilizados ya que permite crear mapas de vulnerabilidad de acuíferos. Se define por la siguiente expresión:

$$\text{DRASTIC} = (\text{Dr} \cdot \text{Dw}) + (\text{Rr} \cdot \text{Rw}) + (\text{Ar} \cdot \text{Aw}) + (\text{Sr} \cdot \text{Sw}) + (\text{Tr} \cdot \text{Tw}) + (\text{Ir} \cdot \text{Iw}) + (\text{Cr} \cdot \text{Cw})$$

Dónde:

**D** = Profundidad del agua subterránea

**R** = Recarga neta

**A** = Litología del acuífero

**S** = Tipo de suelo

**T** = Topografía

**I** = Naturaleza de la zona no saturada

**C** = Conductividad hidráulica del acuífero

**r** = Indica factor de clasificación o valoración

**w** = Indica factor de ponderación

Los valores que adoptan los factores de clasificación y valoración se resumen en las siguientes tablas:

**D:** Se refiere a la distancia que existe entre la superficie y el nivel freático. Obtenido de los valores mensuales piezómetros de la zona de estudio (Tabla 8. 33).

**Tabla 8. 33.** Valoración de la profundidad agua subterránea

PROFUNDIDAD (m)	VALORACION Dr
0 - 1.5	10
1.5 – 4.6	9
4.6 – 9.1	7



PROFUNDIDAD (m)	VALORACION Dr
9.1 – 15.2	5
15.2 – 22.9	3
22.9 – 20.5	2
> 30.5	1

**R:** Es el volumen total de la recarga de un acuífero, obtenido de un balance hídrico (Tabla 8. 34).

**Tabla 8. 34.** Valoración de la recarga neta

RECARGA (mm)	VALORACIÓN Rr
0 – 50	1
50 – 103	3
103 – 178	6
178 – 254	8
> 254	9

**A:** Se refiere al material que conforma el acuífero. La estratigrafía de los piezómetros detalla esta información (Tabla 8. 35).

Tabla 8. 35. Valoración del tipo de acuífero

TIPO DE ACUÍFERO	RANGO DE CLASIFICACION Ar
Lutita masiva	1 – 3
Metamórfica /ígneas	2 – 5
Metamórfica/ígneas meteorizada	3 – 5
Till glacial	4 – 6
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	5 – 9
Arenisca masiva	4 – 9
Caliza masiva	4 – 9
Arena o grava	4 – 9
Basaltos	2 – 10
Caliza kárstica	9 – 10

**S:** El tipo de suelo es la cobertura que tiene la superficie en estudio. Esta información se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros (Tabla 8. 36).

**Tabla 8. 36.** Valoración del tipo de suelo.

TIPO DE SUELO	VALORACIÓN Sr
Delgado o ausente	10
Grava	10
Arena	9
Agregado arcilloso compacto	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol – cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1

**T:** Se refiere a la pendiente topográfica de la zona de estudio. Esta información se obtiene a partir de las curvas de nivel (Tabla 8. 37).

Tabla 8. 37. Valoración del porcentaje de pendiente.

PENDIENTE (%)	VALORACIÓN Tr
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1

**I:** Se refiere al material que conforma la zona superior del acuífero que no está saturada de agua. Esta información se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros (Tabla 8. 38).

Tabla 8. 38. Valoración de la naturaleza de la zona no saturada

NATURALEZA DE LA ZONA NO SATURADA	VALORACIÓN Ir
Capa confinante	1
Cieno-arcilla	2 – 6
Lutita	2 – 5
Caliza	2 – 7
Arenisca	4 – 8
Secuencias de areniscas, caliza y lutita	4 – 8
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativa	4 – 8
Metamórfica/Ígnea	2 – 8
Grava y arena	6 – 9
Basalto	2 – 10
Caliza kárstica	8 – 10

**C:** La conductividad hidráulica es la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso el agua. La conductividad se obtiene de las pruebas de campo (Tabla 8.39).

Tabla 8. 39. Valoración de la conductividad hidráulica

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA		VALORACIÓN Cr
cm/día	m/día	
0.04 – 4.08	$4.6 \times 10^{-5} - 4.7 \times 10^{-3}$	1
4.08 – 12.22	$4.7 \times 10^{-3} - 1.4 \times 10^{-2}$	2
12.22 – 28.55	$1.4 \times 10^{-2} - 3.4 \times 10^{-2}$	3
28.55 – 40.75	$3.4 \times 10^{-5} - 4.7 \times 10^{-2}$	6
40.75 – 81.49	$4.7 \times 10^{-2} - 9.5 \times 10^{-2}$	8
> 81.49	$> 9.5 \times 10^{-2}$	10

Las constantes observadas en la expresión anterior, se muestran en la siguiente tabla con sus respectivos valores (Tabla 8. 40):

Tabla 8. 40. Factor de ponderación del método DRASTIC

Dw	Rw	Aw	Sw	Tw	lw	Cw
5	4	3	2	1	5	3

Dependiendo del resultado obtenido se muestra un rango de valores que indican el índice de vulnerabilidad del acuífero, como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 8. 41):

**Tabla 8. 41.** Vulnerabilidad General.

GRADO VULNERABILIDAD	DE	RANGO DE VALORES OBTENIDOS
Muy bajo		23 – 64
Bajo		65 – 105
Moderado		106 – 146
Alto		147 – 187
Muy alto		188 - 230

Vulnerabilidad del acuífero en la zona de estudio por el método DRASTIC

A continuación se muestra el cálculo de vulnerabilidad a través del método DRASTIC, considerando todos los factores anteriormente descritos:

**Dr** = 9 (entre 1.5 a 4.6 metros)

**Rr** = 9 (mayor a 254 mm)

**Ar** = 9-10 (caliza kárstica)

**Sr** = 9 (arena)

**Tr** = 9 (2-6 %)

**Ir** = 8-10 (caliza kárstica)

**Cr** = 6 ( $3.4 \times 10^{-5}$  –  $4.7 \times 10^{-2}$ )

$$DRASTIC = (9 \cdot 5) + (9 \cdot 4) + (9 \cdot 3) + (9 \cdot 2) + (9 \cdot 1) + (8.5) + (6.3)$$

$$DRASTIC = 193$$

El resultado obtenido con el método DRASTIC, concuerda con el obtenido con el método GOD. Puesto que, con un valor de 193, el acuífero se localiza en el rango de valor DRASTIC de 188-230 lo que significa una vulnerabilidad muy alta.

### 8.12.8 Hidrogeoquímica

#### 8.12.8.1 Información recopilada

Se proporcionó información de datos hidrogeoquímicos, de muestras las cuales fueron adquiridas directamente de los aprovechamientos y zonas de descarga en el área de estudio predio hotel Grand Sirenis. Se analizaron sus características químicas, así como su concentración en Sólidos Totales Disueltos (STD).

Los valores mostrados en la siguiente Tabla 8. 42 muestran las acumulaciones máximas y mínimas en STD. En donde se tiene concentraciones similares, variando entre los rangos mínimos desde

5625 mg/L a 7500 mg/L correspondiendo a los pozos tres y cuatro, respectivamente. Luego en los valores máximos dentro de estos pozos, se tienen cantidades de 6125 mg/L a 12000 mg/L.

**Tabla 8. 42.** Concentraciones de STD en pozos de aprovechamiento, Grand Sirenis

Pozos	Mínimo	Día-Mes	Máximo	Día-Mes
1	5800	07-03	6125	09-03
2	7000	08-03	7350	04-03
3	5625	15-03	7000	17-03
4	7500	08-03	8050	06-03
5	6352	14-03	6527	12-03
6	6926	09-03	7375	12-03
7	6600	10-03	7378	06-03
8	6375	07-03	7437	11-03
9	7000	11-03	12000	20-03
10	6562	10-03	6787	09-03

Los valores más altos en los pozos de aprovechamiento se muestran en la Tabla 8. 43, su localización es cercana al mar. Sus concentraciones en STD van desde 20025 mg/L a 22987 mg/L como mínimo en los pozos 12 y 13. La máxima concentración de los pozos de aprovechamiento analizados es de 20300 mg/L a 23100 mg/L correspondiendo a los mismos pozos.

**Tabla 8. 43.** Concentraciones máximas de STD en pozos de aprovechamiento, Grain Sirenis

Pozos	Mínimo	Día-Mes	Máximo	Día-Mes
11	21795	18-03	22495	07-03
12	22987	10-03	23100	06-03
13	20025	06-03	20300	07-03

Se realizaron un total de 12 descargas en diferentes lugares del área de estudio, donde se analizaron las concentraciones químicas con la finalidad de mantener la calidad de agua conforme los requerimientos establecidos. En la Tabla 8. 44, se muestran los resultados de los análisis de calidad de agua y los parámetros establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996.

**Tabla 8. 44.** Características químicas.

PARÁMETRO	Ósmosis		Chillers		Planta de tratamiento			Chillers		Retrola- vado	LÍMITE
	Descarg a 1.	Descarg a 2.	Descarg a 3.	Descarg a 4.	Descarg a 5.	Descarg a 6.	Descarg a 7.	Descarg a 8.	Descarg a 9.	Descarga 12.	
Material flotante (AUS/PRES)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Temperatura (°C)	28	28	31	31	30	31	27	31	31	26	40
Potencial de Hidrogeno (unidad)	7.42	7.5	7.84	7.56	6.55	6.52	7.34	7.48	7.52	8.02	6.5-8.5
Gasto (L/s)	6.97	7.2	22.4	25.21	2.85	3.05	2.53	21.25	18.84	1.01	--
Nitrógeno total (mg/L)	5.57	5.67	5.56	5.87	17.88	17.77	17.89	5.77	5.97	6.59	25

PARÁMETRO	Ósmosis		Chillers		Planta de tratamiento			Chillers		Retrola- vado	LÍMITE
	Descarg a 1.	Descarg a 2.	Descarg a 3.	Descarg a 4.	Descarg a 5.	Descarg a 6.	Descarg a 7.	Descarg a 8.	Descarg a 9.	Descarga 12.	
Solidos sedimentables (mg/L)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	0.8	0.5	0.4	< 0.10	< 0.10	< 0.10	2.0
Grasas y aceites (mg/L)	6.52	0.57	8.98	8.69	13.2	13.51	18.71	10.85	9.05	8.38	25
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	8.14	9.4	12.88	14.02	67.2	69	67.14	12.1	13.87	24.07	150
Fosforo (mg/L)	< 0.303	< 0.303	< 0.573	< 0.843	3.35	3.34	3.39	< 0.303	< 0.303	1.76	10
Demanda química de oxígeno (mg/L)	18.32	14.4	27.84	26.88	124.8	134.4	125.84	26.88	28.8	47.04	200
Solidos suspendidos totales (mg/L)	9.09	8.08	14	13	66.29	63.64	62.92	12.94	12.36	21.21	125
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	3.15	3.3	5.74	5.74	3.0	3.0	3.0	0.51	7.7	3.0	Ausencia
Huevos de Helminto (Huevos/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	≤5
Arsénico (mg/L)	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	< 0.006	0.2
Cadmio (mg/L)	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	0.2
Cobre total (mg/L)	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	< 0.050	6.0
Cromo total (mg/L)	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	< 0.245	1.0
Mercurio (mg/L)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02
Níquel (mg/L)	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	< 0.096	4.0
Plomo (mg/L)	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	< 0.148	0.4
Zinc (mg/L)	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	20
Cianuro (mg/L)	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	2.0

Respecto a las descargas realizadas en Ósmosis se tiene la concentración de materia flotante ausente en la totalidad de los pozos, lo cual cumple con la regulación de la norma dicha anteriormente. Se tienen valores similares de pH, Nitrógeno total, solidos sedimentables, lo cual puede ser explicado debido a la cercanía que existe en ambos pozos. A diferencia de los demás parámetros, los coliformes fecales se presentan de manera notoria y con variables similares en ambos pozos con un valor mínimo de 3.0 NMP/100 mL y máximo 3.3 NMP/100 mL en los pozos, sobrepasando la cantidad máxima establecida por la NOM-127-SSA1-1994.

En la parte poniente se encuentran las descargas de rechazo, tres, cuatro, ocho y nueve (Chillers). Los cuales mostraron variedad en el análisis químico realizado. Las descargas mostraron una temperatura similar y baja respecto a la norma, en el pH estuvieron en promedio de 7.6, lo cual es permisible, no mostraron material flotante, y en ningún otro parámetro se exceden, a excepción del contenido de coliformes fecales. En donde presentaron valores desde 0.51 NMP/100mL correspondiendo a la descarga ocho y al máximo que es 7.7 NMP/100 mL en la descarga nueve.

En la planta de tratamiento, se realizó el estudio a las descargas cinco, seis y siete. Demostrando en sus resultados valores altos respecto a los demás en grasas y aceites, que son desde 13.2 mg/L a 18.71 mg/L, al igual que en la concentración de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) y SST (Solidos suspendidos totales), que es alta pero permisible respecto a la NOM-067 y NOM-001-SEMARNAT-1996.



En relación con la concentración de coliformes fecales, se mantienen similares las cuatro descargas con 3.0 NMP/100 mL. Excediendo la cantidad permisible, pero manteniéndose más bajo que la mayoría de las descargas anteriormente explicados.

Por último en la descarga número 12, perteneciendo a la sección de retrolavado de alberca del delfinario, se muestran valores altos de pH de 8.02 con relación a las demás descargas que varían desde 6.52 a 7.54 como máximo, en cuanto a la temperatura se presenta como 26 °C muy bajo respecto a las demás descarga que tienen una variación de 27 °C hasta 31 °C, aun así, permanece permisible en cuanto la norma, la concentración de coliformes fecales es de 3.0 NMP/100 mL, que representaría uno de los valores más bajo respecto a las demás descargas.

En general podemos concluir, que las descargas realizadas mostraron valores altos al parámetro de coliformes fecales desde 3.0 NMP/100 mL a 7.7 NMP/100 mL respecto a la NOM-127-SSA1-1994. Además, es importante resaltar las diferencias en las concentraciones de algunos parámetros y se pudiera explicar con la influencia que se tiene a la cercanía del mar en algunas descargas.

#### 8.12.8.2 Muestreo

La hidrogeoquímica analiza la calidad del agua por medio de la geoquímica, que es la ciencia que estudia los caracteres y el comportamiento en la corteza terrestre de los diferentes elementos químicos, su distribución cuantitativa, sus combinaciones, así como sus migraciones (dispersiones y concentraciones); intenta explicar estos procesos y trata de hacerlos utilizables (Custodio y Llamas, 1996).

Los diversos componentes químicos disueltos en el agua sean o no de origen natural, serán benéficos o dañinos de acuerdo con su composición y concentración. La química del agua en cualquier punto refleja importantes influencias: litológicas, atmosféricas, climáticas y antropogénicas; por lo que es fundamental poder identificar y cuantificar estas influencias.

En la clasificación de la calidad del agua se comparan los valores medidos de la concentración de un parámetro físico, químico, o biológico, con los estándares de calidad establecidos en algún instrumento legal y definidos de acuerdo con criterios de uso del agua (Kowalkowski et al., 2006).

Para conocer la calidad del agua en el área del proyecto Grand Sirenis, el día 28 de mayo del 2018 se llevó a cabo la toma de 8 muestras de agua subterránea localizadas dentro, o cerca, del área del proyecto (Tabla 8. 45). La distribución de los sitios de muestreo de agua se determinó a partir de las características del aprovechamiento, la disposición de poder tomar la muestra, así como a partir de la localización y verificación previa realizada en campo por el personal de IDEAS, seleccionando aquellos de mayor interés hidrogeológico.

El muestreo, cuyo objetivo es asegurar que la información y las muestras de agua que se colecten en campo sean representativas y describan de manera exacta las características físicas, químicas y biológicas de la calidad del agua, se realizó por parte del personal del Laboratorio Intertek+ABC Analytic. El análisis de las muestras de los sitios Ps-9, Caleta-S.1, Ps-15 y P-Chemuyil se realizó de acuerdo con los parámetros establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, Modificación 2000 (Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización) y el análisis de las muestras de los sitios Ps-11, Cenote-S.1, C-CHE1 y RCTO7 CHEM-1 se realizó con base en sus principales cationes y aniones. La toma de muestras, en general, se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento indicado en la NOM-230-SSA1-2002 (que establece el procedimiento de muestreo para agua potable y natural).

**Tabla 8. 45.** Sitos muestreados

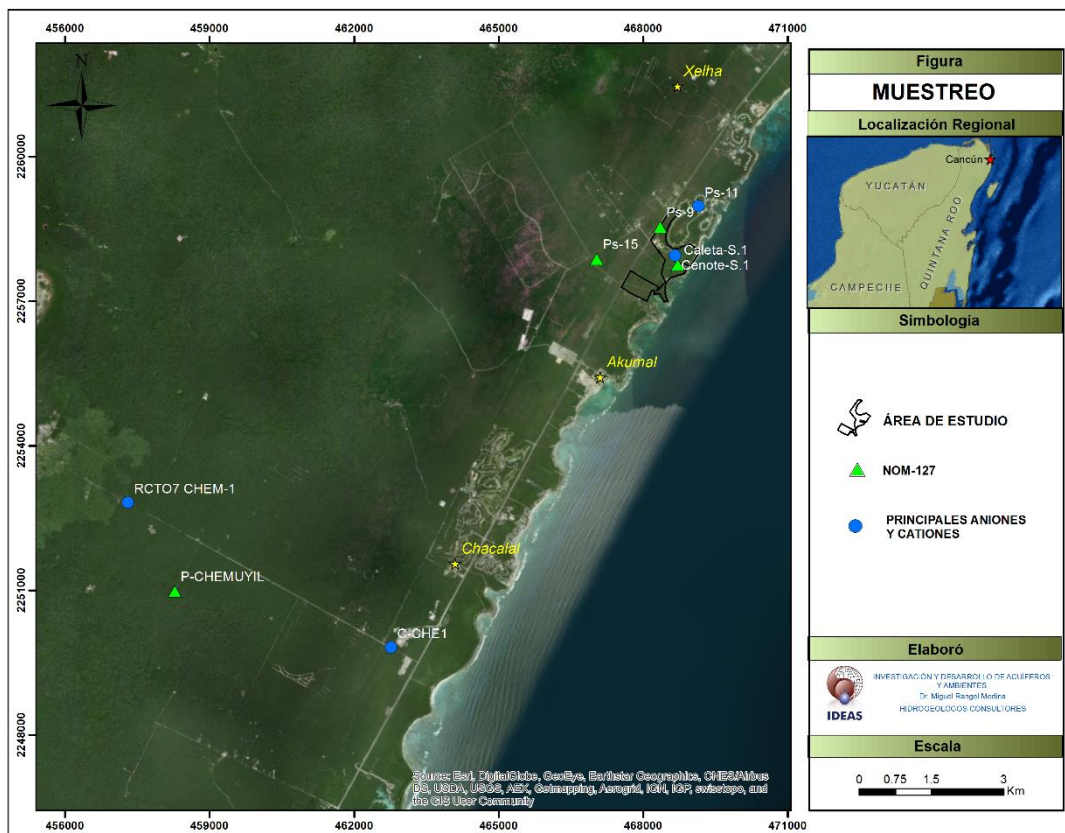
TIPO MUESTRA	DE	CLAVE DEL SITIO	TIPO DE APROVECHAMIENTO	X	Y	Z
NOM-127 + Calcio, potasio, magnesio, bicarbonatos y carbonatos		Ps-9	POZO (HOTEL SIRENIS)	468351.745	2258539.39	14
		Caleta-S.1	CALETA (HOTEL SIRENIS)	468712.193	2257755.05	2
		Ps-15	POZO (PLANTA DE TRATAMIENTO HOTEL SIRENIS)	467031.723	2257873.63	13
		P-CHEMUYIL	CENOTE (CHEMUYIL)	458273.017	2250979.13	17
Principales aniones y cationes		Ps-11	POZO (HOTEL SIRENIS)	469148.716	2258967.95	13
		Cenote-S.1	CENOTE (HOTEL SIRENIS)	468665.505	2257946.1	4
		C-CHE1	CENOTE (CENOTE PUBLICO CHEMUYIL)	462771.881	2249819.89	10
		RCTO7 CHEM-1	POZO (CHEMUYIL)	457310.877	2252823.61	16

En la Figura 8. 43 se muestra la distribución de los sitios muestreados. La toma de las muestras, en el caso de los pozos, se recolectó directamente de la descarga del flujo y en el caso de los cenotes y la caleta se tomó directamente de la fuente procurando no tomar el agua más superficial.

Para este muestreo y en cada uno de los sitios anteriormente mencionados que se analizaron con base en la NOM-127-SSA1-1994 se llenaron un total de 10 envases de plástico de diversas capacidades, 5 de vidrio y dos bolsas estériles; en el caso de las muestras que se analizaron con base en sus principales cationes y aniones se utilizaron los mismos envases con excepción de las bolsas de plástico. Las muestras se preservaron, etiquetaron y colocaron en hieleras de plástico con hielo y previamente fueron selladas completamente y protegidas de los efectos de la luz y el calor excesivo, debido a que las características de las muestras se pueden deteriorar rápidamente por el intercambio de gas, reacciones químicas y el metabolismo de los organismos que están presentes.

Las muestras se enviaron para su análisis al laboratorio **INFORMACIÓN CONFIDENCIAL.** en la Ciudad de México, reconocido ante la Entidad Mexicana de Acreditación.

Figura 8. 43. Localización de los sitios muestreados.



Para cada sitio de muestreo se obtuvieron parámetros de campo, tales como pH, temperatura y conductividad eléctrica, los cuales se anexan junto con los resultados de laboratorio. En la Figura 38 y 39 se presentan algunas fotografías del proceso de muestreo realizado de acuerdo a la NOM indicada.



Figura 8. 44. Muestreo realizado de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.



Figura 8. 45. Muestreo realizado de acuerdo a los principales Aniones y Cationes.



A continuación, se describen los resultados de los parámetros obtenidos en campo, así como también los resultados obtenidos de las muestras enviadas al laboratorio. Con objeto de establecer la línea base de la calidad del agua, se compararon los resultados obtenidos de los parámetros

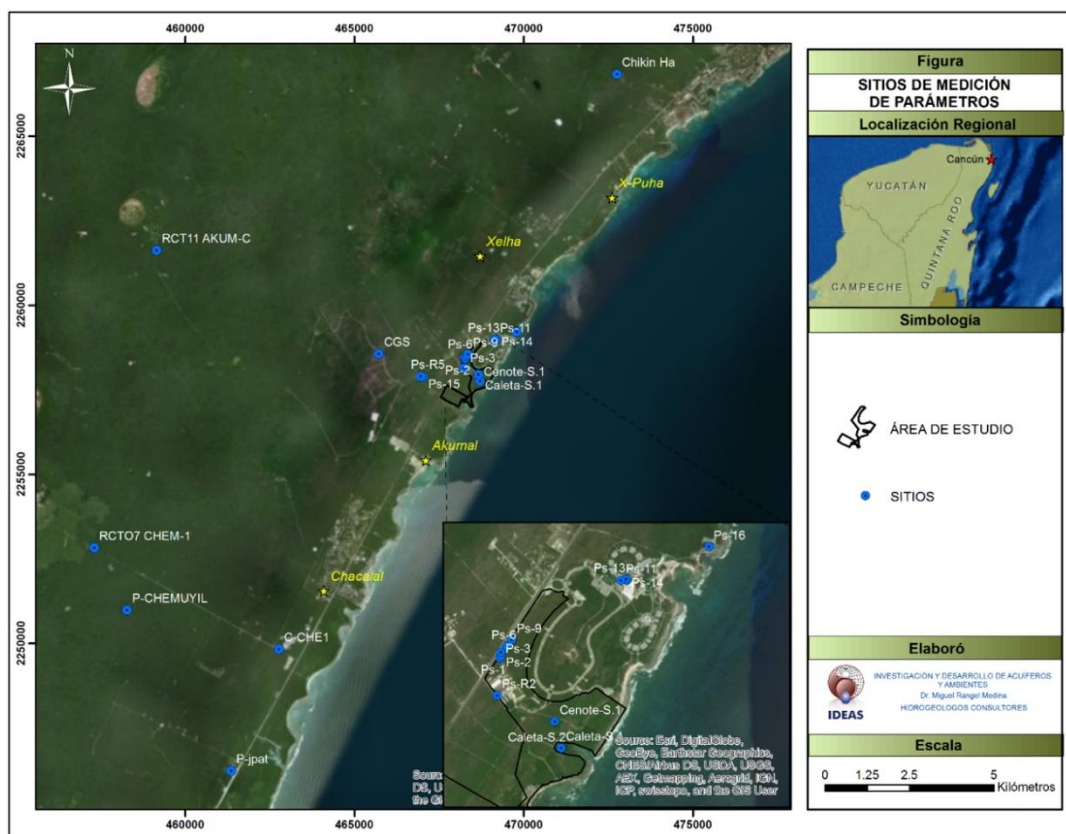
del agua con los límites establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Modificación 2000, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización, y en algunos casos se comparan también con otros estándares establecidos, especificados en cada caso.

### 8.12.8.3 Parámetros fisicoquímicos de campo

Los parámetros fisicoquímicos permiten conocer de una manera general las características del agua asociadas a la cantidad de sólidos totales disueltos, interacción con las condiciones atmosféricas, profundidades diferentes de circulación y la actividad del ion hidrógeno. Estos parámetros deben ser medidos en el campo y, aunque sean menos precisos que las medidas hechas en el laboratorio, son más exactos porque reflejan las condiciones originales del agua dentro del acuífero.

La medición de los parámetros fisicoquímicos de campo se llevó a cabo *in situ* en 22 sitios, entre los cuales se encuentran los sitios a los cuales se les tomó muestra para enviar al laboratorio. La medición se realizó directamente de la descarga del flujo de los pozos, y a la profundidad del nivel estático en el caso de los cenotes, las caletas y los pozos que no se encontraban operando. Las mediciones se llevaron a cabo con una sonda multiparamétrica Hanna HI9828, la cual permitió obtener los valores de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, temperatura, salinidad, pH y ORP. Los sitios en los cuales se midieron parámetros fisicoquímicos se muestran en la Figura 8. 46 y las coordenadas y resultados de las mediciones hechas en campo se encuentran en la Tabla 8. 46.

Figura 8. 46. Sitios de medición de parámetros de campo.





**Tabla 8. 46.** Parámetros medidos en distintos aprovechamientos en campo.

ID	UTM_X	UTM_Y	Z	TIPO APROVECHAMIENTO DE	PARÁMETROS					
					pH	CE (μS/cm)	STD (mg/L)	SAL (PSU)	ORP	T AGUA (°C)
Caleta-S.2	468717.0	2257750.0	2	Caleta	7.25	16710	8359	9.76	-25.80	27.44
Caleta-S.1	468712.193	2257755.05	2	Caleta	7.32	11450	5729	6.49	-21.40	27.16
Ps-16	469791.229	2259211.32	4	Pozo	7.72	49350	24660	32.16	-27.60	27.78
Ps-14	469192.228	2258968.68	13	Pozo	7.48	29410	14690	18.03	-24	29.45
Ps-13	469187.1	2258975.95	13	Pozo	8.16	48830	24400	31.59	-75.90	30.06
Ps-11	469148.72	2258967.95	13	Pozo	7.66	48420	24240	31.50	-45.10	29.77
Cenote-S.1	468665.505	2257946.1	4	Cenote	7.36	8990	4991	5	-3.8	27.73
Ps-R2	468245.768	2258135.92	11	Pozo	7.74	20390	10200	12.08	-42.10	29.64
Ps-1	468267.711	2258406.37	14	Pozo	6.81	7567	3781	4.12	70.50	31.80
Ps-2	468274.105	2258421.84	14	Pozo	7.04	7494	3750	4.11	57.90	29.47
Ps-3	468273.111	2258446.84	13	Pozo	6.88	6063	3021	3.25	69.3	25.93
Ps-6	468317.509	2258491.21	14	Pozo	6.87	3730	1863	1.95	-178.1	26.19
Ps-9	468351.745	2258539.39	14	Pozo	7.07	11800	5891	6.70	-18.20	27.24
Ps-15	467031.723	2257873.63	13	Pozo	7.43	2970	1482	1.53	-309.4	26.68
Ps-R5	466961.383	2257892.96	13	Pozo	7.31	1358	679	0.67	-30.60	31.63
C-CHE1	462771.88	2249819.89	10	Cenote	7.20	3804	1902	2.00	13.60	26.28
P-jpat	461355.427	2246225.01	10	Pozo	6.87	4035	2018	2.12	80.30	28.49
Chikin Ha	472765.768	2266829.89	10	Cenote	7.09	2610	1302	1.33	64.3	25.08
CGS	465727.695	2258562.30	12	Cenote	7.47	2889	1443	1.49	-2.9	28.41
P-CHEMUYIL	458273.02	2250979.13	17	Cenote	7.54	2605	1304	1.34	1.60	27.80
RCTO7 CHEM-1	457310.88	2252823.61	16	Pozo	7.28	960	480	0.47	279.00	28.22
RCT11 AKUM-C	459155.065	2261622.19	11	Cenote	7.4	968	489	0.48	-236.3	27.84

### 8.12.9 HIDROLOGIA SUPERFICIAL

El Proyecto Sirenis se localiza en la región hidrológica denominada 32 A-Quintana Roo (INEGI). La cuenca 32 A se ubica al norte del estado, ocupa 31 % de su superficie e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy; tiene como límites, al Norte el Golfo de México, al Este el Mar Caribe, al sur la Región Hidrológica 33 que coincide aproximadamente con el paralelo 20° de latitud Norte y al Oeste con el límite de Yucatán.

La temperatura media anual de la cuenca es de 26°C con una precipitación que va de 800 mm en el Norte a más de 1,500 mm al Sureste de la cuenca. De acuerdo con las cartas de INEGI, tiene un rango de escurrimiento de 0 a 5% que abarca prácticamente toda la región, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% ó 10 a 20% debido a la presencia de arcillas y limos.

Como ocurre en casi toda la Península de Yucatán, no existen corrientes superficiales en esta porción del estado, debido a sus características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco existen cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que se forman junto al litoral como son la de Conil, Chakmochuk y Nichupté, y que tienen un uso recreativo.

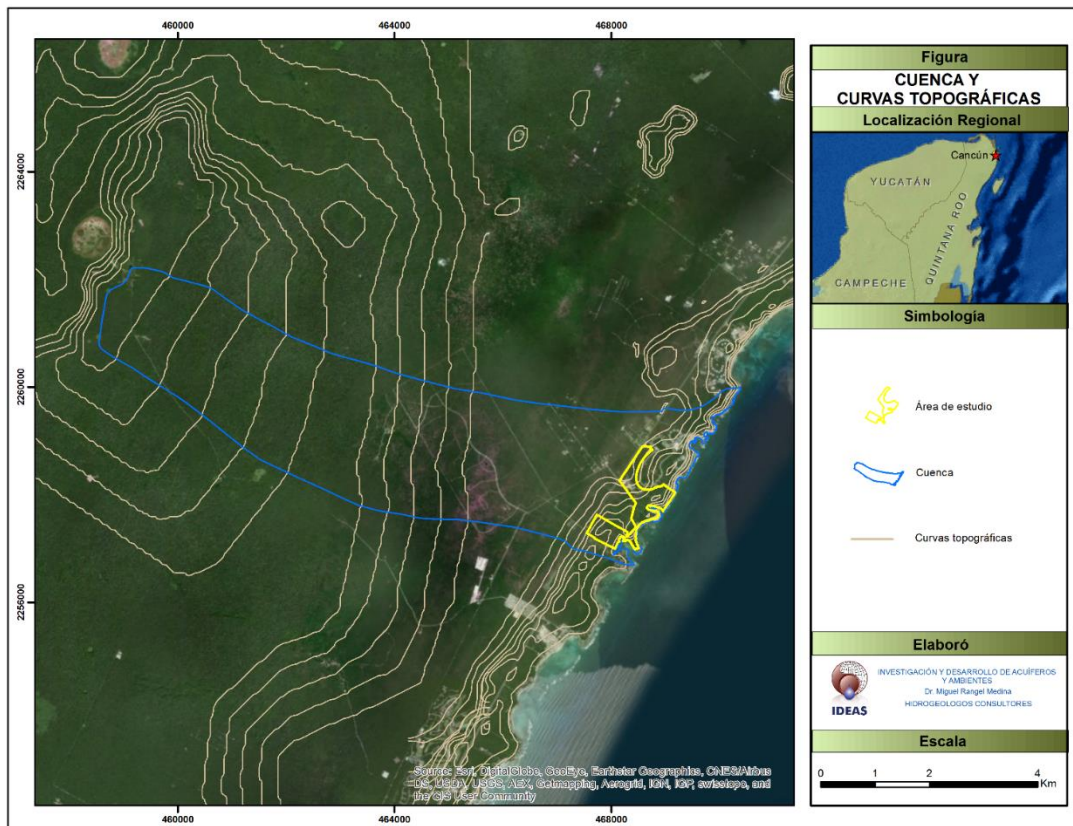
La elevada precipitación pluvial, aunada a la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea de la península, por lo que prácticamente toda el área funciona como zona de recarga propiciando que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido.

En la Figura 8.47, se presenta una imagen de la zona de Proyecto Grand Sirenis Riviera Maya donde se observan las curvas topográficas obtenidas del modelo digital de elevación del INEGI; aunque no existen corrientes superficiales, es posible a partir de la topografía, delimitar el parteaguas de la cuenca que descarga en los terrenos del Proyecto y en los límites del Sistema Ambiental Regional (SAR) terrestre; las curvas topográficas se encuentran a una equidistancia de 2 m de elevación.

El SAR terrestre tiene un área de 3.072 km<sup>2</sup>; y los lotes de los terrenos del Proyecto cuentan con una superficie de 0.833 km<sup>2</sup>.

El área de estudio se localiza en la Región Hidrológica No. 32, Yucatán Norte, de acuerdo con los términos administrativos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). Sin embargo, en esa región no fue publicado el escurrimiento medio anual en el Diario Oficial de la Federación.

**Figura 8. 47.** Cuenca y topografía en la zona de estudio.



### 8.12.10 Esgurrimientos

#### 8.12.10.1 Esgurrimientos inferidos a partir de lluvias y las características fisiográficas de la cuenca

El volumen medio anual de esgurrimiento natural, se determina aplicando alguno de los métodos directos o indirectos en función de la información hidrométrica o climatológica disponible. Se considera que los métodos indirectos arrojan buenos resultados y para la cuenca en estudio, se obtendrá el esgurrimiento generado a partir de los datos de lluvia de la estación climatológica Cancún, la cual es la más próxima a la zona de proyecto.

#### Método del Coeficiente de Esgurrimiento

Se llevó a cabo un análisis considerando el Método del Coeficiente de Esgurrimiento. En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información de registros hidrométricos o no existan estaciones hidrométricas, para determinar el volumen medio anual de esgurrimiento natural se puede aplicar el método indirecto denominado Precipitación-Esgurrimiento, que está dado por la siguiente expresión:

$$\text{Volumen anual de esgurrimiento natural} = \text{precipitación media* anual de la cuenca} \times \text{área de la cuenca} * \text{Coeficiente de esgurrimiento}$$

Donde:

Esgurrimiento por cuenca propia, hm<sup>3</sup>

Área de la cuenca en estudio, km<sup>2</sup>

Lluvia media anual en la cuenca, m

Coeficiente de esgurrimiento, adimensional

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, el rango de validez establece que las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 mm. El coeficiente de esgurrimiento, se determina de manera indirecta en función del tipo y uso de suelo de la cuenca en estudio; a partir del criterio del USCS y por medio del valor de K. Con apoyo de cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, de acuerdo con los tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables); y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la Tabla 8. 47 y se determina el uso actual del suelo. Dependiendo del valor obtenido para K, el coeficiente de esgurrimiento (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Si K resulta menor o igual que 0.15} & \quad \text{Ce} = \text{K (P-250) / 2000} \\ \text{Si K es mayor que 0.15} & \quad \text{Ce} = \text{K (P-250) / 2000} + (\text{K} - 0.15) / 1.5 \end{aligned}$$

K: parámetro que depende del tipo y uso de suelo.  
Ce: coeficiente de esgurrimiento anual.  
P: Precipitación media anual, en mm.

**Tabla 8. 47.** Valores de k, en función del tipo y uso de suelo

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO A	TIPO DE SUELO B	TIPO DE SUELO C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera:	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% -poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75% -regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50% -excesivo-	0.24	0.28	0.30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad; loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos Tipo A; terrenos migajosos.		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loes muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		

### 8.12.10.2 Balance hidrometeorológico

A partir de los cálculos de escurrimientos de aguas superficiales y todos los parámetros climatológicos que intervienen, se realizó el balance hidrometeorológico en el predio del Proyecto Sirenis. Este balance se emplea para estimar las componentes de pérdidas y ganancias del ciclo hidrológico, aplicando la ecuación general de balance de masas:

$$\text{Precipitación} = \text{Escurrimiento superficial} + \text{Infiltración} + \text{Evapotranspiración}$$

### 8.12.10.3 Precipitación

La precipitación media anual se obtuvo a partir los datos de lluvia en cada una de las estaciones climatológicas existentes en el Servicio Meteorológico Nacional, y utilizando el método de isoyetas; considerando el área y la precipitación media anual, el volumen total llovido es de 3.75 hm<sup>3</sup> en la superficie del Sistema Ambiental Regional (SAR) terrestre.

### 8.12.10.4 Escurrimiento medio anual

Se estimó el escurrimiento medio anual con métodos indirectos, utilizando el Coeficiente de Escurrimiento de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, y para el área del SAR terrestre se obtuvo un escurrimiento medio anual de 0.36 hm<sup>3</sup>.

### 8.12.10.5 Evapotranspiración Real

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso debida a la radiación solar. Se denomina evapotranspiración a la evaporación procedente de la superficie del agua, el suelo, la nieve, el hielo, la vegetación y de otras superficies, más la transpiración (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 1994); se estima que en este proceso del ciclo hidrológico

entre el 75 y 90 % de la precipitación total anual que ocurre sobre los continentes retorna a la atmósfera en forma de vapor.

La evapotranspiración está compuesta por la evaporación en superficie junto con la transpiración de las plantas. La evaporación del agua por las plantas se debe a la necesidad de agua que estas tienen para incorporarla a su estructura celular, además de utilizarla como elemento de transporte de alimentos y de eliminación de residuos.

Para estimar la evapotranspiración real (ETR) en el área de estudio, se utilizaron las ecuaciones empíricas de Turc y Coutagne.

Fórmula de Turc

Turc a partir de observaciones realizadas en 254 cuencas distribuidas por todos los climas del mundo, reporta la expresión siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\left[0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real, en mm

P: Precipitación media anual, en mm

L:  $300 + 25T + 0.05T^3$

T: Temperatura media anual, en °C

La limitación teórica de esta fórmula es que para  $P < 0.31$ , L daría una ETR mayor que la precipitación, por lo tanto, en estos casos habrá que considerar a  $ETR = P$ . La evapotranspiración real (ETR) calculada con el método de Turc para el SAR terrestre del Proyecto Sirenis, es de 1,220.0 mm (Tabla 8.48).

Tabla 8. 48. Evapotranspiración Real (ETR), método de Turc

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Evapotranspiración Turc (mm)
SAR terrestre Sirenis	3.072	1,220.0	1,037.2

Fórmula de Coutagne

Coutagne propuso la ecuación siguiente para calcular la evapotranspiración real:

$$ETR = P - \lambda P^2, \text{ con } \lambda = 1.00 / (0.80 + 0.14 T)$$

La fórmula solo es aplicable para valores de la precipitación media anual (P) comprendidos entre  $1/8\lambda$  y  $1/2\lambda$ , estando ETR y P en metros, y T en °C. Si P es menor que  $1/8\lambda$  la ETR es igual a la precipitación, es decir, no existe escurrimiento; si la precipitación es mayor que  $1/2\lambda$  la ETR es prácticamente independiente de P y su valor está dado por la ecuación siguiente:



$$ETR = 0.20 + 0.035 T$$

En la Tabla 41 se presentan los resultados de la evapotranspiración real con el método de Coutagne para el SAR terrestre del Proyecto Sirenis, obtenido a partir de los datos del período de 1981 a 2010.

Tabla 8. 49. Evapotranspiración Real (ETR), método de Coutagne

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Evapotranspiración Coutagne (m)
SAR terrestre Sirenis	3.072	1,220.0	0.8783

### Evapotranspiración Real adoptada

Teniendo en cuenta las limitaciones de cada uno de los métodos empíricos, se consideran apropiados los resultados arrojados por el método de Coutagne, de 878.3 mm. Con esta metodología, el volumen de evapotranspiración es de 2.70 hm<sup>3</sup>.

### 8.12.10.6 Infiltración

Una vez obtenidos los valores de los diferentes parámetros que intervienen en la ecuación de balance, se estimó el valor de la infiltración potencial en la cuenca analizada.

El coeficiente de infiltración potencial por lluvia se obtuvo a través de un balance de agua superficial, para el cual se aplicó la siguiente expresión:

$$\text{Infiltración} = \text{precipitación} - \text{evapotranspiración} - \text{escurrimiento}$$

En la Tabla 8. 50 se presenta un resumen de los valores que intervienen en el balance hidrometeorológico para el área del SAR terrestres del Proyecto Sirenis. El volumen potencial de infiltración es de 0.69 hm<sup>3</sup>.

Tabla 8. 50. Balance hidrometeorológico.

Cuenca	Balance hidrometeorológico			
	Escurrecimiento (hm <sup>3</sup> /año)	Precipitación (hm <sup>3</sup> /año)	Evapotranspiración (hm <sup>3</sup> /año)	Infiltración (hm <sup>3</sup> /año)
SAR terrestre	0.36	3.75	2.70	0.69

Aplicando el balance hidrometeorológico, del orden del 18.4% de la lluvia podría ser infiltrada al subsuelo en la superficie del SAR terrestre del Proyecto Sirenis Riviera Maya, Quintana Roo.

### 8.12.10.7 Mareas

La Secretaría de Marina Armada de México, cuenta con una Red Mareográfica Institucional distribuida en los mares territoriales mexicanos, incluido el Mar caribe, frente a las costas del estado de Quintana Roo.

Se dispuso de datos estadísticos de los años 2009 a 2015 para la estación Isla Mujeres; considerando la ubicación del Proyecto Sirenis, y se llevó a cabo el análisis del Calendario Gráfico de Mareas de la Secretaría de Marina en la estación. Para revisar las condiciones de diferentes épocas, se llevó a cabo un análisis de los niveles de pleamar y bajamar en los años 2010, 2011 y 2015.

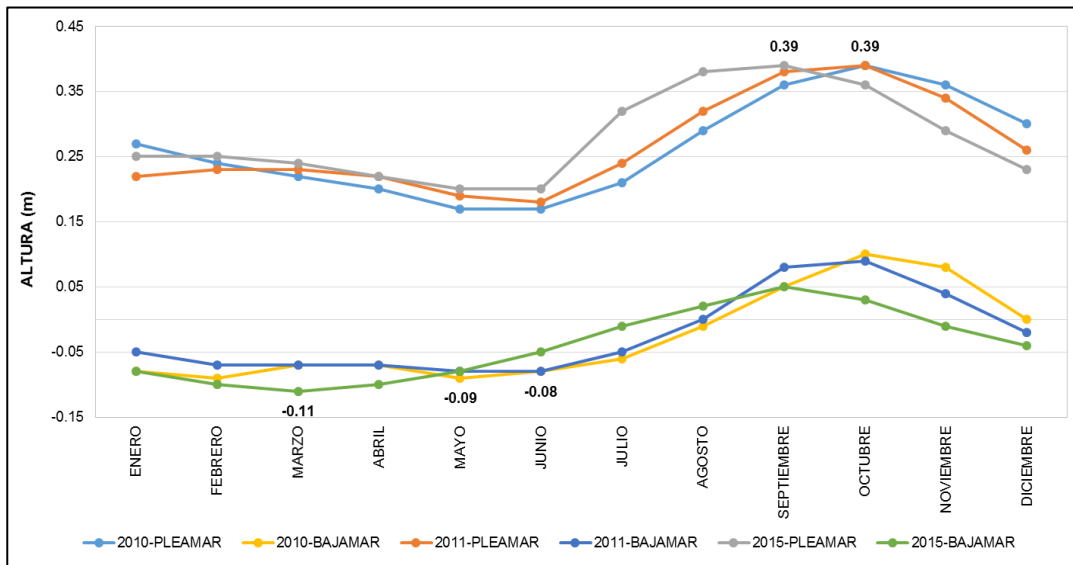
En la Tabla 8. 51 se presentan las elevaciones mensuales, máximas de pleamar y mínimas de bajamar, de mareas en los años 2010, 2011 y 2015. En la Tabla se observa que el nivel de pleamar máximo en los tres años analizados es de 0.39 m, mientras que la pleamar mínima es de -0.11 m y ocurrió en el año 2015.

En la Figura 8. 48 se presentan de manera gráfica la evolución de las alturas de las mareas máximas y mínimas de cada mes en los tres años analizados.

**Tabla 8. 51.** Tabla de Mareas estación mareográfica Isla Mujeres, Quintana Roo. Valores máximos y mínimos mensuales (unidades en m).

MES	2010		2011		2015	
	PLEAMAR	BAJAMAR	PLEAMAR	BAJAMAR	PLEAMAR	BAJAMAR
Enero	0.27	-0.08	0.22	-0.05	0.25	-0.08
Febrero	0.24	-0.09	0.23	-0.07	0.25	-0.10
Marzo	0.22	-0.07	0.23	-0.07	0.24	-0.11
Abril	0.20	-0.07	0.22	-0.07	0.22	-0.10
Mayo	0.17	-0.09	0.19	-0.08	0.20	-0.08
Junio	0.17	-0.08	0.18	-0.08	0.20	-0.05
Julio	0.21	-0.06	0.24	-0.05	0.32	-0.01
Agosto	0.29	-0.01	0.32	0.00	0.38	0.02
Septiembre	0.36	0.05	0.38	0.08	0.39	0.05
Octubre	0.39	0.10	0.39	0.09	0.36	0.03
Noviembre	0.36	0.08	0.34	0.04	0.29	-0.01
Diciembre	0.30	0.00	0.26	-0.02	0.23	-0.04
EXTREMO	0.39	-0.09	0.39	-0.08	0.39	-0.11

Figura 8. 48. Mareas estación mareográfica Isla Mujeres, Quintana Roo.



Con lo anterior, y a partir de los años analizados, los cuales guardan una tendencia similar en cuanto a los valores máximos y mínimos, se considera que la altura de pleamar es de 0.39 m, mientras que la de bajamar es de -0.11 m.

El uso combinado de técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto, e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los Sistemas de Información Geográfica fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión que pudieran representar riesgos importantes; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobrestimación de los mismos.

Con los resultados de este análisis se generó la información necesaria para proponer modificaciones de las fuentes generadoras de impactos ambientales negativos, o en su defecto plantear las medidas necesarias para mitigarlos, las cuales se abordan con detalle en el Capítulo 6 de esta MIA-R. De esta manera, se sentaron las bases para garantizar la mínima afectación al Sistema Ambiental Regional (SAR) al que pertenece el proyecto, así como el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en sus áreas de influencia.

### 8.13 Metodología y técnicas para la identificación y evaluación de impactos ambientales

Actualmente, existen una gran cantidad de técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos

ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y así establecer las medidas para prevenir los efectos negativos en el mismo.

Para identificar y evaluar los impactos ambientales que el proyecto podría ocasionar en su zona de influencia, se aplicaron técnicas probadas y comunes de evaluación de impacto ambiental, que consistieron en:

- i. análisis por medio de los sistemas de información geográfica (SIG),
- ii. listas de chequeo,
- iii. matrices de interacción y,
- iv. juicio de expertos.

En la **Tabla 8. 52** se presenta las características de cada una de las técnicas utilizadas, así mismo se resaltan sus alcances y limitaciones en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

El uso combinado de técnicas hace posible un análisis equilibrado entre la percepción subjetiva y el análisis cuantitativo de la evaluación. Asimismo, permite profundizar en el conocimiento del sitio donde se realizará el proyecto, e identificar las áreas de influencia directa e indirecta del mismo, necesarias para el análisis de los impactos ambientales.

Por medio del análisis de los Sistemas de Información Geográfica fue posible evaluar de forma cuantitativa los impactos ambientales y generar información suficiente para la identificación de los impactos de mayor extensión que pudieran representar riesgos importantes; mientras que a través de las listas de chequeo y las matrices de interacción se identificaron los impactos más significativos, así como sus fuentes generadoras. El juicio de expertos permitió dimensionar los impactos identificados por las otras metodologías para evitar la subestimación o sobrestimación de los mismos.

Con los resultados de este análisis se generó la información necesaria para proponer modificaciones de las fuentes generadoras de impactos ambientales negativos, o en su defecto plantear las medidas necesarias para mitigarlos, las cuales se abordan con detalle en el Capítulo 6 de esta MIA-R. De esta manera, se sentaron las bases para garantizar la mínima afectación al Sistema Ambiental Regional (SAR) al que pertenece el proyecto, así como el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas y recursos naturales involucrados en sus áreas de influencia.

**Tabla 8. 52.** Técnicas utilizadas para la identificación y evaluación de impactos ambientales que potencialmente serán generados por el Proyecto.

Técnica	Alcances
Análisis de cartografía temática y uso de sistema de información geográfica.	La cartografía, las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son herramientas metodológicas muy útiles para la evaluación de impactos ambientales ( <b>EIA</b> ), permiten analizar diferentes parámetros o atributos ambientales (geología, hidrología, tipos de vegetación, asentamientos humanos y actividades económicas, entre otros) de áreas geográficas a diferentes niveles o escalas de información (Zárate et al., 1996). La sobreposición de esta información, más la correspondiente al proyecto propuesto, produce una caracterización compuesta de un ambiente en el que se pueden evaluar cuantitativa y espacialmente impactos directos, así como la simulación de escenarios y riesgos ambientales (Zárate et al, 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).

Técnica	Alcances
Listas de chequeo	<p>Estas técnicas se basan en la elaboración de un listado específico de componentes ambientales, agentes de impacto o etapas del proyecto (Canter, 1977; MOPU, 1982; Westman, 1985; Jain et al., 1993; Smith, 1993).</p> <p>Son métodos que se emplean para la identificación de impactos y preliminarmente para la evaluación de los mismos, bajo la consideración de ciertos criterios o escalas (p. ej. de magnitud e importancia). La principal desventaja de estas técnicas es que no permiten definir o establecer las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el medio ambiente, tampoco la identificación y evaluación de efectos sinérgicos (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).</p>
Matrices de interacción	<p>Las matrices son métodos cualitativos que permiten evaluar las relaciones directas causa-efecto y el grado de interacción que puede existir entre las acciones de un proyecto y los componentes ambientales involucrados en el mismo. Las matrices de interacción son herramientas valiosas para la <b>EIA</b>, ya que permiten no sólo identificar y evaluar los impactos producidos por un proyecto, sino valorar cualitativamente varias alternativas de un mismo proyecto y determinar las necesidades de la información para la evaluación y la organización de la misma. Sin embargo, el uso de estas técnicas presenta algunas desventajas que es importante considerar: a) las matrices con muchas interacciones son difíciles de manejar, b) no consideran impactos secundarios o de orden mayor e impactos sinérgicos y acumulativos, c) para la valoración de cada impacto identificado es asignado un mismo peso en términos de los atributos ambientales definidos (p. ej. magnitud e importancia) y d) los valores asignados a los atributos ambientales generalmente son definidos en escalas o valores relativos, por lo que es recomendable sustentarlos con el uso de índices o indicadores ecológicos, económicos, o normas técnicas (Zárate et al., 1996; Gómez-Orea, 2003; Zárate, 2005).</p>
Juicio de expertos	<p>Identificación y dimensionamiento de impactos ambientales directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos con base en la experiencia y juicio de especialistas y evaluadores.</p>

### 8.1.1. Cartografía temática y sistemas de información geográfica

El análisis realizado para la identificación de impactos en el área de influencia del Proyecto y las áreas adyacentes, se apoyó en los planos cartográficos disponibles y en la fotografía de satélite obtenida del programa Google Earth. Se contó también con herramientas cartográficas generadas de manera particular para el proyecto, datos puestos a disposición por el INEGI y planos de usos del suelo y vegetación. Con dicha información se obtuvo lo siguiente:

- Definición espacial del área de influencia ambiental directa e indirecta del proyecto (Capítulo 4).
- Definición espacial del área de estudio de la presente MIA-R (Capítulo 4).

Todas las fuentes de información recabada, así como la generada fueron procesadas dentro de un sistema de información geográfica, mediante el cual se realizaron las sobreposiciones, cuantificaciones y planos temáticos y sintéticos utilizados durante el desarrollo del trabajo y su presentación.

Las especificaciones cartográficas usadas fueron: proyección Universal Transversa de Mercator; coordenadas UTM zona 16N; datum WGS84.



### 8.1.2. Matrices de interacción

Considerando la información de las listas de chequeo y el SIG, se procedió a la implementación de una matriz de interacción entre las actividades previstas por el proyecto y las que se encuentran ya en operación, con los impactos ambientales identificados en las listas de chequeo. Dicha matriz fue denominada Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales. En donde se identificaron los impactos positivos y negativos que potencialmente generará el proyecto, valorando tanto los componentes ambientales que pudieran ser más afectados, como las actividades que generarán la mayor recurrencia o intensidad de impactos.

La matriz antes mencionada constituye un método cuantitativo para la identificación de impactos ambientales y corresponde a una modificación propia de la matriz de Leopold (1971). Es importante destacar que el valor de magnitud establecido en esa matriz corresponde al producto de la suma de interacciones identificadas entre un impacto ambiental negativo potencial identificado y una obra u actividad, como puede observarse a continuación.

Posteriormente se generó una segunda matriz denominada Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales que fue generada para evaluar los impactos identificados en términos de 9 atributos tomados de Gómez-Orea (2003) y que son: consecuencia, acumulación, sinergia, momento o tiempo, reversibilidad, periodicidad, permanencia, recuperabilidad y frecuencia. A cada atributo le fue asignado un valor entre 1 y 3, según la severidad del mismo. El valor asignado a cada atributo se basó en el dictamen de los expertos, los resultados de la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales Potenciales y las listas de chequeo que le dieron origen.

Con los resultados de dicho análisis se pudo calcular el Índice de Incidencia para cada impacto, mediante la aplicación del modelo propuesto por Gómez-Orea (2002).

La conjunción de los diferentes análisis descritos permitió cuantificar los diferentes impactos de posible generación durante el desarrollo del proyecto, así como definir y ratificar las estrategias de mitigación y compensación de los mismos.

### 8.1.3. Evaluación de impactos

Según Gómez-Orea y Gómez Villarino (2013), un impacto ambiental es una alteración del entorno introducida por una actividad humana, interpretada en términos de salud y bienestar humano o de calidad de vida de la población. Según la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente) en su Art. 3º fracción XIX, un impacto ambiental es una modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

De lo anterior se desprende que para identificar los impactos ambientales primero es necesario reconocer tanto los elementos del medio que pudieran ser afectados, como las acciones del proyecto que pudieran alterar el entorno. A continuación, se describe cómo se identificaron y clasificaron los elementos del medio y las acciones del proyecto.

La evaluación de impactos se conforma de las siguientes etapas:

- Identificación de los factores del entorno susceptibles y de las acciones generadoras de impactos.
- Identificación y valoración de impactos ambientales.

Los detalles de estas técnicas aplicadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se puede observar en el Capítulo 5 de esta MIA-R.

## 8.2. Conclusiones

Se presentó de manera sintética la metodología de los instrumentos que se utilizaron en los estudios que sirvieron como base para la elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional.

## 8.3. Bibliografía

•CNA. (1991). Actualización geohidrológica del acuífero de la zona norte del Estado de Quintana Roo. Informe final realizado por Infraestructura Hidráulica y Servicios S.A. de C.V. 145 pp.

CONAGUA (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Península de Yucatán (3105), Estado de Yucatán.

Consultores en Agua Potable, Alcantarillado, Geohidrología & Hidráulica Costera, I.C. (CAPAGHC). (2013).

García E. (1987). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ta edición.

Gomez-Orea, Domingo. (2003). Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 749 pp.

INEGI (2010) Censo general de población y vivienda 2010. [en línea] Consulta interactiva de los datos. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

Instituto de Geografía, UNAM (1990). Atlas Nacional de México. Carta: Geología.

Loreto V. R. M., Gómez Y. (2006). Estudio previo justificativo para la propuesta de establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna. Amigos de Sian Ka'an. 112 pp.

Lugo, J. (1992). Instituto de Geografía, UNAM. Rasgos geomorfológicos mayores de la península de Yucatán. pp 143-150.

Moreno-Casasola P., Infante M. D., Espejel I., Jiménez-Orocio O., Martínez M., Rodríguez-Revelo N., Monroy R. (2014). Quintana Roo. En Marínez M.L., Moreno-Casasola P., Espejel I., Jiménez-Orocio O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. 350 pp.

NOAA (National Hurricane Center) <http://coast.noaa.gov/hurricanes/?redirect=301ocm>

Rangel M. M. (2016). Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto "Caletas artificiales", del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente. Informe elaborado para "Promociones e Inversiones Almendro S.A. de C.V." México. 35 pp.

SEMARNAT S/A. Estudio técnico justificativo para declarar área de refugio para proteger tortuga verde (*Chelonia mydas*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y tortuga caguama (*Caretta*

*caretta*); cuatro especies de corales: cuerno de alce (*Acropora palmata*), cuerno de ciervo (*Acropora cervicornis*); (*Plexaura homomalla*) y (*Plexaura dichotoma*), tres especies de mangle: *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*; tres especies de pastos marinos: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, todos ubicados en el área marina conocida como Bahía de Akumal, Quintana Roo. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 45 pp.

SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la federación (segunda sección). 30 de diciembre de 2010. 77 pp.

Velázquez, A. L. (1986). Hidrología del Carst. Comisión Nacional del Agua.

## 8.4. Anexos

### 8.4.1. Anexos documentales

- Anexo 1.1. Acta Constitutiva
- Anexo 1.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promoviente
- Anexo 1.3 Poder Notariado del Representante Legal
- Anexo 1.4 Domicilio del Representante legal
- Anexo 1.5. RFC del responsable del Estudio de Impacto Ambiental
- Anexo 1.6. CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio
- Anexo 1.6 Cédula profesional del responsable técnico
- Anexo 2.1. Coordenadas de los elementos del proyecto
- Anexo 2.2. Proyecto ejecutivo de mejoramiento y estabilización de playa frente al Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya
- Anexo 2.3 Oficio sargazo 2019
- Anexo 2.4 Informe de vegetación
- Anexo 2.5 Informe de fauna
- Anexo 4.1. Cuadro de coordenadas SAR marino costero proyecto
- Anexo 4.2. Cuadro de coordenadas SAR marino costero extracción
- Anexo 4.3. Dictamen técnico de la condición hidrogeológica del proyecto. Elaborado en octubre de 2016 por la empresa “Investigación y Desarrollo de Acuíferos y Ambiente”.
- Anexo 4.4. Descripción Técnica de Estudios Hidrográficos para Proyecto de Mejoramiento de Playas frente a Grand Sirenis Riviera Maya Resort. Elaborado en marzo de 2016 por la empresa TECNOCEANO.
- Anexo 4.5. Recomendación de la alternativa estructural para la restauración de playas frente al complejo turístico “Grand Sirenis”. Elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en noviembre de 2016.
- Anexo 4.6. Caracterización florística del predio Sirenis, Quintana Roo. Elaborado por GPPA en noviembre de 2012.
- Anexo 4.7. Informe de monitoreo de vegetación del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis”. Elaborado por GPPA en diciembre de 2015.
- Anexo 4.8. Informe de monitoreo de fauna del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya”. Primer Semestre. Elaborado por GPPA en abril de 2016.

- Anexo 4.9. Informe de monitoreo de fauna del proyecto “Desarrollo Turístico Grand Sirenis Riviera Maya”. Segundo Semestre. Elaborado por GPPA en septiembre de 2016.
- Anexo 4.10. Informe de Monitoreo de Calidad del Agua. Alberca Grand Sirenis. Elaborado por GPPA en mayo de 2015.
- Anexo 4.11. Caracterización-zonificación ambiental y actividades turísticas potenciales para la zona costera y marina del Desarrollo Grand Sirenis Riviera Maya. Elaborado por GPPA en noviembre de 2011.
- Anexo 4.12. Quinto informe del Subprograma de Monitoreo Ambiental Marino del Desarrollo Turístico Grand Sirenis. Elaborado por GPPA en julio de 2016.
- Anexo 4.13. Caracterización hidrológica e hidrogeológica del Desarrollo Turístico Grand Sirenis, Riviera Maya, Quintana Roo.
- Anexo 4.14. Caracterización biológica marina para dos bancos de arena. Desarrollo Turístico Grand Sirenis, en diciembre de 2020.

#### 8.4.2. Anexo cartográfico (JPG, JPG (90 X 60), SHP, DXF)

- Localización del área de estudio
- Ambientes terrestres y marinos del SAR
- Tipos de vegetación del SAR terrestre
- Coordenadas extremas de los elementos del Proyecto
- Ubicación del Proyecto respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación de los Bancos de Arena respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación de las Zonas del Proyecto respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación de las Zonas de Bancos del Proyecto respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación del Proyecto “Zona Norte” respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación del Proyecto “Zona Centro” respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación del Proyecto “Zona Sur” respecto a los ambientes terrestres y marinos del SAR
- Ubicación del Proyecto respecto al tipo de vegetación
- Áreas de aprovechamiento temporal respecto a los tipos de vegetación
- Ubicación de los conceptos del Proyecto por Zonas
- Ubicación de las áreas de acopio temporal
- Clima del área de estudio
- Edafología del área de estudio
- Geología del área de estudio
- Huracanes en el área de estudio
- Fotografía Aérea Infrarroja, Falso color y visible
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)
- Sitios RAMSAR respecto al área de estudio
- Área de refugio de especies marinas Bahía Akumal
- Áreas Naturales Protegidas Estatales y Federales
- POEGT respecto al área de estudio
- POEL respecto al área de estudio
- POEMyRGMMyMC respecto al área de estudio
- Regiones Marinas Prioritarias respecto al área de estudio
- Regiones Terrestres Prioritarias respecto al área de estudio
- Sitios Prioritarios de Manglar respecto al área de estudio
- Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad respecto al área de estudio

- Sitios Prioritarios Terrestres respecto al área de estudio
- Zonificación Ambiental del SAR
- Restricciones Legales Ambientales del Proyecto