MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

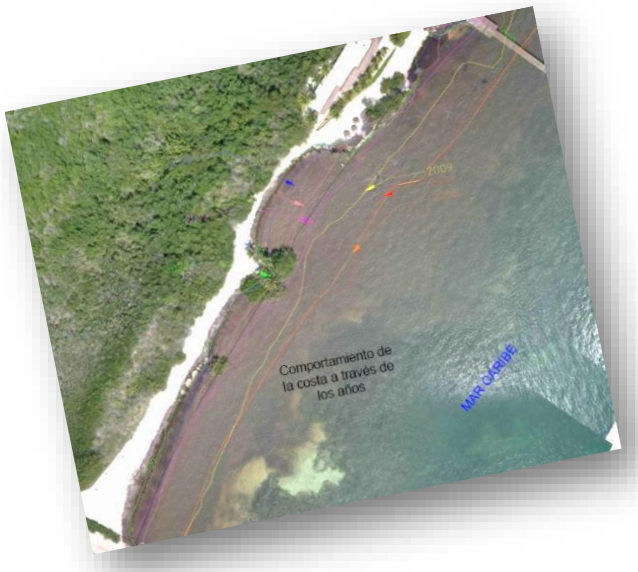
EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD**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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Modalidad Regional

RESTITUCIÓN DE LA PLAYA BAHÍA DEL CARMEN



Elaboro:

Valenemil
Consultoría Ambiental

Junio 2023

Contenido

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... I-1

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO..... I-1
I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO..... I-1
I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO..... I-2
I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE..... I-2
I.4.1 Nombre o razón social..... I-2
I.4.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente..... I-2
I.4.3 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones I-2
I.4.4 Nombre del responsable técnico del estudio I-2

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES..... II-3

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... II-3
II.1.1 Antecedentes..... II-3
II.1.2 Naturaleza del proyecto..... II-11
II.1.3 Dinámica Litoral Esperada. II-24
II.1.4 Justificación del proyecto II-25
II.1.5 Ubicación física y dimensiones del proyecto..... II-33
II.1.6 . Inversión requerida..... II-38
II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA II-40
II.2.1 Programa de trabajo..... II-40
II.2.2 Preparación del sitio y construcción..... II-43
II.2.3 Operación y mantenimiento..... II-64
II.2.4 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones..... II-65
II.2.5 Residuos..... II-66
II.2.6 Generación de gases efecto invernadero II-66
II.3 CONCLUSIONES CAPITULO II II-67

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES..... III-69

III.1 LEYES Y REGLAMENTOS FEDERALES III-69
III.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental..... III-69
III.1.2 Ley General de Vida Silvestre..... III-70
III.1.3 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental..... III-73
III.1.4 Ley Federal del Mar..... III-74
III.2 ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS..... III-75
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. III-75
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad III-94
III.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS..... III-103
III.3.1 NOM-022-SEMARNAT-2003..... III-103

III.3.2 NOM-059-SEMARNAT-2010. ..... III-112
III.3.3 NOM-162-SEMARNAT-2012..... III-114
III.3.4 NOM-041-SEMARNAT-2006..... III-116
III.4 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS III-117
III.4.1 Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Reserva de La Biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano. III-117
III.4.2 Programa de manejo del área natural protegida RBCM III-122
III.5 ÁREAS PRIORITARIAS..... III-128
III.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL PROYECTO Y LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS:..... III-130

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. IV-131

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO IV-131
IV.1.1 Criterios de delimitación del SAR. IV-133
IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL IV-137
IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR IV-139
IV.3.1 Medio abiótico terrestre IV-139
IV.3.2 Medio abiótico marino. IV-144
IV.3.3 Medio biótico terrestre. IV-176
IV.3.4 Medio biótico marino. IV-194
D) CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS PARA COLOCACIÓN DE INFRAESTRUCTURA IV-202
IV.3.5 Caracterización en sitio especifico de aprovechamiento en el Banco de arena. IV-234
IV.3.6 Especies en la nom-059-semarnat-2010. ..... IV-240
IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL IV-247

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL V-255

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS V-255
V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales V-255
V.2 . CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS V-257
V.2.1 Indicadores de impacto ambiental..... V-257
V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS V-260
V.4 IMPACTOS RESIDUALES V-271
V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS V-273
V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES V-273

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. VI-274

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL VI-274
VI.1.1 Medidas de prevención y mitigación. VI-274
VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL VI-280
VI.2.1 Objetivos y alcances..... VI-280
VI.2.2 Líneas estratégicas VI-281
VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO) VI-286

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS... VII-287

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO VII-287
VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO VII-287
VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN. VII-289
VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL VII-289
VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. VII-290
VII.6 CONCLUSIONES. VII-290

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. VIII-292

VIII.1 BIBLIOGRAFÍA. VIII-292
VIII.2 ANEXOS VIII-295

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

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO

RESTITUCIÓN DE LA PLAYA BAHÍA DEL CARMEN.

(en adelante "**el proyecto**")

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La playa que será restituida colinda con el proyecto denominado Bahía de Carmen, por lo que en adelante se la llamará "***Playa Bahía del Carmen***" o "***El proyecto***.

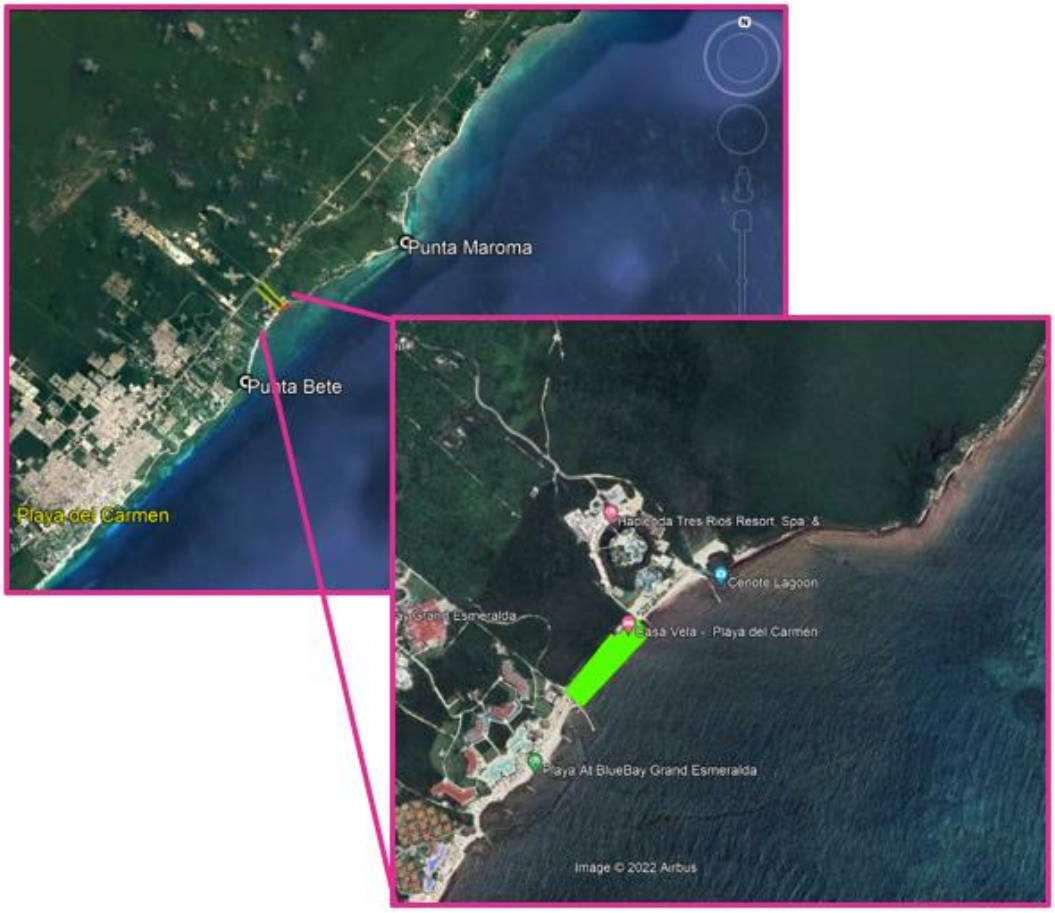


Figura 1. Ubicación de la Playa Bahía del Carmen (recuadro verde) en la playa y zona marina frente al predio Rancho El Porvenir, al norte colinda con las playas del Hotel Tres Ríos al norte y al sur del Hotel Blue Bay (Imagen tomada de Google earth).

El Proyecto se ubica en la playa (zona marina y zona federal marítimo terrestre) que colinda con el predio que se ubica a la altura del kilómetro 301 de la carretera federal 307 en el Municipio de Solidaridad, Estado de Quintana Roo. (En adelante "***Playa Bahía del Carmen***")

Se encuentra entre dos hoteles, al norte Hotel Tres Ríos y al sur hotel Blue Bay Grand Esmeralda, se observa en la **Figura 1** que ambos desarrollos han construido estructuras de protección de la playa.

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO

Para la etapa de operación se solicitan 30 años para la permanencia de las estructuras, el cual incluye las labores de mantenimiento y monitoreo anual.

Para la etapa de preparación y construcción del proyecto se solicita una vigencia de 6 años, considerando que se requiere tramitar financiamientos (lo cual puede tardar años), licencias y autorizaciones. Una vez que se cuente con la autorización en materia de impacto ambiental se proyecta que las actividades se realizaran en un periodo aproximado de 24 meses para trámites administrativos y otras autorizaciones y/o licencias, así como un periodo aproximado de 18 meses para la construcción del proyecto.

I.4 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.4.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Alberto Ramón Baché Zarauz

I.4.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE

[redacted]

I.4.3 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES

Dirección en Quintana Roo: Rancho El Porvenir, ubicado a la altura del kilómetro 301 de la Carretera Federal 307, Chetumal - Puerto Juárez, en el Municipio de Solidaridad, Quintana Roo. C.P. 77710. Teléfono: 984 8010153, Correo electrónico: bachealberto@outlook.com

Dirección zona metropolitana: Zacatecas No. 28 Col. Valle Ceylán, Tlalnepantla, Estado de México. C.P. 54150.

I.4.4 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

[redacted]

Colaboradores:

[redacted]

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto consiste en realizar obras en la zona marina y en la playa para detener la alta tasa de erosión que se presenta en el sitio que está provocando la disminución del ancho de la playa y se encuentra muy cerca de afectar la franja de manglar al interior del predio.

En la serie de imágenes que se presentan en el apartado ***2.1.2. Justificación***, se aprecia la acelerada erosión de la playa y el aumento en el número de estructuras que han colocado los desarrollos vecinos en el sistema ambiental regional lo que ha modificado la dinámica de acarreo de arena, depositación, acreación y erosión de la microcelda.

En primera instancia se presenta la justificación del proyecto con el fin de no ser repetitivos al explicar la naturaleza del proyecto y sus componentes y así el lector (autoridad evaluadora) tenga el contexto del porque se propone una restitución de playa y sea más clara la descripción que se hace de los elementos que conforman el proyecto.

Es importante destacar que el proyecto de restitución de la playa ocupa parte del predio conocido como el Rancho Porvenir II, donde se encuentra autorizado el proyecto Bahía del Carmen, por lo que en las fotografías con vista aérea se observa uno de los edificios de club de playa autorizado.

El club de playa forma parte del proyecto denominado Bahía del Carmen autorizado en materia de impacto ambiental a través del oficio resolutivo S.G.P.A./DGIRA/DG/2726/09, emitido el 22 de mayo de 2009, por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT.

II.1.1 ANTECEDENTES

i. ¿Por qué se requieren obras de protección del manglar y la playa?

La *Playa Bahía del Carmen* como se observa en las siguientes imágenes (**Figura 2**) ha perdido más de 30 m de amplitud a lo largo de 15 años y como se observa en la **Figura 3** desde el 2016 la perdida ha sido más acelerada.

Se observa que el manglar se encuentra en riesgo de ser afectado si no se realicen acciones para recuperar el ancho de la playa y disminuir la velocidad de perdida de arena (erosión de la playa. Aunado a lo anterior en el oficio resolutivo de autorización del proyecto Bahía del Carmen S.G.P.A./DGIRA/DG/2726/09, emitido el 22 de mayo de 2009, señala en la condicionante 3, que señala que la promovente deberá conservarlo y hacer el monitoreo de su estado.

> ***Condicionante 3.*** *La Promovente deberá presentar el Programa de conservación y monitoreo del ecosistema de manglar que manifestó como medida de compensación en la MIA-P para el proyecto, en el cual deberá contemplar además de lo manifestado, los siguientes puntos:…*

El programa de monitoreo se ingresó a la DGIRA el 17 de agosto del 2009 y el monitoreo del manglar comenzará cuando se ejecute l obra.

En la siguiente serie de imágenes se observa la línea roja la línea de pleamar en 2004 y en amarillo los límites del predio Rancho El Porvenir.



Imagen del 2004



Imagen del 2009



Imagen del 2012

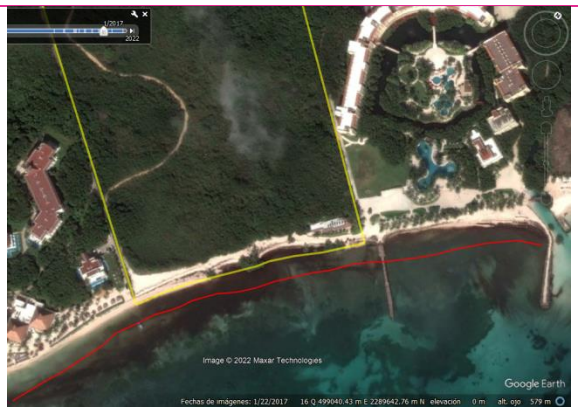


Imagen del 2017

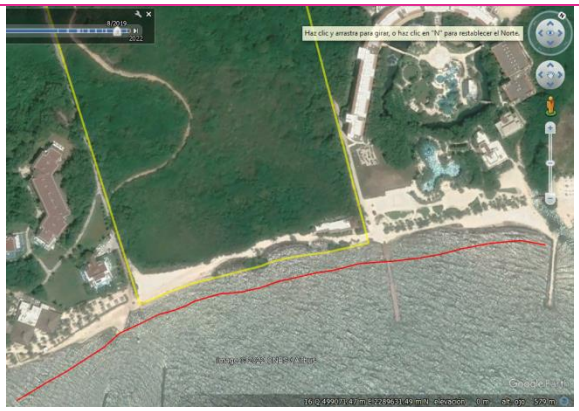


Imagen del 2019

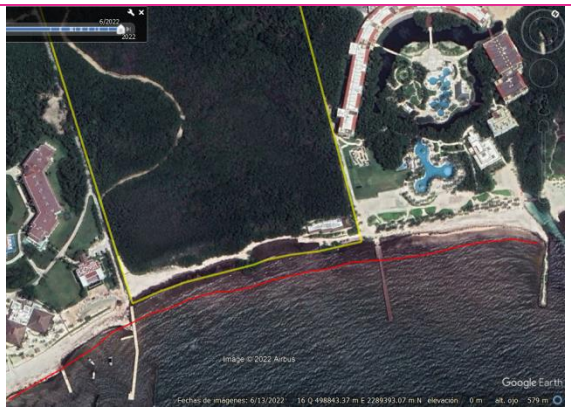


Imagen 2022

Figura 2. Imágenes satelitales (Google Earth) de la playa el Porvenir y las playas colindantes. Se observa que en ambas playas se han colocado estructuras paralelas y perpendiculares a la costa.

Se observa la acelerada perdida de playa del 2019 a la fecha que coincide con la colocación de estructuras perpendiculares en la playa colindante al sur.

En la siguiente imagen (**Figura 3**) se observa el retroceso que ha tenido la playa del 2004 a la fecha, disminuyendo 30 m de amplitud, perdiendo totalmente la franja de vegetación halófita de duna costera con manchones de manglar.

Se observa en las imágenes que además de la franja de manglar también está en riesgo el club de playa que se encuentra en el límite noreste del predio.

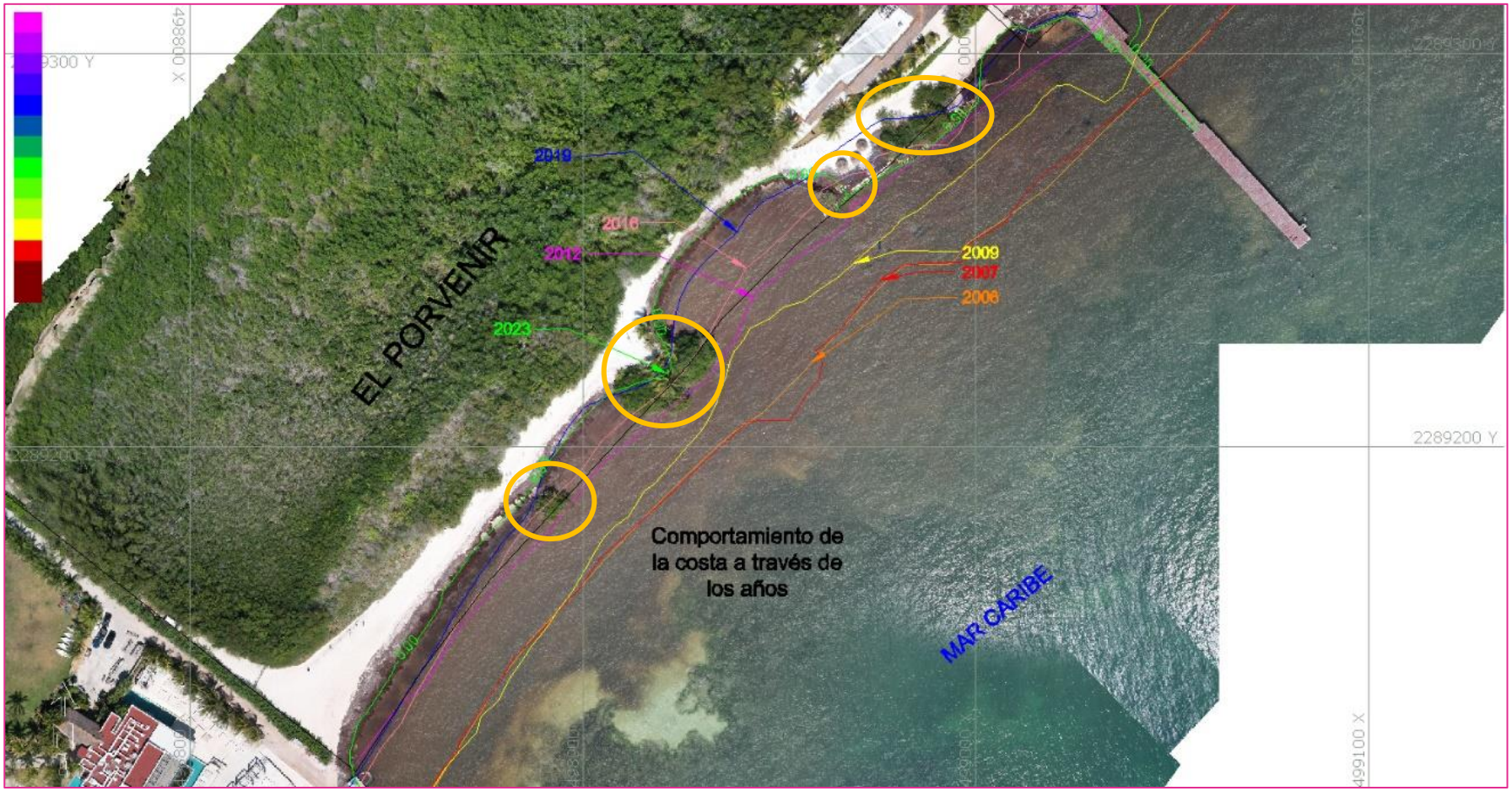


Figura 3. Comparativo de líneas de costa del 2006 al 2023 y fotogrametría actualizada en marzo del 2023. Los círculos amarillos son los mogotes de manglar.

Se observa en las imágenes que además de la franja de manglar también está en riesgo el club de playa que se encuentra en el límite noreste del predio.

Por ello resulta de vital importancia y urgente tomar acciones y detener la acelerada erosión y recuperar la franja de arena, para proteger el manglar y las obras existentes.

ii. ¿Por qué se está erosionando esta playa?

La erosión costera es un fenómeno natural que se origina por la interacción de los procesos climáticos meteorológicos hidrodinámicos y sedimentarios con la morfología costera y con la simetría del fondo de la zona cercana a la costa lo que ocasiona un retroceso de la línea de costa(Guido, et. al. 2009), sin embargo, también se da el proceso de acreción, donde en la línea de costa se retiene la arena y se va acumulando, ganando terreno al mar, si las condiciones meteorológicas permiten el crecimiento de vegetación, al llegar un evento erosivo, la vegetación funcionara como trampa evitando que se erosione toda la arena. (Feliz y Silva, 2007, Guido, et. al. 2009).

Más allá de los procesos físicos y geológicos que modifican de forma instantánea o gradual el comportamiento de un sistema litoral, son las actividades antropogénicas las que alteran las fuentes de abastecimiento natural de sedimento (e.g. dunas, barras, vegetación, arrecifes, pastos marinos, entre otros), interrumpiendo la dinámica de erosión - acreción estacional de las playas. La modificación de la capacidad de respuesta propia del sistema ocasiona que éste se torne más frágil al disminuir su resiliencia (Charlier y De Meyer, 1998 citado en Guido, et. al. 2009).

El retroceso de costa en la mayor parte del Caribe Mexicano está asociado a diversos factores como es el incremento del nivel del mar (Acuña, 2012), el aumento en la intensidad y recurrencia de eventos meta oceánicos extremos típicos y atípicos (Mann & Emanuel, 2006) y la falta o escasez de aporte sedimentario (Martell-Dubois, 2013) producto de una disminución del ecosistema arrecifal (Arrecifes Saludables, 2018). La variación en alguno de estos factores puede disminuir o acelerar los procesos de erosión.

> *"Un factor natural que hace vulnerable las playas de la Riviera Maya es que la plataforma continental es muy estrecha, se va haciendo angosta desde Punta Nizuc en donde la plataforma interna que se observa en las imágenes de Google earth alcanza cerca de 8 km mientras que hacia el sur de Playa del Carmen la amplitud disminuye a 400 m lo anterior se debe a la existencia de una serie de fallas que separan las placas tectónicas norteamericanas y del Caribe justo en el canal entre la península y Cozumel se tiene una de esas fallas lo que hace que dicho canal sea profundo 500 m general batimétrica (Chart of the oceans)"* (Guido, et. al. 2009). (Ver **Figura 5**)
>
> *"Se sabe que sobre plataformas estrechas los sedimentos no son retenidos por mucho tiempo sobre las playas, aunque en el área de Playa del Carmen la presencia de barreras arrecifales contribuye a la retención de sedimentos por tanto se plantea la hipótesis de que existe una pérdida de arena desde la plataforma interna hacia el fondo del canal" (Guido, et. al. 2009).*

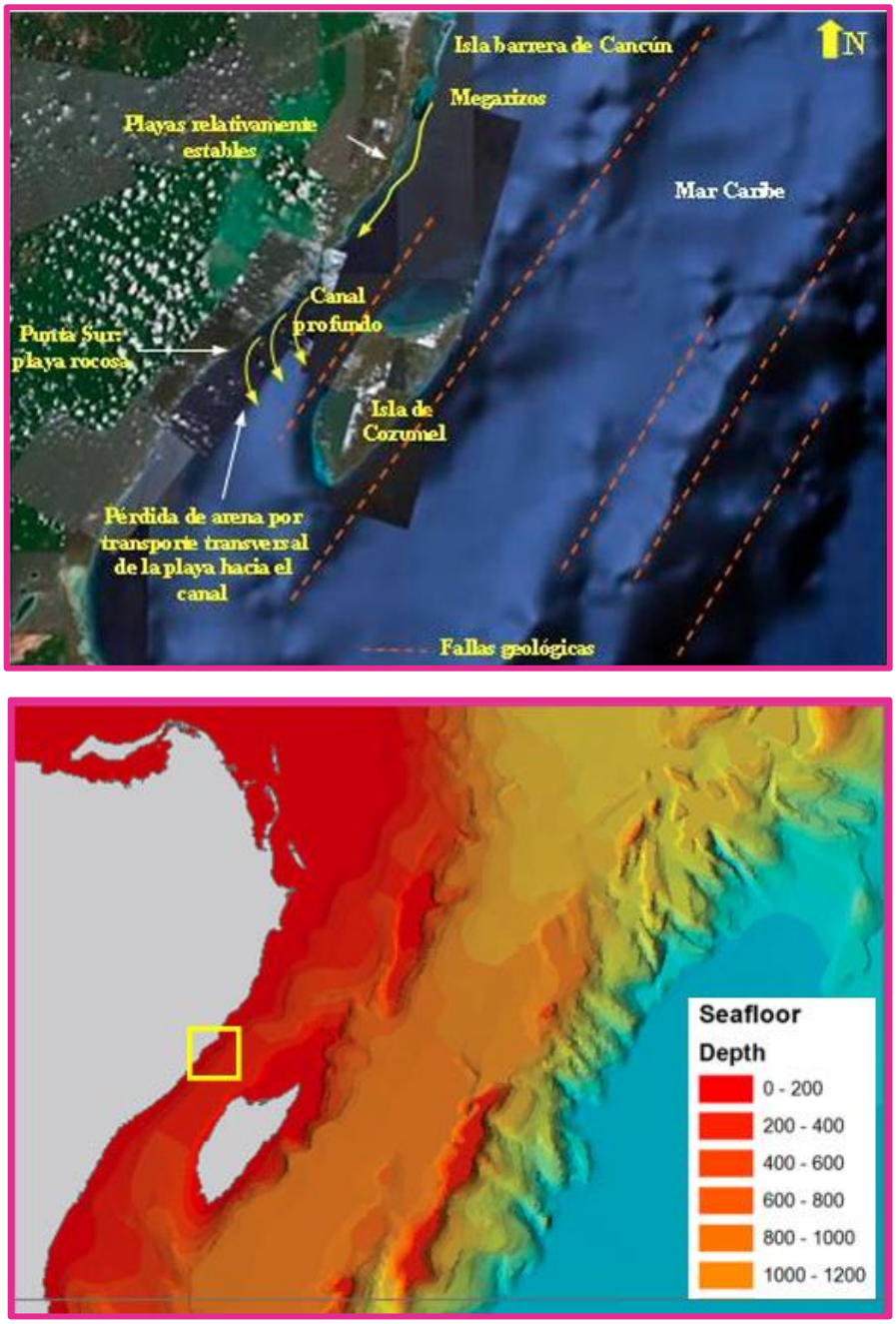


Figura 4. La imagen superior es la dinámica de los sedimentos en playa del Carmen. (Tomada de Guido, et. al. 2009. p 53) **Figura 5.** La imagen inferior es el **r**ecorte de la Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y Golfo de México, donde se observa la plataforma marina del Mar Caribe Mexicano, en el recuadro amarillo la celda de Punta Maroma a Punta Bete. (International Bathimetric Chart of the Caribbean IBCCA, 2022)[1]

Se observa en la **Figura 4** que la arena se pierde hacia el canal con profundidades mayores a los 200 m.

[1]www.ngdc.noaa.gov/mgg/ibcca/images/final_gom.pdf , recuperado el 24 de diciembre de 2022)

En el 2021, investigadores del Instituto de ingeniería y de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM (Guimarais, et.al. 2021) publicaron un estudio que recopila trabajos en el mar caribe donde el análisis de resultados señala que la zona norte tiene mayor presión antrópica y de fenómenos naturales. En las recomendaciones de acciones de manejo señalan la restauración de las zonas de manglar, pastos y arrecifes.

Se observa que los estudios coinciden en que el oleaje es de mayor intensidad en la zona norte del Estado donde se ubica el proyecto, que hay playas de acreción y erosivas, las primeras coinciden con la protección por los arrecifes de coral, que la producción de arena o entrada de arena al sistema es más lenta, por lo que no se compensa la perdida de arena, y la vegetación es la que ayuda a retenerla y a generar acreción de las barras de arena. (Guido, et. al. 2009). Ruiz-Martínez, Silva-Casarín y Posada-Vanegas(2013, p. 62). Señalan “dos condiciones son directamente responsables de la pérdida permanente de playa seca: el debilitamiento o no existencia del arrecife, y la actividad humana. Obviamente, la combinación de ambas representa la condición más desfavorable”.

Las actividades humanas que han aumentado la erosión en el sistema ambiental son:

- La pérdida de vegetación,
- la construcción sobre las dunas,
- la colocación de estructuras sin estudios integrales (se van colocando por proyecto)

A estos eventos puntuales hay que sumar los ciclos naturales mayores: atmosférico (el niño, la niña), marino (aumento del nivel del mar) y ecológico (disminución de arrecifes); que ponen a los sistemas litorales en situaciones críticas y crónicas (Oderiz, et. al. 2014).

Algunos autores señalados por (Guido, 2009) señalan que se recomiendan soluciones blandas como geotubos, y evitar las “duras” como los espigones, escolleras, creemos que puede ser porque son más fáciles de colocar y de quitar, porque estas no brindan ningún otro servicio ecológico en el sitio donde se colocan que no sea atenuar el oleaje.

Grey, E. y colaboradores quienes realizarón los estudios hidrográficos y los modelajes de diferentes propuestas de protección para el presente proyecto (Anexos 1, 3 y 5) señalan que:

En la actualidad, de acuerdo a diversos estudios realizados por las instituciones académicas como el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM), El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), así como el Departamento de Ingeniería Costera ubicado en Mérida Yucatán, a través de diversos trabajos de investigación llevados a cabo por doctores y maestros investigadores de las instituciones previamente mencionadas, se puntualiza que las playas de muchas partes del mundo y en particular para este trabajo, la costa de Quintana Roo, año con año se han visto severamente afectadas por el efecto erosivo constante debido a tormentas estacionales y huracanes. Estas tormentas han tenido cada vez mayor fuerza y efecto erosivo en la costa (González, et al, 2013).

El problema local de la playa frente al predio Bahía del Carmen se deriva en primera instancia de estas estructuras identificadas en la microcelda, en donde dos estructuras detienen el transporte litoral, pero también haciendo un análisis global está definido por la arena que se mueve en la mesocelda y en la macrocelda, de manea general en la macrocelda se puede asegurar que no hay una fuente importante de sedimentos que alimente las playas por lo que es imprescindible inyectar arena de un banco marino.

Es importante identificar los problemas de raíz en este fenómeno de erosión, que ha derivado en pérdida de vegetación en la duna costera, matorrales y especies rastreras. A continuación, se mencionan los más importantes:

1. **No existe protección**. No existen formaciones naturales de arrecifes frente al predio que ofrezcan protección ante el embate de las olas. Por esta razón se propone la colocación de barreras artificiales que ayuden a disipar la energía de la ola.
2. **Fuentes de arena.** La arena que hay en las costas de Quintana Roo es arena biogénica, lo que significa que proviene de desechos de seres vivos como peces, caracoles, corales, etc. Esta arena se genera muy lentamente y no existe una fuente de la que fluya para compensar la arena que se va de las playas, por esto es importante dar mantenimiento a las playas trayendo la arena que se encuentra en bancos marinos para colocarla en las playas nuevamente, este proceso se tendrá que hacer periódicamente ya que cada año pasan muchas tormentas que arrastran la arena hacia el mar hasta una profundidad de la que ya no puede regresar. La solución a este problema es recuperar la arena de los bancos marinos existentes y proteger la arena de las playas con rompeolas efectivos.
3. **Previsión y flexibilidad para cambiar.** Ya que el clima está cambiando debemos continuar monitoreando las condiciones hidrodinámicas frente al desarrollo Playa Bahía del Carmen y el desempeño de los rompeolas para evaluar si en algunos años será necesario algún cambio en el proyecto.

El principal atractivo turístico de la Riviera Maya es la playa y el disfrute del mar Caribe , y lo deseable es tener una playa sana y estable respetando el dinamismo natural costero. Todos los desarrollos costeros dependen de la belleza y amplitud de sus playas, por tal motivo es imperativo llevar a cabo un proyecto de recuperación y estabilización de estas.

iii. Estudios previos en la microcelda y mesocelda.

En particular en el desarrollo Bahía del Carmen se realizaron estudios hidrográficos de batimetría y topografía para poder medir el grado de erosión.

Para la zona de estudio, se delimitaron 3 celdas: la macro, meso y micro celda. Se entiende por **celda litoral** aquellos sectores de las playas en los cuales es posible estudiar los procesos del transporte de sedimentos en forma aislada (Committee on Mitigating Shore Erosion Along Sheltered costas, citado en Guido, et. al. 2009).

- La **macrocelda** está delimitada al norte por Punta Maroma y al sur por Playa Coco Beach; ambas puntas se consideran límites naturales porque en ellas el transporte litoral se ve disminuido, no se interrumpe, sin embargo, la velocidad a la que se mueve es más lenta que en las partes lineales.
- La **mesocelda** está delimitada al norte del hotel Tres Ríos también en una punta que además tiene un afluente de agua dulce y al sur por Punta Bete, ambos entorpecen el movimiento de sedimento bilateral y son los límites de celdas contiguas.
- La **microcelda** que está delimitada al norte por un espigón artificial en el desarrollo de Tres Ríos y al sur por otro espigón artificial que interfieren con el transporte litoral de manera local. En esta última, serán analizados los procesos hidrodinámicos y morfológicos que tienen lugar por la acción del clima marítimo que caracteriza la región.

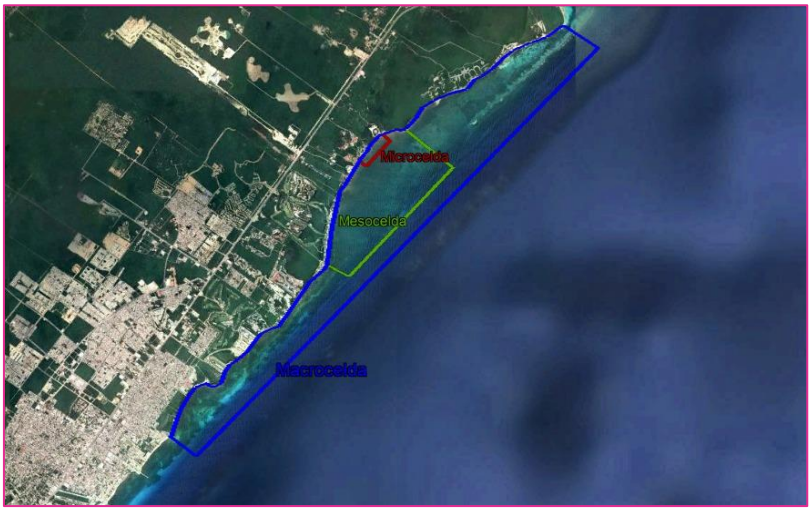


Figura 6. Se observa la macro, meso y microcelda.

En la celda Punta Maroma – Punta Bete donde se ubica el proyecto, Itzaxo Oderiz, (et. al. 2014) como parte de un equipo multidisciplinario realizó un estudio, donde se concluye que la zona es vulnerable por las mismas causas descritas, y propone como solución:

> *El presente trabajo propone una solución que combina medidas rígidas y blandas como medio para recuperar la estabilidad de todos los elementos en la celda litoral Punta Bete-Punta Maroma. La medida blanda consiste en la alimentación artificial con arena extraída de la zona costera. Esta arena, como se ha demostrado numéricamente, fue extraída de la playa seca y sumergida por las tormentas por lo que, desde este punto de vista, la medida blanda sugerida puede entenderse como una recuperación del estado original del sistema playa-duna. Es sencillo pensar que esta acción por sí sola puede tener una vida corta ya que las tormentas recurrentes que ocurren en el Caribe llevarán la arena de regreso al área cercana a la costa. Esta es la principal motivación para la adición de la parte rígida de la solución propuesta.*

Y propone 3 alternativas duras, A) rompeolas en ambas puntas atenuando significativamente el oleaje de tormenta. B) propone pequeñas barreras que, al estar situadas cerca de la línea de costa, evitarán que los sedimentos de la playa se pierdan en aguas profundas, esta es la más eficiente para tormentas leves y severas. Y la C) que implican barreras pequeñas con beneficios muy locales que requieren la inyección de arena y el mantenimiento de la duna. Esta alternativa muestra mejor eficiencia para un régimen medio y tormentas suaves y es posible que las barreras y la medida suave necesiten mantenimiento y/o reconstrucción después de un huracán fuerte.

iv. ¿Por qué un arrecife artificial?

Los arrecifes artificiales pueden prestar algunos de los servicios ecosistémicos de los arrecifes naturales de coral como protección de la línea de costa al atenuar la fuerza de las olas (Ruiz-Martínez, Silva-Casarín y Posada-Vanegas, 2013; Moberg y Rönnbäck, 2003 citado en Elliff, & Silva, 2017)

- La mayoría de las playas que tienen mayor resiliencia es porque están protegidas por los arrecifes de coral.
- En los arrecifes artificiales se generan nichos para las especies nativas que se observan en los arrecifes de coral. Se ha observado que los primeros que llegan son los peces que encuentran zona de refugio entre las estructuras, dependiendo del material utilizado llegan

esponjas incrustantes y algas, y sobre estas primeras capas se asientan corales escleractinios (Observación personal en el seguimiento de los arrecifes artificiales en Puerto Morelos).

- Se conforman condiciones parecidas a una laguna arrecifal (Entre el arrecife artificial y la playa) por lo que en el lecho de pastos también llegan especies que al encontrar una zona con oleajes de menos intensidad encuentran un sitio de alimentación, refugio y reproducción.

II.1.2 NATURALEZA DEL PROYECTO

A partir de las consideraciones señaladas en el apartado ***2.1.2. Justificación***, y de los estudios técnicos se eligió la mejor propuesta con el **objetivo** de crear un sistema integral que ayude a recuperar, estabilizar y mejorar la playa frente al desarrollo Bahía del Carmen, el proyecto que se somete a evaluación conforme el artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y articulo 5 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA) consiste en:

a. **Construir tres Rompeolas** denominados, **Rompeolas 1, 2 y 3**, los cuales se construirán de forma paralela a la línea de costa; el **rompeolas 1** tendrá un ligero ángulo, el **rompeolas 2** será recto y el **rompeolas 3** tendrá una geometría similar a un bumerán. Los rompeolas 2 y 3 tendrán la corona de 6 m de ancho, mientras que el rompeolas 1 tendrá una sección de 2 m y otra de 6 m de ancho.

Los tres rompeolas tendrán un nivel de 0.50 metros sobre marea media, con un talud en la cara que da al oleaje de 2(H) a 1(V) y en la cara que da a la costa un talud 1.5 (H) a 1(V). Estos pueden ser construidos de elementos de concreto precolados de forma de tetrápodos, cubo sólido o algún otro elemento de patente. Se busca una forma irregular para generar mayor superficie de contacto donde las olas rompan y liberen energía y disminuya la reflectividad (en caso de usarse cubos ranurados y se colocarían de forma aleatoria).

b. **Recuperar el ancho de la playa.** Con el propósito de recuperar la playa se propone **rellenarla con arena** de la misma granulometría a la que se encuentra actualmente (original), conformar una duna con geotubos y forestarla con vegetación halófita y proteger los ejemplares de manglar que se encuentras actualmente en riesgo de desaparecer (los llamaremos *mogotes de manglar*), para que sus raíces no sean enterradas al verter la arena. Y también como parte de la playa se construiría un *vertedero* o *boca de desfogue artificial* para evitar que en lluvias extraordinarias el agua que escurre del predio hacia el mar arrastre la arena.

b.1. **Extracción de arena de un banco marino, transportarlo e inyectarlo para el Relleno de la Playa**.- para conformar la playa.- Se proyecta inyectar arena para acelerar el proceso de recuperación de la línea de costa y mejorar el aspecto estético de la misma, (esta puede venir de un banco terrestre cercano o de un banco marino cercano a la propiedad), ya que no hay bancos de arena cercanos se ha optado por **explotar un banco de arena** explorado frente a Playa Mamitas en Playa del Carmen, que se encuentra a 9.5 km al Sureste.

La propuesta es utilizar una draga de tolva autopropulsada para extraer y transportar la arena. La draga tiene la capacidad de navegar sobre el banco de arena, extraer la

arena, colocarla en su tolva, navegar al sitio donde se requiere la arena, conectarse a una tubería para bombear la arena hacia la costa y por último verterla y distribuirla en la playa.

b.2. Construcción de una duna artificial arenosa y forestación.- Como parte de la estabilización de la playa, una vez que se concluya el Relleno de Playa para formar una barrera que proteja las instalaciones del hotel, que amortigüe el movimiento del oleaje como lo hace la duna natural y que se encuentre totalmente **forestada con vegetación nativa**, logrando complementar el sistema playa-duna para estabilidad a largo plazo.

b.3. Protecciones a los manglares.- Parte importante del proyecto, es la de proteger y fortalecer la presencia de mogotes de manglar frente al predio; dado que se realizará un relleno de playa artificial, con arena bombeada, es primordial construir elementos que brinden protección y garanticen la salud de la vegetación existente. Por tal motivo se deberán construir **protecciones a los manglares** o arriates que consisten en barreras de roca en los márgenes perimetrales de los manglares, con la intención de evitar que la arena bombeada entierre las raíces, limitando el proceso natural de estás de obtener los nutrientes del agua.

b.4. Vertedero o boca de desfogue artificial.- Por último, la construcción de un *vertedero* de aguas excedentes, que como su nombre lo indica, tendrá la finalidad de encausar el exceso de agua acumulada (en temporada de lluvias) para evitar el lavado de la arena del relleno de playa. Se tiene conocimiento de que en períodos de lluvias extraordinarias, el agua de lluvia genera rompimiento en la barra de arena y sale al mar, esto genera pérdidas importantes de arena, por lo que es importante proteger la arena que se vierta en la playa.

Es importante destacar que estas acciones que se mencionan arriba ayudarán a recuperar, estabilizar y mejorar el aspecto de la playa frente al desarrollo, sin embargo, **se requiere de un mantenimiento** de los rompeolas, los canales y de la playa en general, después de episodios de tormenta, o conforme los resultados de los monitoreos anuales lo evidencien.

a) Diseño de los 3 Rompeolas

Durante el análisis de las opciones estructurales se examinaron diferentes opciones constructivas y de disposición, considerando combinaciones de elementos paralelos, perpendiculares y angulados con respecto a la línea de costa así como diferentes elevaciones. La propuesta busca reproducir el efecto de las estructuras naturales de protección generando beneficio en todo el frente del sitio de interés y cuidando posibles afectaciones a las zonas colindantes. En el proceso de diseño se tomaron las siguientes consideraciones: la longitud del Rompeolas: la separación que existe entre el eje de los Rompeolas y la costa, el procedimiento constructivo que se adoptará y la alineación y posición de cada una de las estructuras con respecto a la costa y con respecto a la caracterización del fondo marino. A continuación se comentan otras consideraciones sobre la zona de desplante:

- ✓ Que sea plana o con un talud muy ligero para que la colocación de las estructuras sea estable.

- ✓ Que se encuentren a una distancia considerable de la línea de costa, también llamada línea “cero” actual, para que la playa pueda ensanchar lo proyectado. La longitud de las estructuras y su distancia con la línea cero está relacionado con los efectos que se esperan obtener, basándonos en los criterios del Manual de Ingeniería Costera (Coastal Engineering, Processes, Theory and Design Practice, 2008).
- ✓ Cuidar la relación Volumen-Costo, proyectando estructuras en profundidades relativamente someras, esto para evitar el incremento de los volúmenes de construcción y en consecuencia los costos.
- ✓ Que no esté situado sobre pastos o arrecifes naturales, procurando así causar el menor impacto posible sobre la vida marina existente.

En consecuencia, se optó por el diseño de tres rompeolas de longitudes variables, paralelos a la línea de costa con una corona a **0.50 m** sobre el nivel medio del mar, con corona de 2 y 6 m de ancho de corona, un talud 2:1(H:V) en la parte expuesta al oleaje y 1.5:1 (H:V) en la parte protegida.

- El Rompeolas 1 tendrá forma similar de bumerán invertido con ángulo de 170° entre las dos secciones, una de 2 m de ancho y 36 m de largo y otra de 6 m de ancho y 58 m de largo, con una longitud total de **94 m** y una superficie de base de **1,383 m²**
- El Rompeolas 2 será recto con una longitud de **74 m**, ancho de 6 m de corona y una superficie de base de **1,237 m²**
- El Rompeolas 3, tendrá una geometría similar al bumerán, con una apertura de 150° en la parte central, de **24 m** cada tramo, que además de tener un diseño más estético, este tipo de rompeolas se ha usado para proteger la costa de oleaje alto, su diseño provoca que la ola sea refractada y su ángulo de incidencia cambie de forma que genera una saliente muy ancha. La superficie de base es de **1,237 m²**

La posición de los rompeolas se observa en la **Figura 8** y en el plano 5 (**Anexo 9**).

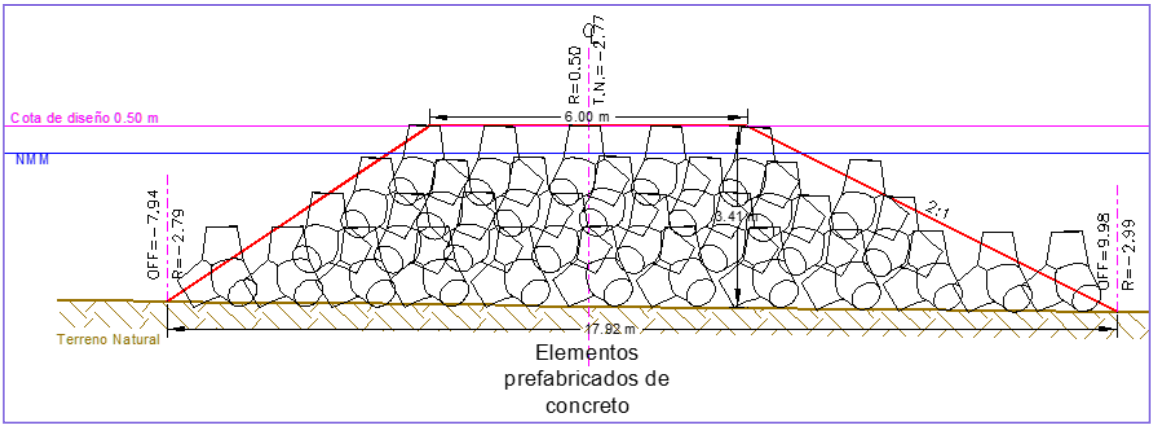


Figura 7. Sección transversal tipo del rompeolas formado con Elementos prefabricados. La ilustración muestra un acomodo ordenado no obstante, es meramente ilustrativo.

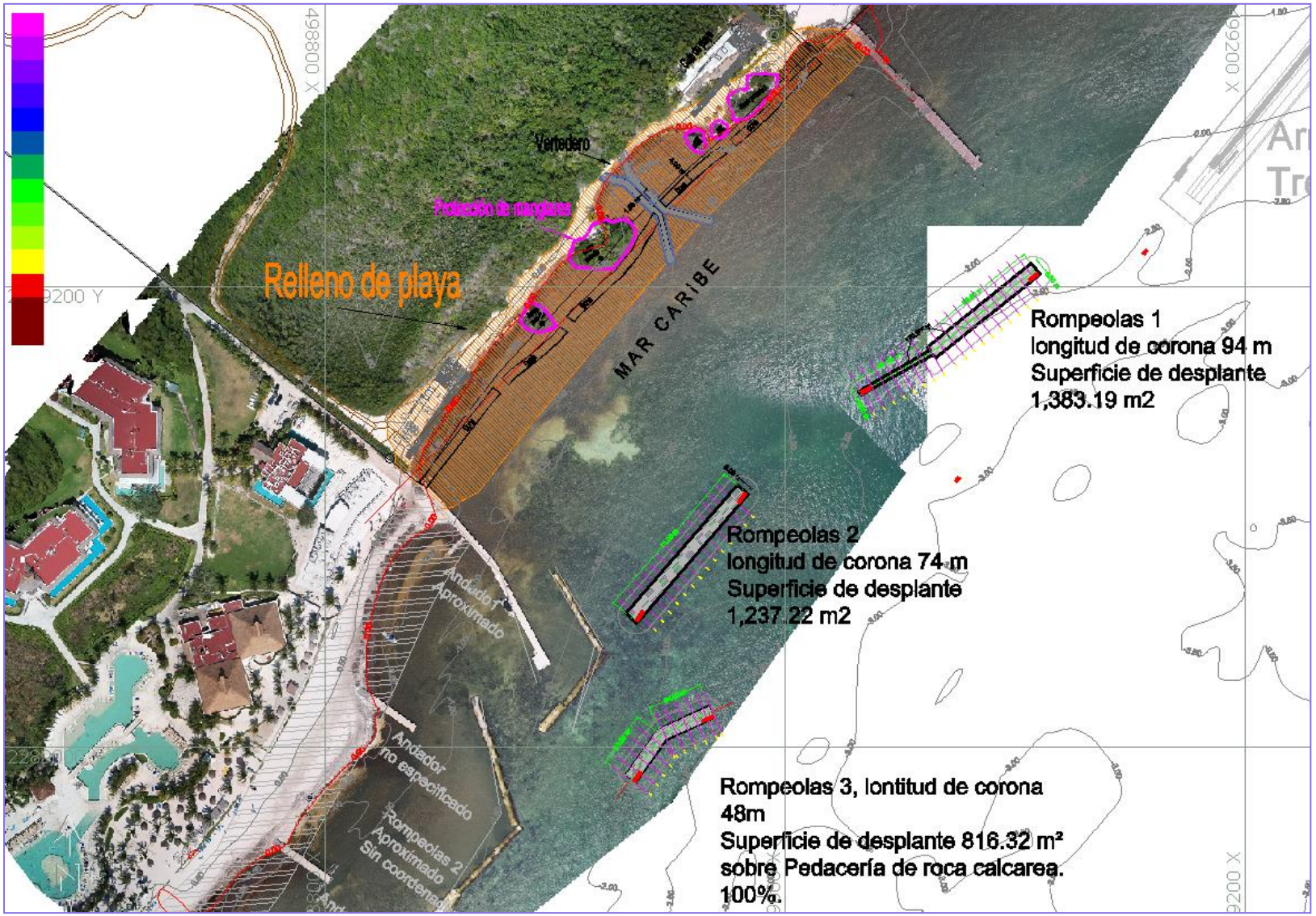


Figura 8. Ubicación y dimensiones de los rompeolas 1, 2 y 3 frente a la Playa Bahía del Carmen, en el corredor Rivera Maya.

A) Relleno de arena

El relleno de arena es indispensable para este proyecto ya que el aporte de arena está muy limitado de forma natural aunado a los cambios en la dinámica de la línea de costa por estructuras al norte y sur de la playa Bahía del Carmen. Se pretende recuperar los 30 metros que se han perdido de playa (Ver **Figura 2** y **Figura 3**), como se ejemplifica en la Figura 9 incluye la conformación de una duna y la distribución de la arena con una ligera pendiente, se proyecta que a corto tiempo la arena se reacomodara para generar una dinámica "natural" ya con las estructuras de protección.

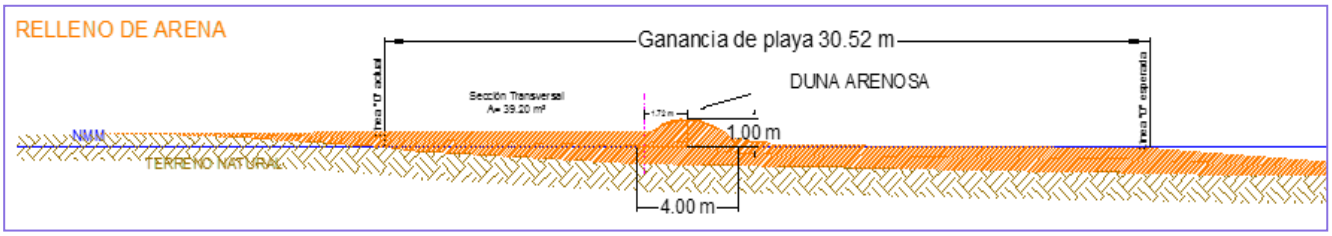


Figura 9. Perfil de relleno de playa.

La superficie con relleno de arena ocupa una superficie de **11,059 m^2** conformando un polígono con las coordenadas que se muestran en la **Tabla 4**:

b.1) Banco de arena.

El polígono del banco de arena (representado por una línea color rojo) es de una superficie de 501,140.09 m^2 mientras que el polígono propuesto (línea color naranja) para extraer arena es de 14,551.42 m^2. En resumen, solamente se propone la extracción del 2.9%.

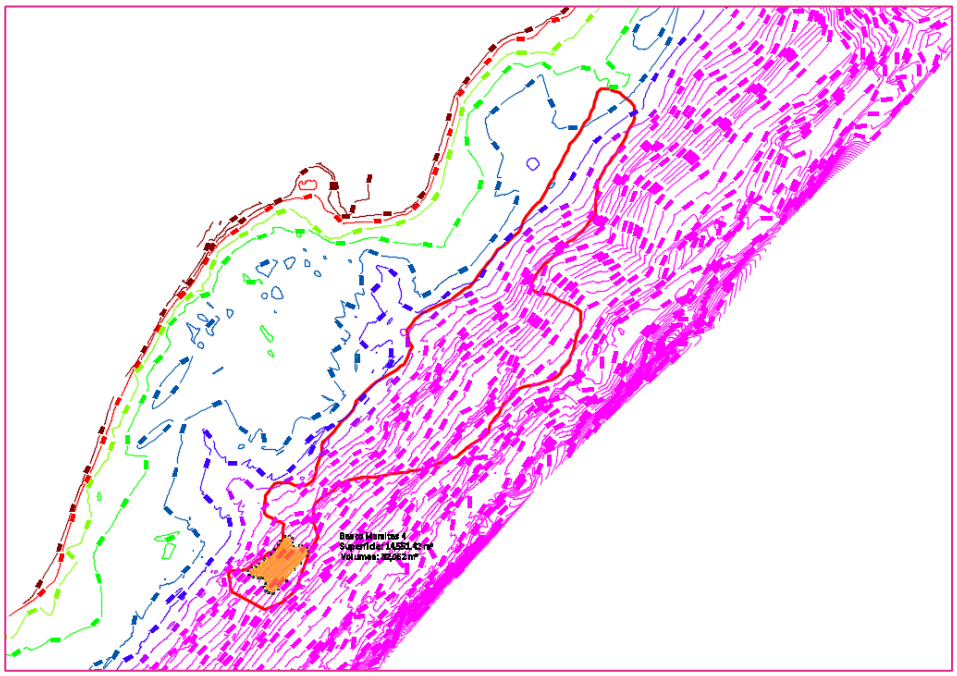


Figura 10. Polígono en color rojo del banco que encierra el polígono de banco de arena propuesto para el préstamo en color naranja.

En estos 14,551.42 m^2 existe un volumen de arena de **49,511 m^3** de los cuales únicamente se extraerán **13,521.30 m^3** es decir el 27 % del volumen disponible en el del 2.9 % del polígono.

El banco de arena a utilizarse es el llamado **Mamitas 4**, se encuentra aproximadamente a 9.5 Km al sureste del sitio del proyecto. Es de señalar que se buscó arena que tuviera las mismas condiciones que la arena que aún queda en la playa, lo que se busca es la restitución a las condiciones parecidas a las originales.

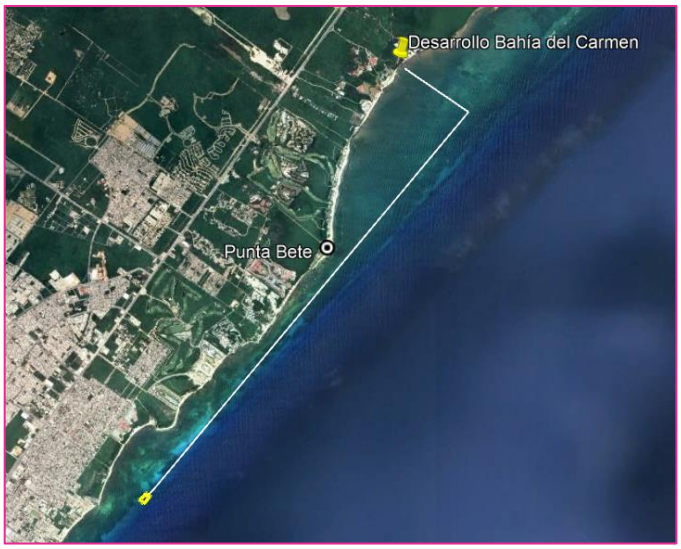


Figura 11. Se observa la distancia del banco de arena (polígono amarillo) al predio que es de 9 kilómetros.

Las coordenadas del polígono donde se extraerá la arena se presentan en la **Tabla 5**.

La arena del banco Mamitas 4 se encuentra a una profundidad de entre **9 m** y **13 m** y se encuentra aproximadamente a 600 m de la línea de costa, a estas profundidades el oleaje normal y de tormenta estacional no levantan los sedimentos del fondo y por lo tanto estos no son capaces de viajar, de manera que ninguna playa será afectada por falta de arena.

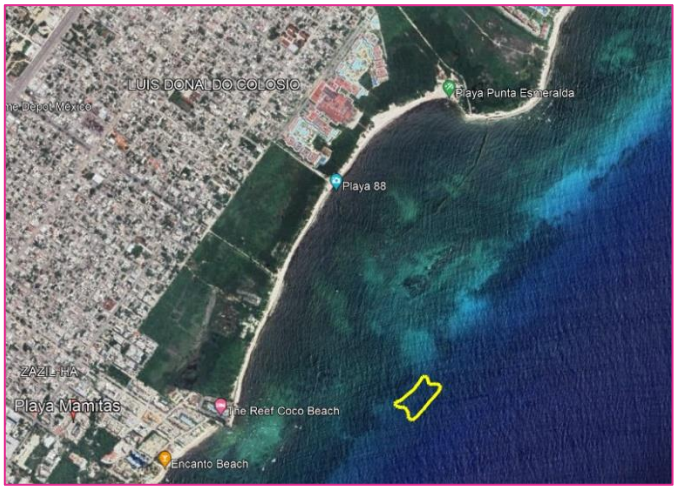


Figura 12. Distancia del banco de arena de la costa es de 600 m, se observa su ubicación frente a la Col. Luis Donaldo Colosio en la Ciudad de Playa del Carmen.

Dinámica sedimentaria para formación de bancos de arena.

A continuación, se explica por qué no existe ninguna afectación por la extracción de la arena de este banco, donde como se observa en la **Figura 4** que está destinada a perderse en la zona profunda, por lo que no se está afectando a ninguna playa o arenal de la zona costera con alguna importancia ecosistémica o servicio ambiental que repercuta a alguna población o comunidad de flora y/o fauna en el sistema ambiental regional.

El transporte de sedimentos es provocado por varios factores; como son, corrientes marinas, mareas, viento, tormentas, oleaje, entre otros. Al proceso natural por el que se mueven los sedimentos en las costas se le denomina transporte o deriva litoral; el cual mueve la arena de forma continua a lo largo de la costa. La formación de un banco de arena marino se lleva a cabo por dinámica propia del sedimento suspendido de precipitar en zonas más profundas al desacelerarse, el principio físico se le conoce como deposición; La deposición tiene lugar cuando el movimiento del agua desacelera y provoca que las partículas de menor tamaño (limos y arcillas) se precipitan al fondo lejos de la costa dado que ahí es donde el agua está más tranquila. Mientras que otras partículas del sedimento de mayores tamaños se depositan en costa ya que ahí es donde las olas y otros movimientos son más fuertes, siempre y cuando haya un aporte sedimentario continuo.

En la **Figura 13** se ilustra como es el movimiento del sedimento de forma longitudinal, el cual una vez que se aproxima el oleaje con un ángulo incidente mueve los sedimentos en una dirección definida por la ola, y una vez que esta misma se recorre costa afuera vuelve a suspender sedimentos.

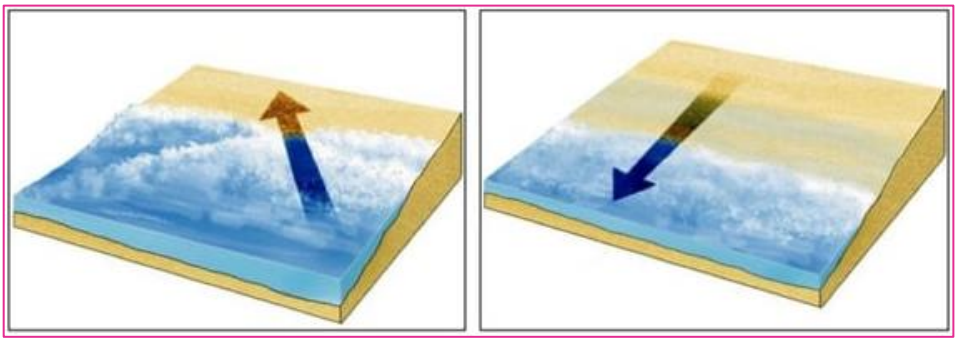


Figura 13. Ilustración de un oleaje incidente sobre la costa en una dirección y su movimiento costa afuera.

El proceso al repetirse una y otra vez va transportando suavemente a lo largo de la costa las partículas a manera de “zig-zag” (**Figura 14**). Todo aquel sedimento de menor tamaño queda suspendido y por dinámica propia del sedimento tiende a irse a zonas más profundas o formaciones en el terreno cóncavas y más tranquilas que generan las condiciones de deposición ideales del sedimento.

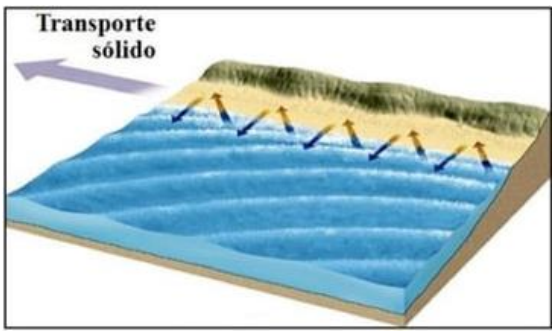


Figura 14. Ilustración de transporte litoral longitudinal.

Con el paso del tiempo, factores como corrientes, mareas, energía de la ola, fuentes sedimentarias, clima, tormentas y la geometría del fondo marino), forman estos cuerpos sedimentarios que se denominan bancos de arena. Generalmente son cuerpos que pueden ser

simétricos o asimétricos en cuanto a su sección transversal y longitudinal; pueden ser en dimensión desde algunos metros de ancho y unas decenas de metros de largo a varios kilómetros de longitud. Con grosores o espesores de centímetros a decenas de metros.

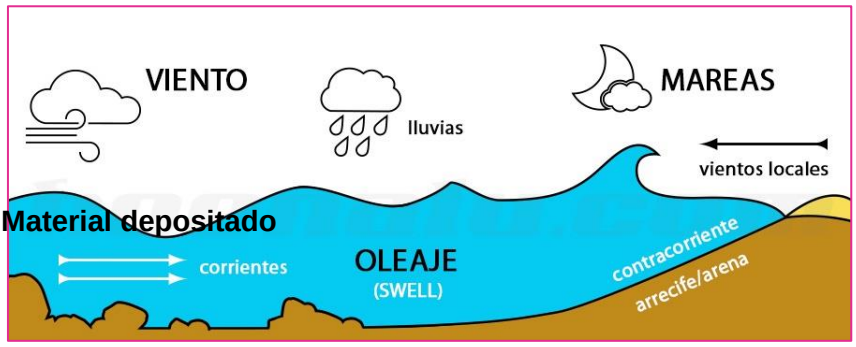


Figura 15. Diagrama de movimiento de sedimentos en una costa tipo.

En resumen, para que se forme un banco de arena es necesario que exista una adecuada fuente de arena y un régimen hidrodinámico capaz de movilizar el sedimento. Finalmente, para considerar como explotable un banco de arena se cuentan con técnicas acústicas y de sondeos físicos que permiten delimitar todas aquellas áreas y grosores significativos para extraer el material y verterlo en la costa para volverla a nutrir de sedimento sin tocar aquellas áreas del fondo que no tengan arena para extraer.

Granulometría de la arena de la playa del proyecto y del banco de arena.

Las gráficas de granulometría se muestran en el **Anexo 2: Granulometrías**, las curvas granulométricas del banco de arena son similares a las de la playa del desarrollo.

Además, las muestras extraídas de la playa y del banco de arena son en apariencia y al tacto, muy similares, por lo que se determina que los sedimentos a verter son compatibles con los sedimentos del sitio.



Figura 16. Muestra de arena a la izquierda correspondiente a la encontrada en el sitio del proyecto y a la derecha a la encontrada en el banco de arena.

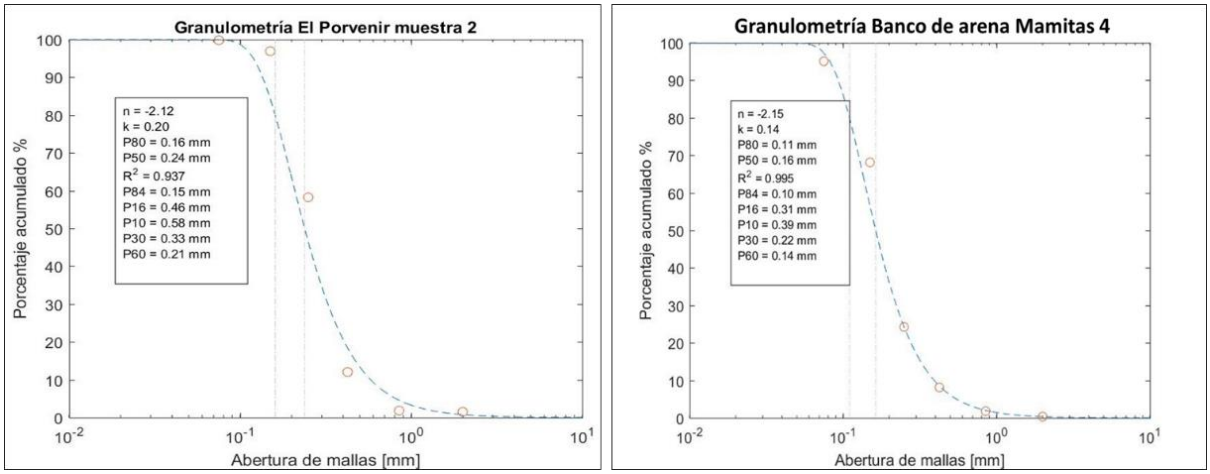


Figura 17. Graficas de granulometría de las muestras de arena comparadas; izquierda corresponde a la muestra extraída de la playa, derecha a la muestra extraída del banco de arena se puede observar que son muy similares, por lo que la arena es compatible.

Como se mencionó antes, explotar bancos marinos de arena es una práctica común en varias partes del mundo, ningún efecto negativo ha sido reportado en otros proyectos, la arena de este tipo de bancos proviene del arrecife y también llega desde la costa cuando el oleaje de tormenta la mueve hasta una profundidad en la que ya no es afectada por el oleaje y ya no puede regresar a partes más someras, eventualmente nueva arena llegará a este banco, sin embargo calcular la tasa de recuperación conlleva estudios de muchos años ya que depende de múltiples variables como tormentas estacionales, huracanes futuros y su intensidad, corrientes típicas y atípicas, tasa de generación de arena biogénica (generación de nueva arena por medio de degradación de corales, desechos de peces y animales marinos), flujo de sedimentos normal y extraordinario, análisis cuantitativo de sedimentos disponibles en la zona, estructuras antropogénicas en los predios circundantes, por mencionar algunas.

Esta arena de no usarse para recuperar la playa se perderá en el canal profundo, por lo que no se está afectando ninguna playa o disminuyendo la funcionalidad de algún ecosistema.

El tiempo para que el banco de material vuelva a tener la misma cantidad de arena es de aproximadamente 15 años ó al presentarse un huracán de CAT 3, lo que suceda primero. (Ver capitulo IV)

b.2) Construcción de una duna artificial arenosa y forestación

Parte del relleno de playa es la conformación de una duna artificial, la duna arenosa, como se menciona, deberá ser conformada durante los trabajos del relleno, con el uso de un tractor o bulldozer; donde, en el eje previamente marcado, se acumulará arena hasta alcanzar 1 msnm de altura y 4 m de ancho.

Los montículos de arena que conformaran la duna se ubicaran en las coordenadas (dentro del polígono de relleno de playa) señaladas en la **Tabla 6**

Y ya conformado el montículo se colocará vegetación rastrera y característica de la duna costera, no se conforma una duna continua para dejar accesos a la playa sin vegetación, y permitir de esta forma que los transeúntes no pasen sobre la vegetación.

Después de conformados los cordones de dunas y asentada la arena se establecerá riñonina (Ipomoea pes-caprae) para retener la arena, una vez semiestabilizada la arena se propone plantar algunas de las especies nativas rastreras y arbustivas que se mencionan a continuación:

Rastreras	Arbustivas
• Ipomoea imperati • Ipomoea pes-caprae • Melanthera nivea	• Hymenocallis littoralis • Tournefortia gnaphalodes • Scaveola plumieri • Suriana maritima

b.3) Protecciones a los manglares

Existen 5 mogotes con ejemplares de manglar acompañados de otras especies que se quieren proteger, aunque como se observa en las imágenes de 2004 **Figura 2**, y 2006 **Figura 18** estos ejemplares estaban sobre el sustrato arenoso y formaban parte de la vegetación halófita del matorral costero.



Figura 18. Ubicación de los mogotes de manglar sobre la imagen de Google Earth del 2006.

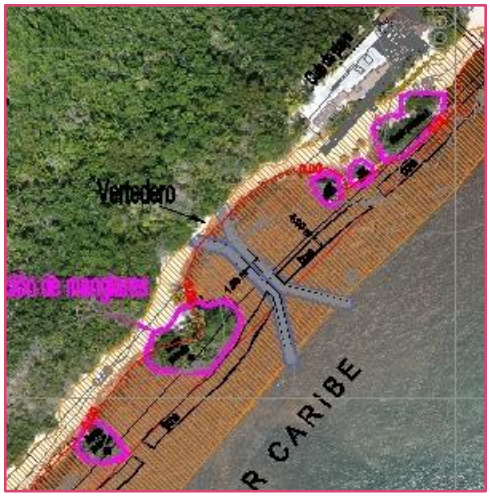


Figura 19. Se observan los 5 arriates protegiendo los ejemplares de manglar que se ubican en el área de relleno.

Se les va a proteger para que la arena no los cubra y los pueda dañar, para lo cual se construirán lo que se ha denominado arriates, a base de piedra calcárea característica de la zona, la cual se abastecerá de un banco de material autorizado, los tamaños de piedra se pensaron ligeros para que se puedan construir de forma manual.

Las coordenadas de los polígonos de protección de los mogotes de mangle se presentan en la **Tabla 7**

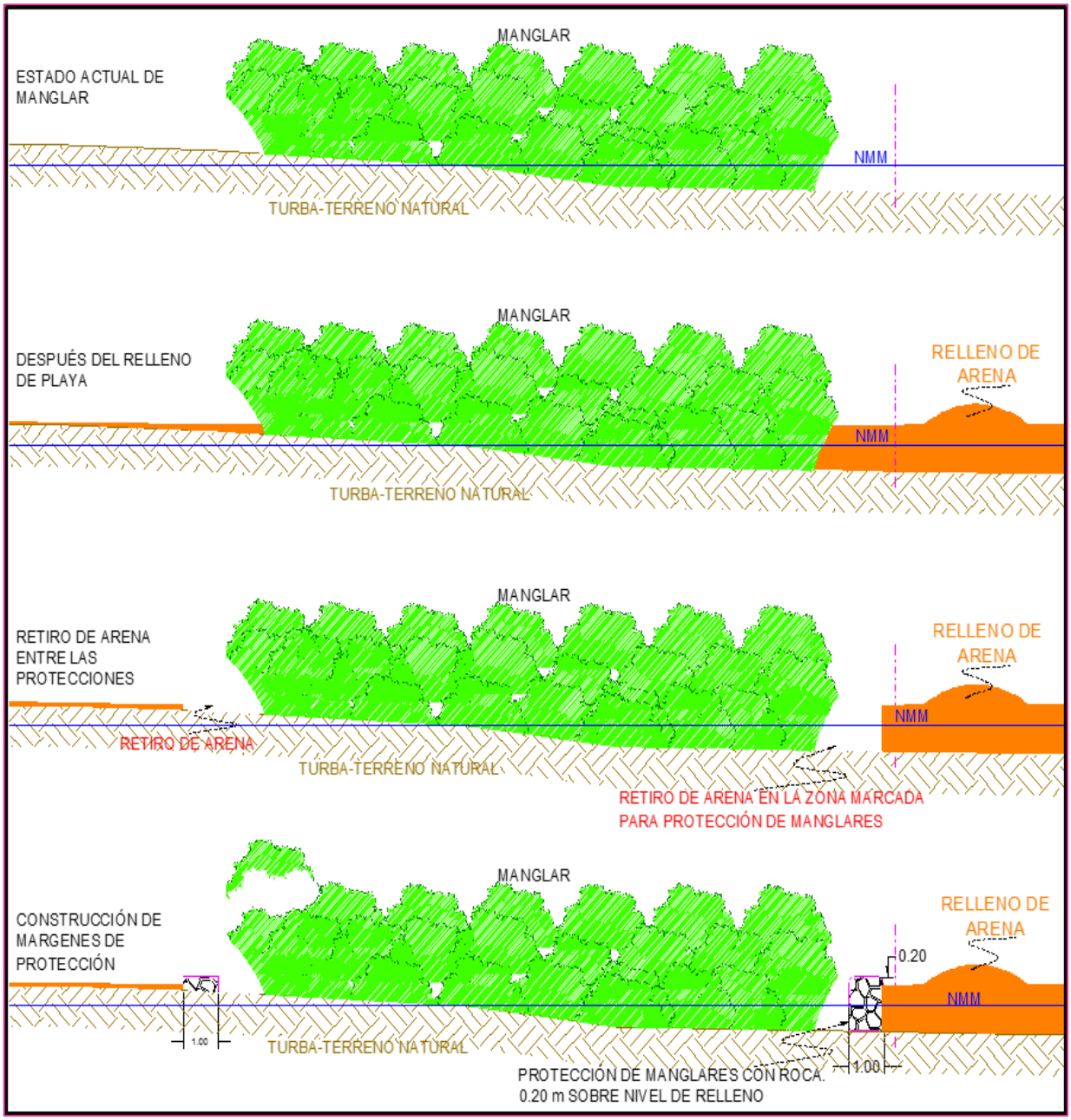


Figura 20. Perfil tipo de la protección de manglares para que no sean cubiertos con la arena de relleno.

b.4) Vertedero o boca de desfogue artificial

La construcción de un vertedero de aguas excedentes a base de tubos de geotextil rellenos de arena y tapetes antisocavación, este vertedero ayudará a encauzar el exceso de agua en tiempo de lluvias y evitar un rompimiento súbito de la barra de arena que pudieran derivar en una pérdida de arena de forma masiva. La arena que se vierta en la playa tendrá un gran costo de inversión y por lo tanto es importante mantenerla en el sitio por lo que es sumamente importante tener un vertedero que encause el agua de lluvia para que esta no genere una pérdida grave de arena.

El canal de desfogue del macizo de manglar hacia el mar (vertedero) se justifica como medida preventiva ante un escenario de marea y precipitación extraordinarias. Y con base a la topografía del predio

Siendo en la parte central del predio el lugar en donde se rompería la barrera de arena para desfogar (se señala con una flecha), por lo que en esa zona se ha propuesto que se mantenga el vertedero.

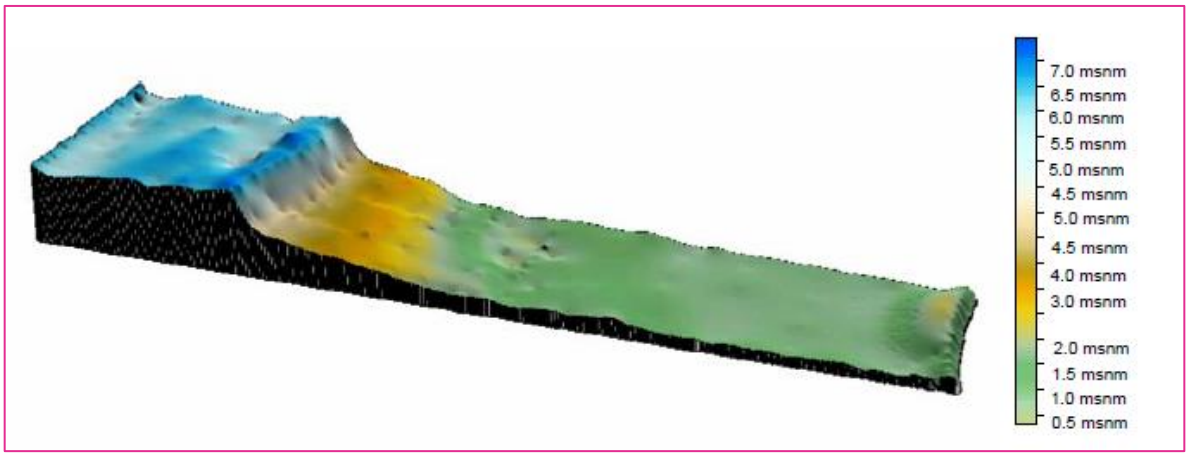


Figura 21. Ilustración de la topografía del predio se advierte que la zona baja es donde se desarrolla la vegetación de manglar, por lo que se proyecta que en una lluvia extraordinaria necesitará un canal de desfogue.

Lo más usual es que la barrera de arena se rompa en la parte de la cota más baja ya que es allí donde se ejerce la mayor presión por el agua acumulada. Lo que busca el canal de desfogue al estar ubicado en la cota más baja del predio es que se encause el agua y ésta pueda salir como ocurriría ante un escenario con altas precipitaciones y mareas de tormenta

Este vertedero de agua considera el funcionamiento natural de conectividad entre playa-duna y ecosistema de manglar (franja de manglar) permitiendo que se desfogue agua, sedimento y materia orgánica acumulada. Con ello se pretende proteger los manchones de manglar (árboles aislados) y la mayoría de las zonas de playa y duna rehabilitadas.

El diseño del vertedero es simple, se basa en el hecho de que en condiciones de lluvia extrema, la barra de arena se rompe por la presencia de exceso de agua en el manglar, esta ruptura genera una boca y una gran pérdida de arena, y ya que se va a realizar un relleno de arena que será costoso, se desea controlar al máximo la pérdida de cualquier cantidad de arena.

De acuerdo con el modelaje de condiciones de tormenta estacional con lluvia, el punto de ruptura de la barra de arena es en el centro de predio hacia el mar, por lo que se ha decidido colocar el vertedero de agua excedente en la parte media del predio aproximadamente, cargada un poco al Noreste.

La forma del vertedero obedece a la forma de un captador de agua del lado del manglar, no fue posible alargarlo más por la presencia de manglar, sin embargo, su función es captar el agua de lluvia y encausarla para salir al mar de forma controlada, cuando esto pase, el nivel del agua del lado del manglar logra remover la poca arena que se encuentra entre los tubos de geotextil y encuentra su camino al mar, pero no se desborda de forma descontrolada.

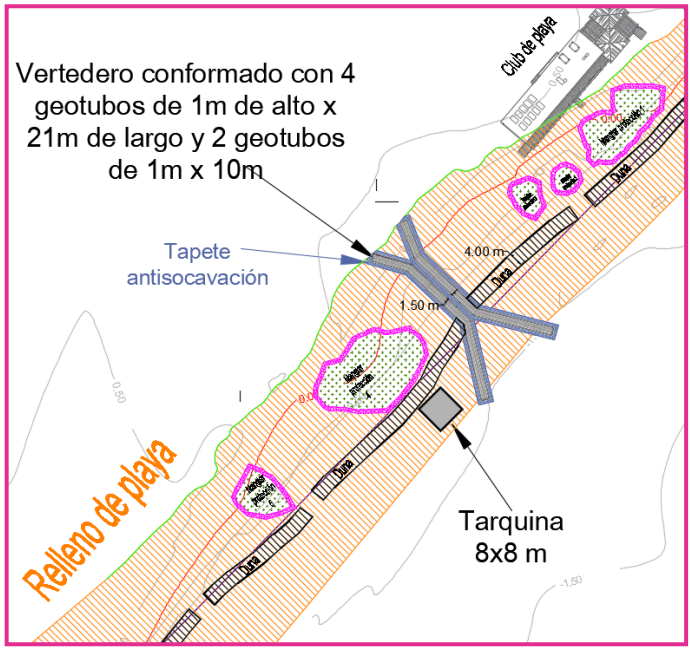


Figura 22. Vista en Planta de la construcción del vertedero.

Los tubos de geotextil son fáciles de colocar, se llenan de arena de la playa y son de gran tamaño para que sean pesados y no se muevan con el oleaje de tormenta estacional, tienen un tapete antisocavación que evita que se mueva la arena por debajo de ellos en presencia de oleaje alto y evita que se rueden.

No se colocará un tubo de conexión porque el manglar y el mar naturalmente no están conectados, la ruptura de la barra de arena sucede sólo en condiciones de lluvia extraordinaria.

Entre los tubos de geotextil se coloca grava envuelta en geotextil para mantener un nivel mínimo de piso, la grava permite que el agua sea absorbida por el suelo.

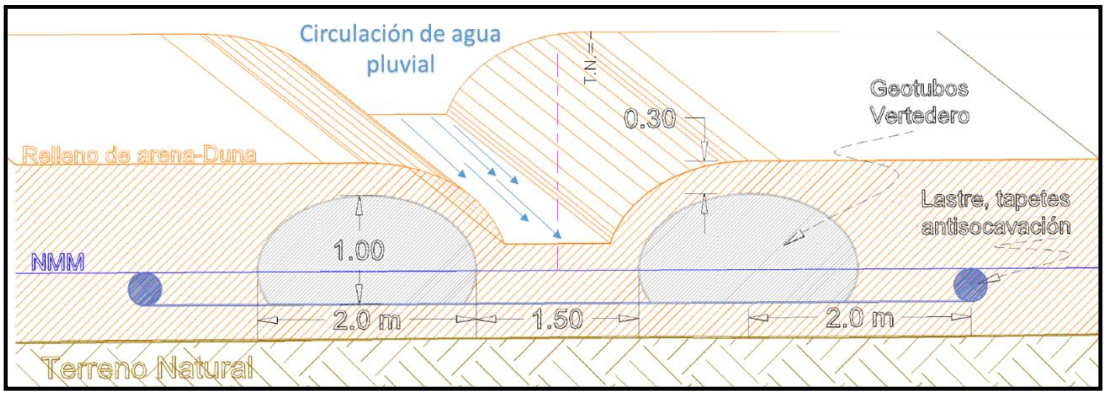


Figura 23. Imagen área del vertedero de aguas excedentes construido con geotubos.

Las coordenadas del vertedero se presentan en la

II.1.3 Dinámica Litoral Esperada.

Inicialmente la arena se verterá y repartirá para ensanchar 30 m de acuerdo con lo representado en el plano “7_ELPOR_Secciones proyecto”.

Con el paso del tiempo se espera que la playa adopte la forma que se muestra en el plano “11_ELPOR_Escenarios”, en el cual se forman unas salientes ligeras detrás de los rompeolas, cuando se tengan condiciones de oleaje de Noreste las salientes se moverán ligeramente hacia el Sur, cuando se presenten condiciones de oleaje proveniente del Sureste las salientes se cargarán un poco al Norte y cuando el oleaje se presente del Este cada saliente se alineará con el centro de cada rompeolas.

Por lo que respecta a la corriente no habrá cambios significativos ya que los rompeolas son paralelos a la costa y están alineados con el flujo de la corriente, el movimiento de agua de un lado de los rompeolas y del otro será suficiente para que haya un intercambio adecuado de agua y no se formen estancamientos.

En condiciones de tormentas estacionales fuertes mucha de la arena se moverá y se distribuirá naturalmente hacia los extremos Norte o Sur y también puede depositase un poco en el fondo frente a las protecciones construidas.

En general se espera que la playa sea estable y robusta. **El objetivo es modificar la dinámica de la playa y se observa en las modelaciones que efectivamente se reduce la fuerza del oleaje que llega a la playa, con ello se busca que la erosión se reduzca favoreciendo la depositación de arena al reducir la fuerza del oleaje (Figura 24).**

Como se observa en la siguiente imagen la modificación al oleaje es puntual, está diseñados para impactar lo mínimo posible el área, ofreciendo una playa más estable, sin embargo, la magnitud del proyecto no afectará la dinámica litoral ni el transporte de sedimentos de la mesocelda, macrocelda o del sistema ambiental regional (SAR), se observa en la siguiente imagen que el efecto es puntual en el sitio del proyecto.

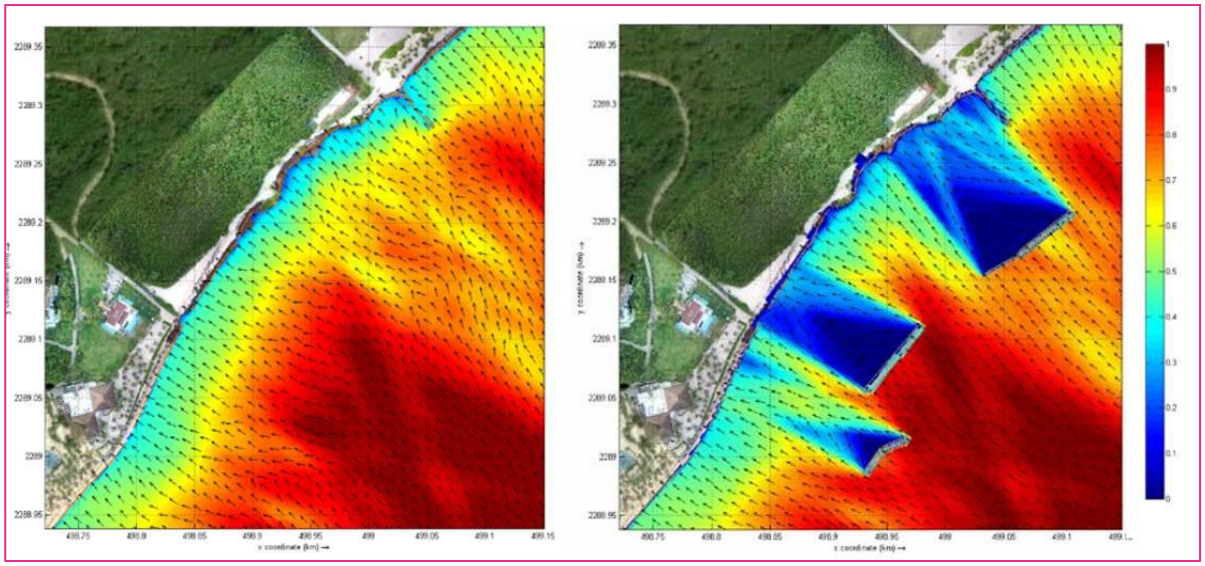


Figura 24. Altura del oleaje a la derecha la situación actual, y a la izquierda con los 3 rompeolas, donde se advierte que la modificación es únicamente en el sitio del proyecto.

Aunado a lo anterior las estructuras no representan un obstáculo para la fauna, y contrario a ello se ha observado que en arrecifes artificiales se favorece la diversidad de especies características de los arrecifes naturales a lo largo de los años se van dando sucesiones, los primeros que llegan son los peces que encuentra refugio y áreas de reproducción.

A las estructuras se adhieren esponjas y sobre estas empieza a pegarse arena y así algunos corales escleractinios pioneros, de la misma forma se van observando algunas algas.

No se visualiza ningún efecto negativo a los vecinos; al contrario, debido a la inclusión de arena en el sistema, es probable que los predios aledaños resulten beneficiados.

Se propone documentar esta sucesión de especies tanto en las estructuras arrecifales, en la laguna arrecifal artificial y en la duna costera artificial. El monitoreo se realizará de forma anual y los resultados se entregarán a la autoridad ambiental (SEMARNAT y PROFEPA).

En caso de presentarse un huracán se pueden esperar los siguientes efectos:

1. Una pérdida de aproximadamente el 25% del relleno vertido en la playa.
2. Los rompeolas no proveerán protección ya que quedarán completamente cubiertos debido a la sobreelevación de marea y oleaje. Se espera que físicamente resistan bien la incidencia del oleaje y tal vez se deterioren o desplacen algunas piezas, después de que pase el huracán se revisarán los daños a la estructura y se evaluará si es necesario reacomodar las piezas movidas o se fabricarán las piezas que hayan sido destruidas.

II.1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para el estudio de una solución que detenga la perdida de playa y ayude a recuperar su amplitud, se contactó a la empresa *Tecnoceano*[2] que junto con un grupo interdisciplinario con experiencia en estudios técnicos para la recuperación de playas erosionadas se realizaron los siguientes estudios:

A) ¿Qué estudios respaldan la propuesta para restituir la playa Bahía del Carmen?

1. ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (ANEXO 1), CON LOS DATOS DE ESTOS ESTUDIOS SE ALIMENTÓ EL PROGRAMA DONDE SE REALIZÓ LA MODELACIÓN DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS PARA RESTITUIR LA PLAYA:

- Batimetría
- Topografía
- Caracterización de corrientes
- Caracterización del oleaje
- Caracterización de sedimento de la playa, estudio granulométrico
- Exploración de bancos de material de arena, estudio granulométrico y recuperación de la arena

[2]https://tecnoceano.com/

2. **CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA MARINA (ANEXO 2) DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR), EL ÁREA DE INFLUENCIA Y DEL SITIO DEL PROYECTO INCLUYENDO EL BANCO DE ARENA, CONTEMPLÓ:**
    - Tipos de ambientes por tipo de sustrato y cobertura.
    - Caracterización de Macroalgas y pastos, Escleractinios, Gorgonaceos, otros invertebrados, Ictiofauna y otras especies de vertebrados.
        - Distribución y composición de especies
        - Abundancia y riqueza especifica
        - Diversidad y equitatividad
        - Estructura de tallas
        - Condiciones de los organismos
    - Caracterización del Banco de arena (Anexo 2.2.b)
3. **PROYECTO EJECUTIVO (ANEXO 3)**
    - Evaluación de la problemática
    - Estudios de campo
    - Cálculo de los elementos constructivos
    - Procedimiento constructivo
    - Dinámica litoral esperada
    - Medidas de monitoreo
4. **ESTUDIO DE RIESGO ANTE CICLONES TROPICALES (ANEXO 4)**
    - Antecedentes de los eventos históricos
    - Modelación
    - Resultados
        - Tirante de agua
        - Oleaje
5. **MEMORIA TÉCNICA DE MODELAJE (ANEXO 5)**
    - Evaluación del oleaje (Actual vs Proyecto)
    - Evaluación de tormentas (Actual vs Proyecto)
    - Evaluación de hidro-morfología (Actual vs Proyecto)
    - Proyección por cambio climático (para el 2100)
6. **ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL PREDIO (ANEXO 6)**
    - Estructura de la roca del subsuelo que contiene al agua subterránea
    - Dirección preferencial del flujo del agua subterránea
    - Espesor y volumen del lente de agua aprovechable
    - Profundidad de la interfaz salina o inicio del lente de agua salada

- Variación del nivel del agua subterránea por influencia de las mareas
- Volumen de agua que drena por debajo del predio en estudio

7. Evaluación de Impacto Visual y Paisajístico (Anexo 7)

- Evaluación del paisaje
- Análisis de la compatibilidad ambiental, sensibilidad visual del paisaje, magnitud de los impactos, generación de visualizaciones de los distintos escenarios, identificación de efectos acumulativos y medidas de mitigación.

B) ¿Cómo se validó que esta es la mejor propuesta?

Con los datos de los estudios hidrográficos (batimetría, topografía, caracterización de corrientes, caracterización del oleaje, caracterización de sedimento de la playa, estudio granulométrico) se alimentó el programa donde se corrieron las pruebas de diferentes modelos eligiendo el que disminuye de forma más eficiente la fuerza de la ola, a fin de disminuir la erosión de la playa.

Y que cumpliera con los siguientes criterios:

- ✓ Evitar afectación a la vida marina, como: zonas de pastos marinos, gorgonaceos o corales escleractinios.
- ✓ El menor tamaño de las estructuras para que ocupen el menor volumen.
- ✓ Volumen y costos de obra.
- ✓ Reducción de la energía del oleaje sin afectar la hidrodinámica del sitio.
- ✓ Impacto visual.
- ✓ Evitar las afectaciones a los predios vecinos.
- ✓ Proyección a largo plazo.
- ✓ Y comportamiento en caso de tormenta.

El trabajo y los estudios estuvieron a cargo de un grupo interdisciplinario de expertos en los temas de ambientes marinos, oceanografía física, ingeniería de costas, manejo de ambientes dunares y manglar.

La modelación contempló:

- ✓ Condiciones de oleaje normal y de tormentas estacionales que se presentan en la costa del estado de Quintana Roo, la información estadística de mareas fue generada por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada Baja California (CICESE).
- ✓ Pronósticos de oleajes y mareas, se basan en datos históricos de nivel del mar, obtenidos por CICESE, la Universidad Nacional Autónoma de México y la secretaria de Marina, con 21 años de datos) y
- ✓ Información de oleajes y vientos se generó en el “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA) reportada a intervalos de 3 horas en un periodo de aproximadamente 39 años cada 3 horas (enero de 1979 a enero de 2018).

- ✓ Datos de condiciones de tormenta se generaron en el “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA).

A continuación, se presentan algunos de los resultados del modelo de oleaje (**Figura 6**), de las 11 diferentes propuestas (nombradas de la “A” a la “K”) evaluadas, se muestran a detalle en el documento titulado **Memoria técnica de modelaje (Anexo 5)**,donde se evidencia que la modificación de la energía del oleaje es únicamente en el sitio del proyecto y que no generará impactos negativos a las playas colindantes.

En el diseño del proyecto se consideraron las estructuras de protección autorizadas en los proyectos colindantes al norte y sur del predio, de tal forma que los rompeolas propuestos no generaran impactos acumulativos o sinérgicos negativos.

En el **Anexo 5** se presenta en formato electrónico el archivo de los modelajes el cual contiene las películas e imágenes que se describen detalladamente en la Memoria técnica de modelaje.

Antes de elegir la estructura que se desarrolla en el proyecto ejecutivo de *Restitución de la Playa Bahía del Carmen*, se realizaron modelos de oleaje para evaluar beneficios e impactos de una cartera de 11 propuestas. A continuación, se presentan.

algunos de los resultados del modelo de oleaje promedio. (figura siguiente) en donde: en **colores fríos** tenemos oleaje de poca altura y en **colores cálidos** olas de una altura importante.

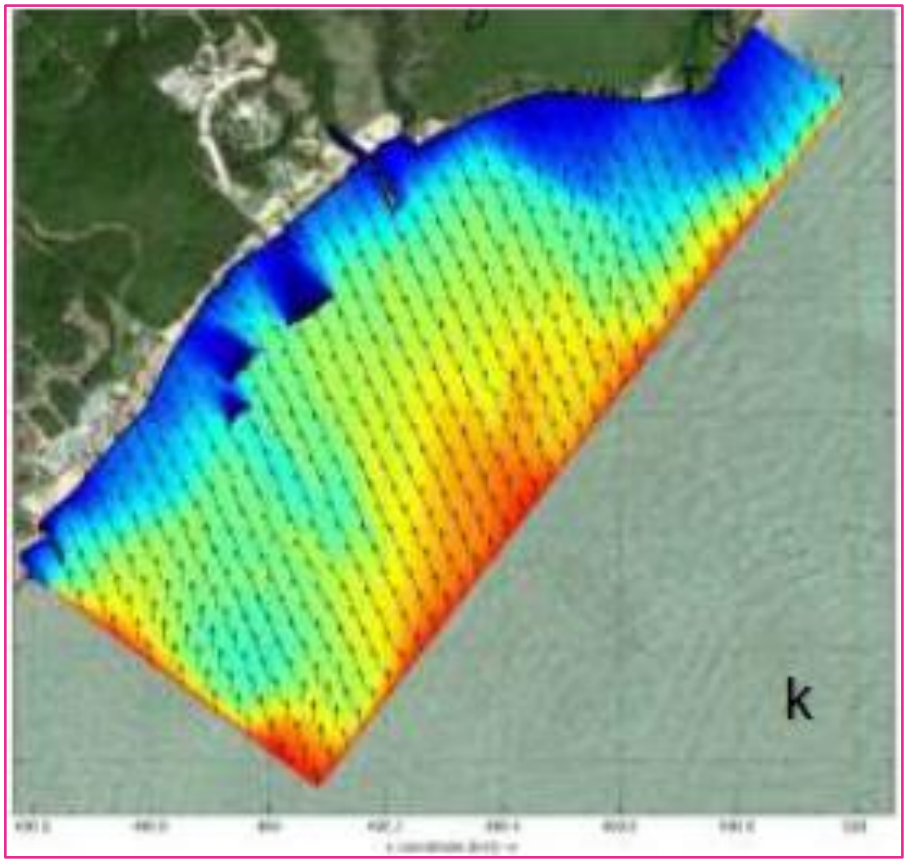


Figura 25. La propuesta K es la que se eligió. El color azul representa la disminución de la altura del oleaje.

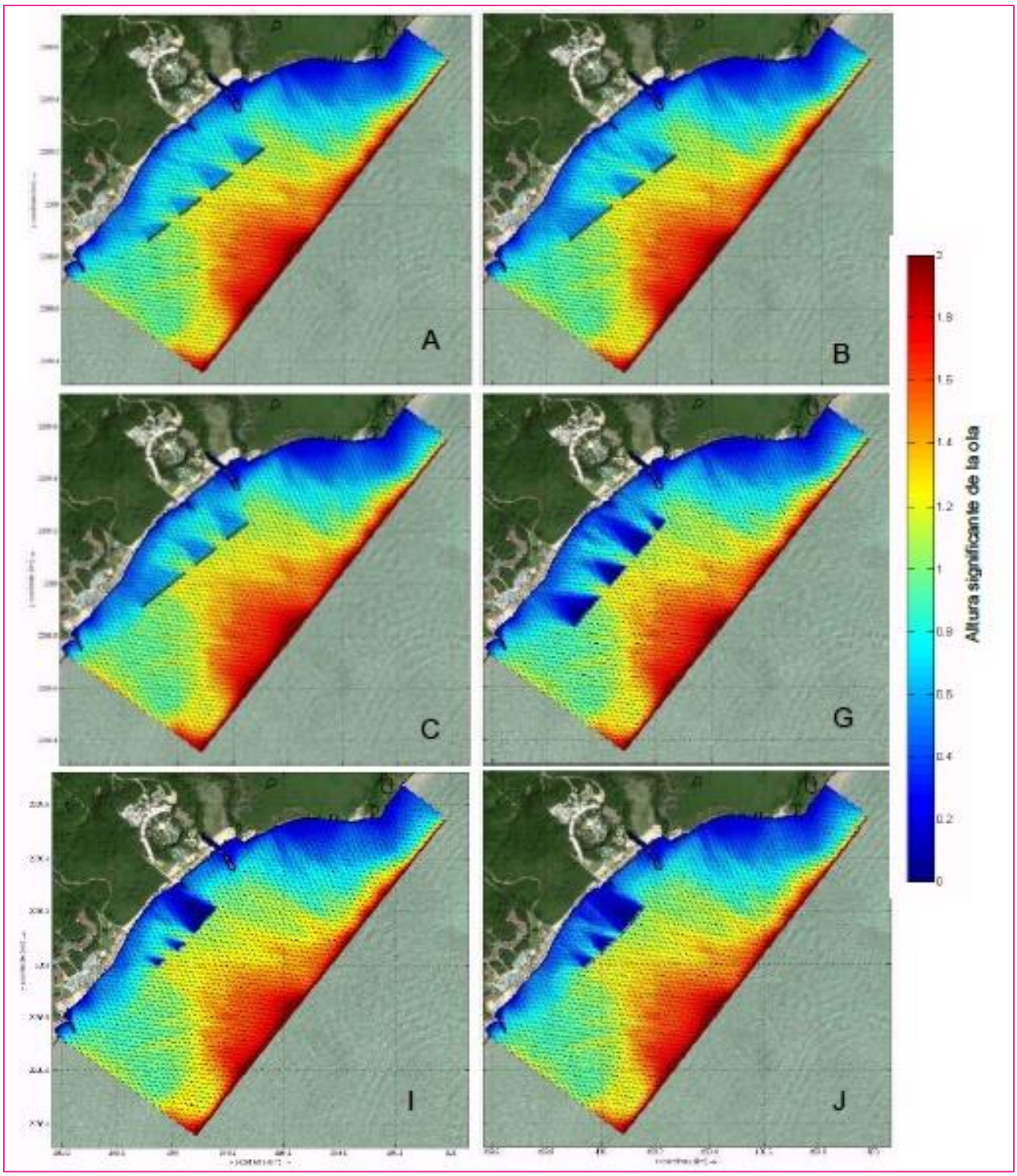


Figura 26. Campo de oleaje considerando las diferentes propuestas de protección para una misma condición de oleaje incidente.

Se eligió la **propuesta k**, debido a que es la que libra por completo el lecho de pastos marinos, y brinda una mejor protección a la playa El Provenir.

Al evaluar un año de condiciones de oleaje reinante, pudimos observar que uno de los motivos del retroceso de costa en la microcelda es el oleaje energético producto de la poca protección natural cuando este proviene del sureste y del este (más del 90% del tiempo).

Se observa en las figuras el color azul que se forma tras pasar los rompeolas protegiendo la playa. Es importante destacar que no se forman manchones que representen un mayor oleaje para algún otro sitio de la mesocelda.

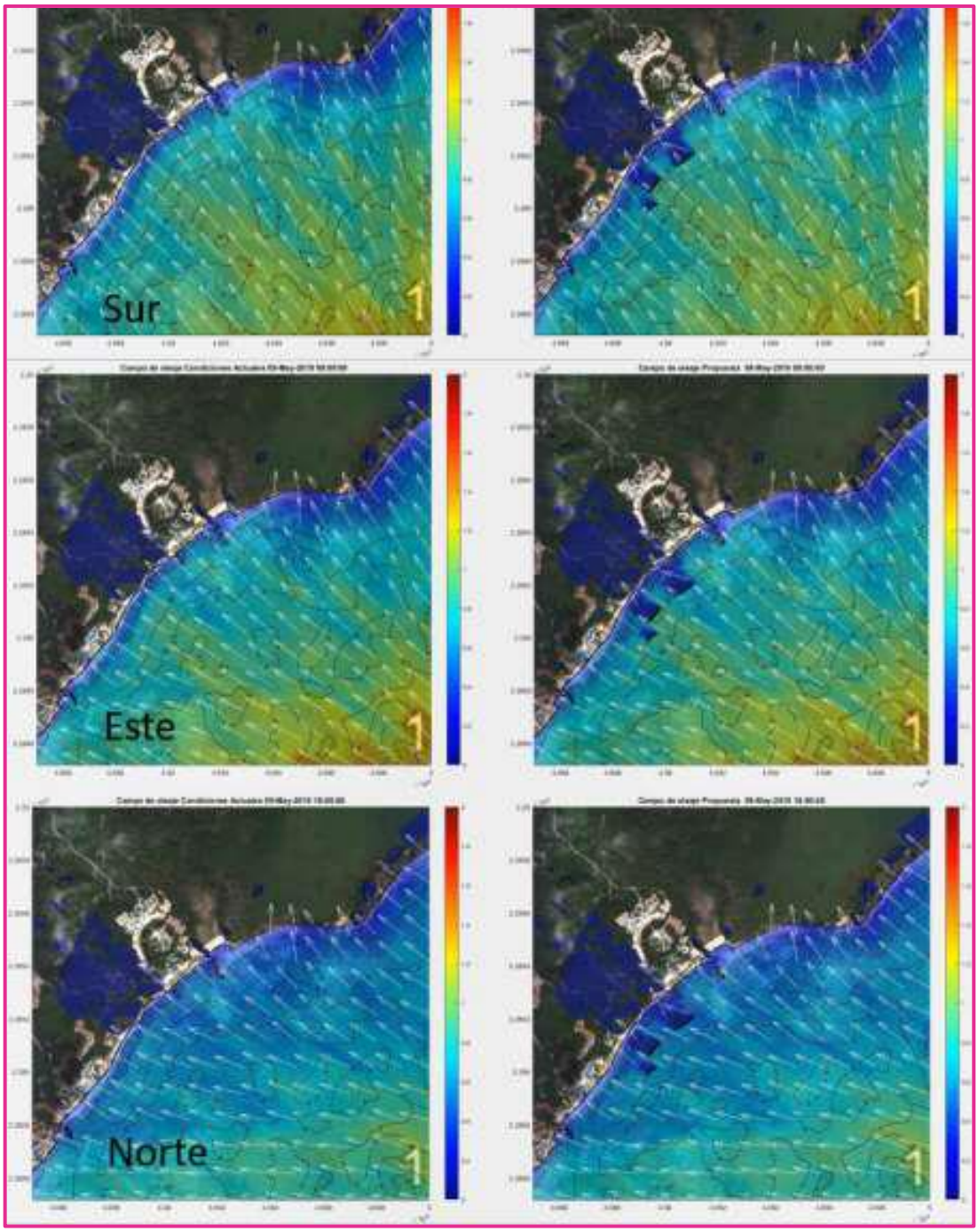


Figura 27. Campo de oleaje de calma considerando un ángulo incidente del norte (inferior), franco (centro) y del sureste (superior) en la mesocelda y alrededores (la figura a la izquierda sin rompeolas, a la derecha con los rompeolas. Se observan los manchones azules entre los rompeolas y la playa lo que indica que disminuye la energía del oleaje.

Se simularon condiciones de tormenta, y en este caso se espera que si bien los rompeolas disminuirían la fuerza del oleaje este seguiría siendo intenso, aunado a que la franja de manglar también se inundaría por lo que la playa se vería afectada y probablemente perdería arena. Esto depende de cada huracán ya que no todos se comportan igual, la cantidad de lluvia, los vientos y el tiempo de avance varia y somete la costa a diferentes condiciones.

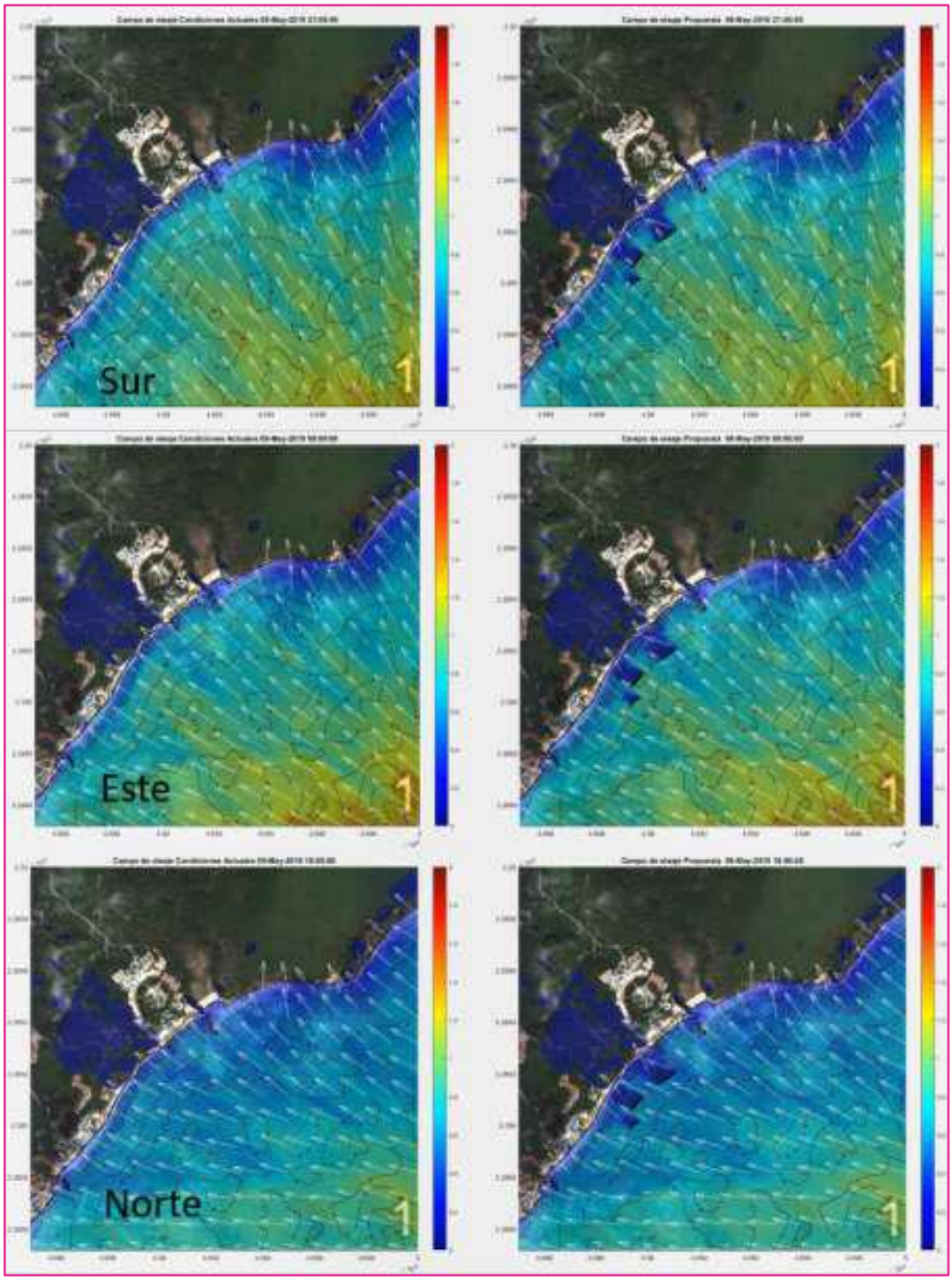


Figura 28. Campo de oleaje de tormenta considerando un ángulo incidente del norte (superior), franco (centro) y del sureste (inferior) en el Porvenir y alrededores (la figura a la izquierda sin rompeolas, a la derecha con los rompeolas.

Al evaluar el transporte de sedimentos después de un año de condiciones típicas, en condiciones normales la arena es redistribuida sobre El Porvenir y alrededores mediante 2 tipos de movimientos: transporte transversal y longitudinal. El transporte longitudinal, hace que el sedimento se mueva al norte del Porvenir y queda retenido por el espigón norte más próximo. Por otra parte, el transporte transversal hace que una parte del sedimento escape hacia aguas abiertas.

La figura siguiente refiere al modelo de erosión /acumulación en donde colores cálidos indican valores positivos y los colores fríos una reducción de sedimentos, Al comparar los patrones con y sin proyecto, pudimos distinguir dos zonas:

- Una zona 2 en donde al comparar los patrones de distribución del sedimento encontramos una diferencia debido a la presencia de las estructuras de protección. Área interior del recuadro blanco.
- Una zona 1 donde los patrones de distribución del sedimento son igual con y sin proyecto.

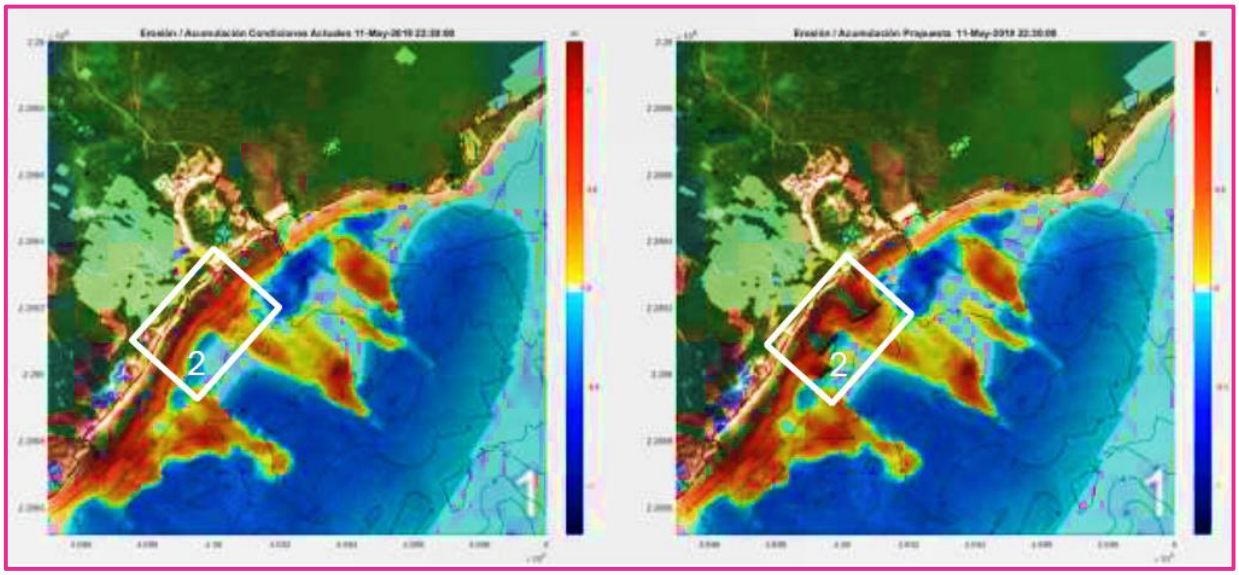


Figura 29. Campo de zonas de acumulación y erosión de la capa de sedimento en el Porvenir, se observa que con las estructuras 1 y 2 se conformará una zona de acumulación entre los rompeolas y la playa.

Es en la zona 2 donde se presentan áreas donde existe una acumulación puntual de sedimentos frente a las estructuras. Lo cual indican que detrás de cada estructura (zona protegida) se acumulará una cantidad de arena generando una playa con salientes poco pronunciadas. Estos resultados indican que el proyecto de protección tiene un efecto sobre el transporte de sedimentos que es meramente local y abarca el área dela zona del proyecto; en donde se puede observar que el transporte longitudinal al norte se reduce(pues no se ve gran cantidad de arena acumulada al norte del espigón) mas no se interrumpe; y en donde el transporte transversal se ve interrumpido por las estructuras de protección, es decir que con el proyecto ejecutivo, se evita que el sedimento escape hacia aguas abiertas ya que la arena queda retenida entre la costa y las estructuras.

II.1.5 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

a) Ubicación física

Las dimensiones y coordenadas de las estructuras se presentan en las siguientes tablas y en los plano 5 y 12 en el **Anexo 9:**

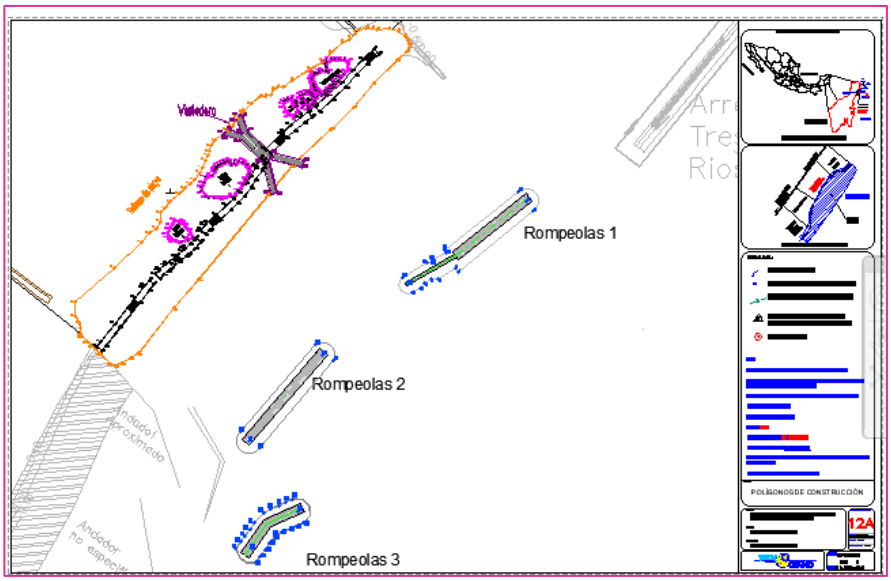


Figura 30. Imagen del plano 12, donde se muestran los polígonos de las coordenadas que se presentan en este apartado.

Los rompeolas en la zona marina frente al desarrollo Bahía del Carmen se proyectan en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas del rompeolas 1.

Polígono del Rompeolas 1 (1,383 m²)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	499036	2289148	10	499102	2289211
2	499041	2289151	11	499056	2289175
3	499043	2289154	12	499057	2289173
4	499048	2289157	13	499049	2289169
5	499052	2289157	14	499049	2289168
6	499063	2289164	15	499046	2289167
7	499065	2289162	16	499031	2289158
8	499112	2289199	17	499034	2289154
9	499107	2289205	18	499036	2289148

Tabla 2. Coordenadas del rompeolas 2

Polígono del Rompeolas 2 (1,237 m²)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498930	2289063	4	498980	2289110
2	498941	2289053	5	498976	2289116
3	498987	2289107	6	498930	2289063

Tabla 3. Coordenadas del rompeolas 3.

Polígono de la protección manglar 4. (1,383 m^2)								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498927	2288990	11	498962	2289021	21	498951	2288997
2	498927	2288990	12	498962	2289021	22	498948	2288993
3	498930	2288994	13	498965	2289013	23	498945	2288989
4	498933	2288998	14	498969	2289006	24	498942	2288985
5	498935	2289002	15	498969	2289006	25	498939	2288981
6	498938	2289006	16	498969	2289006	26	498939	2288981
7	498944	2289012	17	498964	2289004	27	498936	2288990
8	498949	2289014	18	498960	2289002	28	498927	2288990
9	498953	2289016	19	498955	2289000			
10	498958	2289019	20	498951	2288998			

La zona de playa que se restituirá conforma el siguiente polígono:

Tabla 4. Polígono de Playa que será restituido rellenándolo de arena.

Polígono del Relleno de Playa								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498947	2289209	47	498936	2289266	93	498883	2289201
2	498962	2289227	48	498936	2289266	94	498883	2289201
3	498986	2289250	49	498936	2289266	95	498883	2289201
4	498986	2289250	50	498931	2289261	96	498883	2289201
5	499000	2289264	51	498930	2289260	97	498880	2289198
6	499012	2289279	52	498930	2289260	98	498880	2289198
7	499027	2289293	53	498928	2289257	99	498880	2289198
8	499033	2289298	54	498928	2289257	100	498880	2289193
9	499034	2289300	55	498928	2289257	101	498880	2289193
10	499034	2289302	56	498928	2289257	102	498878	2289189
11	499034	2289304	57	498924	2289252	103	498878	2289189
12	499034	2289304	58	498921	2289249	104	498873	2289185
13	499032	2289307	59	498921	2289249	105	498873	2289185
14	499028	2289311	60	498921	2289249	106	498868	2289180
15	499022	2289312	61	498921	2289249	107	498868	2289180
16	499015	2289312	62	498921	2289249	108	498852	2289164
17	499011	2289313	63	498921	2289249	109	498852	2289164
18	499008	2289312	64	498914	2289243	110	498852	2289164
19	499003	2289311	65	498914	2289243	111	498827	2289143
20	499001	2289309	66	498911	2289240	112	498827	2289134
21	498998	2289306	67	498911	2289240	113	498830	2289130
22	498998	2289306	68	498910	2289237	114	498830	2289126
23	498993	2289304	69	498910	2289237	115	498830	2289123
24	498993	2289304	70	498910	2289234	116	498831	2289121
25	498986	2289297	71	498910	2289234	117	498834	2289118
26	498986	2289297	72	498908	2289231	118	498834	2289118
27	498980	2289292	73	498908	2289231	119	498837	2289116
28	498980	2289292	74	498908	2289231	120	498837	2289116
29	498972	2289286	75	498906	2289226	121	498837	2289116
30	498962	2289280	76	498906	2289226	122	498837	2289116
31	498962	2289280	77	498905	2289223	123	498837	2289116
32	498962	2289280	78	498905	2289223	124	498837	2289116

Polígono del Relleno de Playa								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
33	498956	2289276	79	498905	2289223	125	498837	2289116
34	498956	2289276	80	498901	2289219	126	498843	2289110
35	498956	2289276	81	498901	2289219	127	498843	2289110
36	498956	2289276	82	498899	2289216	128	498850	2289104
37	498953	2289276	83	498895	2289213	129	498852	2289103
38	498950	2289274	84	498895	2289213	130	498856	2289105
39	498950	2289274	85	498895	2289213	131	498856	2289105
40	498948	2289271	86	498895	2289213	132	498856	2289105
41	498948	2289271	87	498892	2289210	133	498861	2289108
42	498948	2289271	88	498892	2289210	134	498861	2289108
43	498945	2289270	89	498886	2289205	135	498867	2289111
44	498945	2289270	90	498886	2289205	136	498888	2289139
45	498942	2289270	91	498886	2289205	137	498903	2289157
46	498942	2289270	92	498886	2289205			

Las coordenadas del banco donde se extraerá la arena son:

Tabla 5. Coordenadas del banco de arena.

Polígono del banco de arena.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	494649	2281953	12	494621	2282056	23	494520	2281932
2	494671	2281976	13	494613	2282043	24	494534	2281930
3	494690	2282000	14	494606	2282032	25	494548	2281930
4	494694	2282011	15	494593	2282015	26	494563	2281904
5	494693	2282021	16	494582	2282001	27	494560	2281894
6	494677	2282027	17	494557	2281982	28	494564	2281885
7	494664	2282026	18	494539	2281966	29	494572	2281880
8	494647	2282026	19	494523	2281955	30	494578	2281877
9	494643	2282040	20	494510	2281952	31	494594	2281889
10	494639	2282055	21	494505	2281946	32	494621	2281919
11	494630	2282058	22	494510	2281938			

Los montículos de arena que conformaran la duna se ubicaran en las coordenadas (dentro del polígono de relleno de playa):

Tabla 6. Coordenadas de las secciones de la duna arenosa.

Polígono de la duna 1 (209.28 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498846	2289116	8	498870	2289152
2	498855	2289127	9	498864	2289145
3	498867	2289143	10	498852	2289130
4	498873	2289150	11	498843	2289118
5	498876	2289154	12	498840	2289115
6	498873	2289156	13	498844	2289113
7	498870	2289152			
Polígono de la duna 2 (136.12 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498880	2289157	13	498899	2289179
2	498882	2289160	14	498895	2289176

Polígono de la duna 1 (209.28 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
3	498886	2289163	15	498894	2289175
4	498886	2289163	16	498894	2289175
5	498892	2289168	17	498890	2289171
6	498896	2289172	18	498883	2289166
7	498897	2289172	19	498883	2289166
8	498897	2289173	20	498879	2289163
9	498901	2289176	21	498879	2289162
10	498905	2289180	22	498877	2289160
11	498902	2289183	23	498880	2289157
12	498902	2289183			
Polígono de la duna 3 (235.1 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498943	2289232	15	498905	2289187
2	498940	2289227	16	498908	2289185
3	498939	2289227	17	498911	2289188
4	498939	2289227	18	498911	2289188
5	498935	2289221	19	498917	2289194
6	498933	2289216	20	498924	2289200
7	498929	2289211	21	498928	2289204
8	498925	2289207	22	498932	2289208
9	498921	2289203	23	498937	2289214
10	498914	2289197	24	498939	2289219
11	498908	2289191	25	498943	2289225
12	498908	2289191	26	498943	2289225
13	498908	2289190	27	498945	2289228
14	498905	2289187	28	498944	2289230
Polígono de la duna 4 (140.56 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498958	2289245	7	498967	2289257
2	498963	2289249	8	498961	2289252
3	498969	2289254	9	498956	2289248
4	498974	2289258	10	498955	2289248
5	498972	2289261	11	498945	2289237
6	498967	2289257	12	498948	2289235
Polígono de la duna 5 (205.57 m^2)					
vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	499015	2289297	7	498976	2289264
2	499013	2289300	8	498979	2289261
3	499006	2289293	9	498987	2289268
4	498999	2289286	10	498995	2289276
5	498992	2289279	11	499002	2289283
6	498984	2289271	12	499009	2289290

Las coordenadas de los arriates son las siguientes (quedan dentro del polígono de relleno de playa):

Tabla 7. Coordenadas de las protecciones a los mogotes de mangle.

Polígono de la protección manglar 1.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498976	2289273	13	498991	2289280	25	498983	2289286
2	498976	2289273	14	498993	2289282	26	498982	2289286
3	498978	2289271	15	498994	2289284	27	498981	2289286
4	498980	2289272	16	498996	2289286	28	498978	2289285
5	498981	2289272	17	498997	2289292	29	498978	2289285
6	498982	2289272	18	498994	2289293	30	498976	2289284
7	498984	2289272	19	498991	2289293	31	498975	2289283
8	498985	2289273	20	498988	2289293	32	498974	2289282
9	498987	2289275	21	498986	2289293	33	498976	2289276
10	498988	2289276	22	498983	2289292	34	498976	2289276
11	498989	2289278	23	498983	2289289	35	498976	2289276
12	498990	2289279	24	498983	2289287	36	498976	2289275
Polígono de la protección manglar 2.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498973	2289272	7	498967	2289268	13	498972	2289264
2	498973	2289272	8	498967	2289267	14	498973	2289265
3	498971	2289273	9	498967	2289266	15	498975	2289266
4	498969	2289272	10	498968	2289264	16	498976	2289268
5	498968	2289271	11	498971	2289264	17	498975	2289270
6	498967	2289269	12	498971	2289264	18	498974	2289271
Polígono de la protección manglar 3.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498965	2289266	6	498958	2289268	11	498960	2289259
2	498965	2289267	7	498957	2289267	12	498963	2289257
3	498965	2289268	8	498956	2289266	13	498966	2289261
4	498961	2289269	9	498956	2289264	14	498965	2289264
5	498959	2289268	10	498958	2289261			
Polígono de la protección manglar 4.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498915	2289225	12	498925	2289207	23	498926	2289229
2	498914	2289224	13	498929	2289211	24	498924	2289229
3	498912	2289221	14	498932	2289215	25	498922	2289229
4	498908	2289220	15	498933	2289219	26	498921	2289229
5	498907	2289217	16	498935	2289222	27	498920	2289229
6	498905	2289214	17	498935	2289226	28	498919	2289228
7	498905	2289212	18	498933	2289228	29	498917	2289228
8	498908	2289208	19	498931	2289229	30	498915	2289227
9	498909	2289208	20	498931	2289230	31	498915	2289226
10	498913	2289208	21	498928	2289229			
11	498917	2289207	22	498926	2289229			
Polígono de la protección manglar 1.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498888	2289180	6	498895	2289191	11	498885	2289188
2	498893	2289180	7	498893	2289191	12	498884	2289185
3	498897	2289181	8	498892	2289193	13	498885	2289183
4	498901	2289182	9	498888	2289194	14	498886	2289183
5	498898	2289187	10	498886	2289190			

Las coordenadas del polígono del vertedero son:

Tabla 8. Coordenadas del vertedero

Polígono de la protección manglar 4.								
vértice	X	Y	vértice	X	Y	vértice	X	Y
1	498943	2289230	8	498934	2289249	15	498922	2289250
2	498948	2289209	9	498930	2289259	16	498922	2289250
3	498952	2289210	10	498929	2289258	17	498922	2289250
4	498947	2289232	11	498929	2289258	18	498922	2289250
5	498968	2289226	12	498929	2289258	19	498919	2289248
6	498969	2289230	13	498927	2289256	20	498919	2289246
7	498948	2289235	14	498931	2289247	21	498929	2289243

b) Dimensiones del proyecto

A continuación, se presentan las dimensiones de los diferentes componentes del proyecto. Las obras permanentes serán los rompeolas y los arriates de protección del mangle en la zona de la playa a restituir.

La superficie que se pretende restituir es el área de relleno con arena, dentro de este polígono se conformará la duna con arena libre y que de forestará, el vertedero y los arriates:

Obras en la zona marina	Superficie
Obras en la zona marina	**m2**
Rompeolas 1 en su base	**1,383.19**
Rompeolas 2 en su base	**1,237.22**
Rompeolas 3 en su base	**816.32**
Polígono por restituir - relleno de arena, que integra los siguientes componentes:	**11,059.86**
Protección mogote manglar 1	292.92
Protección mogote manglar 2	55.89
Protección mogote manglar 3	79.08
Protección mogote manglar 4	481.28
Protección mogote manglar 5	150.89
Vertedero	411.546
Duna de arena 1	209.28
Duna de arena 2	136.13
Duna de arena 3	235.10
Duna de arena 4	140.56
Duna de arena 5	205.57

II.1.6 . Inversión requerida

La inversión requerida se calcula de **$236’607,566.4** (doscientos treinta y seis millones seiscientos siete mil quinientos sesenta y seis 40/100 pesos M.N), se observa que los costos ya integran las medidas de prevención y mitigación como es contar con un supervisor en materia Ambiental en todo momento, la colocación de las mallas antidispersión, la forestación y protección de los mogotes de mangle.

Al costo habría que sumar las actividades de monitoreo de los rompeolas y de la playa.

Tabla 9. Catálogo de conceptos de obra para proyecto de Restitución de la Playa Bahía del Carmen.

CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	cantidad	unidad	precio (pesos)	IMPORTE
PRELIMINARES					
1	Preparación de lote o sitio de maniobras con capacidad para fabricación y acopio de elementos prefabricados, fácil acceso y cercano al sitio del proyecto. Área mínima recomendada de 1 ha.	1.00	Lote	$800,000.00	$800,000.00
1	Tapetes antisocavación RS580i o similar.	3,436.7	m2	$800,000.00	$2,749,384,000.00
				Subtotal:	$800,000.00
ROMPEOLAS					
2	1 (94 m)Suministro y colocación de elementos prefabricados de concreto tipo tetrápodo o elemento similar de 2,100 Kg de acuerdo a especificaciones de proyecto. Incluye fabricación, maniobras de traslado y colocación sobre eje de rompeolas según planos.	1,588.0	Pza	$47,000.00	$74,636,000.00
3	2 (74 m)Suministro y colocación de elementos prefabricados de concreto tipo tetrápodo o elemento similar de 2,100 Kg de acuerdo a especificaciones de proyecto. Incluye fabricación, maniobras de traslado y colocación sobre eje de rompeolas según planos.	1,307.0	Pza	$47,000.00	$61,429,000.00
4	3 (48 m)Suministro y colocación de elementos prefabricados de concreto tipo tetrápodo o elemento similar de 2,100 Kg de acuerdo a especificaciones de proyecto. Incluye fabricación, maniobras de traslado y colocación sobre eje de rompeolas según planos.	961.0	Pza	$47,000.00	$45,167,000.00
			Subtotal 3 rompeolas		$181,232,000.00
PROTECCIÓN DE MANGLARES O ARRIATES					
5	Suministro y colocación de rocas de 0.20 m de diámetro para conformación de protección de manglares en polígonos del 1 al 5	224.67	m3	$200.00	$44,934.00
6	Suministro y colocación de malla tipo GT500 en márgenes de protección de manglares y salida de agua dulce	948.61	m2	$495.00	$469,561.95
				Subtotal:	$514,495.92
VERTEDERO DE AGUAS EXCEDENTES					
9	Suministro de geotubos tipo GT500 de 1 m de alto x 21 m de longitud	4.0	Pza	$35,640.00	$142,560.00
10	Suministro de geotubos tipo GT500 de 1 m de alto x 10 m de longitud	2.0	Pza	$17,820.00	$35,640.00
11	Suministro de tapete antisocavaci[on tipo GT500 con tubos de anclaje, con dimensiones de 21 m de largo por 4 m de ancho.	4.0	Pza	$33,660.00	$134,640.00
12	Suministro de tapete antisocavaci[on tipo GT500 con tubos de anclaje, con dimensiones de 10 m de largo por 4 m de ancho.	2.0	Pza	$33,660.00	$67,320.00
13	Colocación de geotubos y tapetes para construcción de vertedero de agua excedente.	6.0	Pza	$100,000.00	$600,000.00
				Subtotal:	$980,160.00
RELLENO DE PLAYA (280 m)					
14	Traslado y movilización de draga desde punto de origen hasta el sitio del proyecto	1.00	Lote	$15,840,000.00	$15,840,000.00
15	Traslado y movilización de tubería necesaria para las maniobras de bombeo de arena.	1.00	Lote	$200,000.00	$200,000.00
16	Relleno de arena por medio de draga de tolva autopropulsada	12,607.92	m3	$99.00	$1,248,184.08

CATALOGO DE CONCEPTOS DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	cantidad	unidad	precio (pesos)	IMPORTE
17	Renta de Maquinaria pesada para los trabajos de acomodo y distribución de arena sobre la playa.	2.00	semana	$61,600.00	$123,200.00
18	Mallas antidispersión colocadas durante el periodo de dragado de arena en el área de succión alrededor del área de anclaje y en la playa	1.00	lote	$200,000.00	$200,000.00
				Subtotal:	$17,611,384.08
CONSTRUCCIÓN DE DUNA ARTIFICIAL NO ESTRUCTURADA					
19	Forestación de duna con plantas nativas	1.00	lote	$1,000,000.00	$1,000,000.00
20	Formación de protecciones de manglar	1.00	lote	$400,000.00	$400,000.00
				Subtotal:	$1,400,000.00
SEÑALIZACIÓN					
21	Señalización temporal	1.00	lote	$25,000.00	$25,000.00
22	Proyecto ejecutivo de señalización para entrega a SEMAR. Incluye planos y descripción, no incluye construcción ni materiales.	1.00	lote	$18,000.00	$18,000.00
23	Suministro de elementos para señalización marina con postes de acero galvanizado e iluminación de leds autocontenidos, COSTO APROXIMADO.	1.00	lote	$1,287,000.00	$1,287,000.00
24	Colocación de postes para luminarias de señalización marina. El precio es aproximado, se considera proyecto con balizas, sin embargo e proyecto debe ser aprobado por la SEMAR, si el proyecto es diferente se requiere averiguar los precios del nuevo proyecto	8.00	pza	$8,000.00	$64,000.00
				Subtotal:	$1,394,000.00
LIMPIEZA Y REHABILITACIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO					
24	Limpieza y retiro de material sobrante en zona de maniobras	1.00	lote	$20,000.00	$20,000.00
25	Rehabilitación, reforestación de duna y zonas impactadas.	1.00	lote	$20,000.00	$20,000.00
				Subtotal:	$40,000.00
				TOTAL:	$203,972,040.00
				IVA 16%	$32,635,526.40
				GRAN TOTAL	$236,607,566.4

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

El Cronograma de obra representa un aproximado de los tiempos que llevarán los trabajos, y en caso de no haber interrupciones por situaciones climáticas.

Por ello se solicitan **6 años** para su construcción, ya que se requiere de mucho tiempo de planificación, de solicitar licencias y permisos en otras instancia, así como el financiamiento y cómo es conseguir que la draga esté disponible.

No se considerará construir en los meses de mayo, junio y agosto por la temporada de arribazón de las tortugas:

Los atrasos son temporales y serán cuando haya oleajes mayores a 0.3 m, los cuales se pueden presentar en las suradas, nortes o en presencia de tormentas o huracanes, que

impidan trabajar en aguas someras. Ya que estos son impredecibles, podría ocuparse todo o nada del tiempo extra que se solicita.

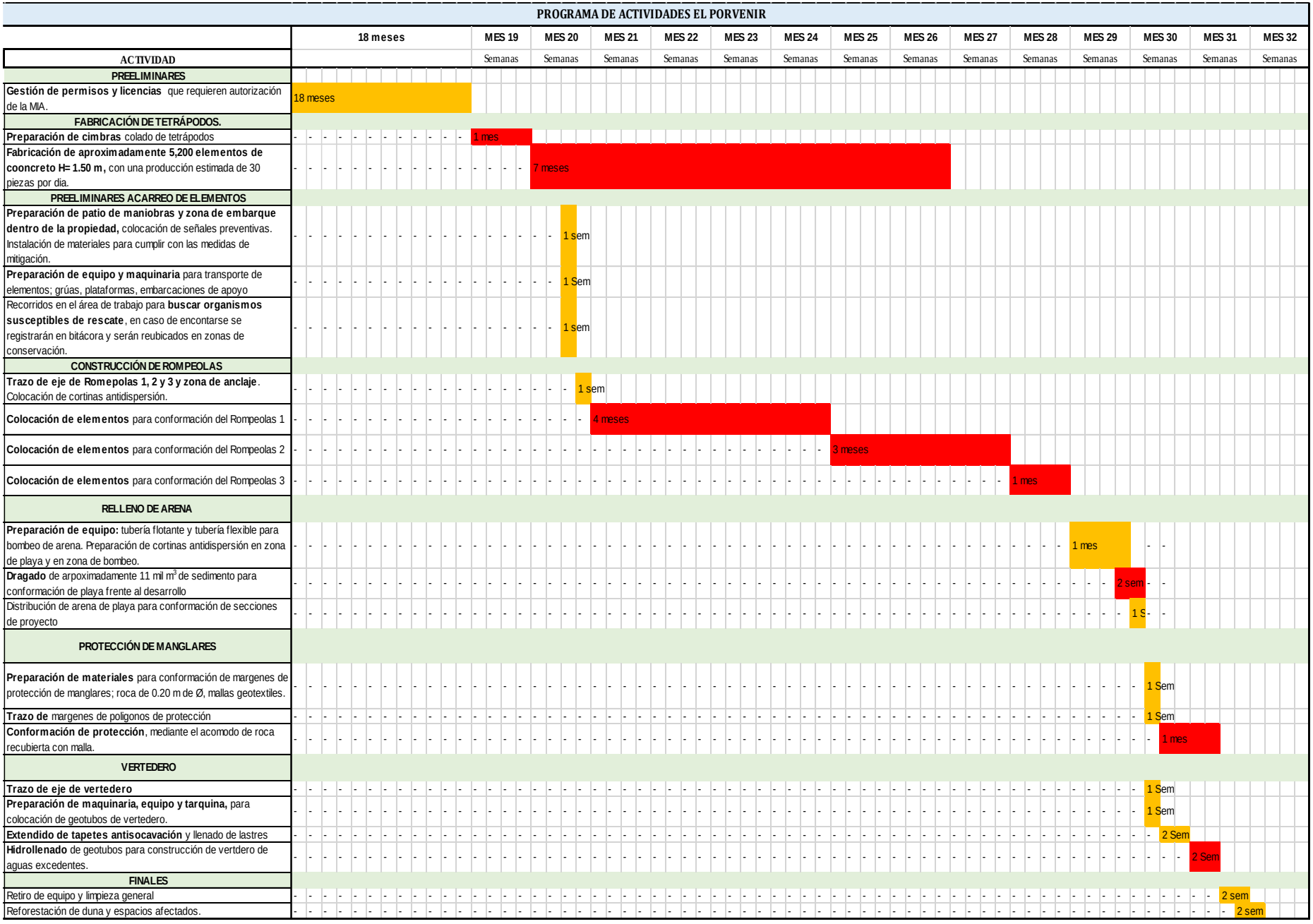
- Los trabajos de colocación de elementos pre-colados, solo se deberán realizar con oleaje menor a 0.3 m, o con el oleaje con el que el contratista pueda trabajar de forma segura. Si las obras se realizan entre junio y octubre se deberán monitorear los pronósticos de tormentas y huracanes y si se trabaja entre octubre y marzo se deberán revisar los avisos de entrada de frentes fríos, cuando exista un aviso de entrada de frente frío o tormenta se deberán detener los trabajos 24 horas antes del día de entrada de dicho temporal, para lo cual se obedecerán los boletines meteorológicos emitidos por la Capitanía de Puerto local.
- En caso de pronosticarse oleaje fuerte del Sureste, cerrarse el puerto a la navegación o de la amenaza de una tormenta extraordinaria, las embarcaciones de apoyo serán llevadas a Playa del Carmen, Puerto Morelos, Cozumel u otro puerto de abrigo para evitar daños a la infraestructura de trabajo, así mismo se detendrán labores.

Derivado del grado de incertidumbre que presentan los fenómenos naturales, es imposible establecer un cronograma que contemple estos eventos, ya que este se irá ajustando conforme se presenten las condiciones atípicas.

Realizando un cronograma considerando los preliminares, a fin de no estar solicitando modificaciones de plazo ante la SEMARNAT, se obtiene que se requerirán de 6 años para la vigencia de la etapa de preparación y construcción del proyecto considerando que se requieren aproximadamente 18 meses para realizar la solicitud de licencias y permisos que se requieren como son las autorizaciones ante la SCT, la Secretaría de Marina (SEMAR)y de 12 meses para solicitar los créditos pertinentes, los cuales solicitan entre los requisitos contar con la autorización en materia de impacto ambiental y con los permisos y licencias. Posteriormente los 18 meses para ejecutar el proyecto, y se consideran 18 meses por cualquier atraso meteorológico o para conseguir la embarcación, ya que no hay muchas de este tipo por lo que se tiene que programar su uso y esperar que esté disponible.

En caso de que todos los trámites se realicen en menor tiempo se comenzará antes la obra, de lo cual se le dará aviso del inicio de actividades a la SEMARNAT, así como de su finalización.

En el siguiente cronograma se sintetizo el cronograma de la ejecución del proyecto agregando las actividades administrativas, solicitud de licencias y permisos. El **programa de obra detallado** se presenta anexo en formado electrónico Excel (**Anexo 8**).


PROGRAMA DE ACTIVIDADES EL PORVENIR
ACTIVIDAD
18 meses
MES 19
MES 20
MES 21
MES 22
MES 23
MES 24
MES 25
MES 26
MES 27
MES 28
MES 29
MES 30
MES 31
MES 32
Semanas
PREELIMINARES
Gestión de permisos y licencias que requieren autorización de la MIA.
18 meses
FABRICACIÓN DE TETRÁPODOS.
Preparación de cimbras colado de tetrápodos
1 mes
Fabricación de aproximadamente 5,200 elementos de cooncreto H= 1.50 m, con una producción estimada de 30 piezas por dia.
7 meses
PREELIMINARES ACARREO DE ELEMENTOS
Preparación de patio de maniobras y zona de embarque dentro de la propiedad, colocación de señales preventivas. Instalación de materiales para cumplir con las medidas de mitigación.
1 sem
Preparación de equipo y maquinaria para transporte de elementos; grúas, plataformas, embarcaciones de apoyo
1 Sem
Recorridos en el área de trabajo para buscar organismos susceptibles de rescate, en caso de encontarse se registrarán en bitácora y serán reubicados en zonas de conservación.
1 sem
CONSTRUCCIÓN DE ROMPEOLAS
Trazo de eje de Romepolas 1, 2 y 3 y zona de anclaje. Colocación de cortinas antidispersión.
1 sem
Colocación de elementos para conformación del Rompeolas 1
4 meses
Colocación de elementos para conformación del Rompeolas 2
3 meses
Colocación de elementos para conformación del Rompeolas 3
1 mes
RELLENO DE ARENA
Preparación de equipo: tubería flotante y tubería flexible para bombeo de arena. Preparación de cortinas antidispersión en zona de playa y en zona de bombeo.
1 mes
Dragado de arpoximadamente 11 mil m3 de sedimento para conformación de playa frente al desarrollo
2 sem
Distribución de arena de playa para conformación de secciones de proyecto
1 S
PROTECCIÓN DE MANGLARES
Preparación de materiales para conformación de margenes de protección de manglares; roca de 0.20 m de Ø, mallas geotextiles.
1 Sem
Trazo de margenes de poligonos de protección
1 Sem
Conformación de protección, mediante el acomodo de roca recubierta con malla.
1 mes
VERTEDERO
Trazo de eje de vertedero
1 Sem
Preparación de maquinaria, equipo y tarquina, para colocación de geotubos de vertedero.
1 Sem
Extendido de tapetes antisocavación y llenado de lastres
2 Sem
Hidrollenado de geotubos para construcción de vertdero de aguas excedentes.
2 Sem
FINALES
Retiro de equipo y limpieza general
2 sem
Reforestación de duna y espacios afectados.
2 sem

II.2.2 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

a) Construcción de rompeolas de protección.

El proceso constructivo constituye una serie de distintos procesos, sistemas y métodos disponibles para que se pueda llevar a cabo una obra siguiendo para ello un conjunto ordenado de reglas o prácticas constructivas basadas en la experiencia, conocimientos técnicos y científicos disponibles en el momento. A continuación, se describen los elementos que conforman las estructuras de protección costera del proyecto, así como el procedimiento constructivo de cada una de ellas.

1. **Preparación de caminos de acceso, patio de maniobras y zona de embarque en la propiedad.** Se preparará un área para recibir y almacenar los elementos prefabricados, la cual deberá tener fácil acceso desde la carretera federal hasta la costa, ya que para el transporte de piezas se hará uso de camiones de cama plana de hasta 5 ton, dos grúas con orugas de 20 ton o mayor, así como herramienta utilizada para el transporte y manipulación de elementos de concreto. Se han designado dos áreas de trabajo en la propiedad, ambas en la colindancia sur junto al hotel Blue Bay. La primera, denominada “Patio de maniobras” (PM) de 650 m^2, desde donde se podrán realizar los movimientos y almacenaje de piezas que serán colocadas en el mar para construir los rompeolas; aquí serán entregadas las piezas, terminadas y limpiadas para su colocación. La segunda zona, llamada “Zona de embarque” (ZE), es el espacio en la orilla de la playa, en donde, con el uso de una grúa de orugas, se hará la carga de las piezas sobre las barcazas o chalanes; la zona deberá ser preparada para facilitar el tránsito de la máquina hasta donde esté anclada la plataforma, a una profundidad segura que será alrededor de 1 m, para evitar que esta se quede varada con el peso de los elementos; la ZE también será de aproximadamente 650 m^2. (Figura 31)



Figura 31. Zona de maniobras y almacenaje al norte y sur dentro de la propiedad.

2. **Preparación de maquinaria.** Se deberán preparar en el patio de maniobras, la maquinaria necesaria para los trabajos, tales como grúas de 20 ton o mayor, con orugas, una excavadora CAT 320, camiones de cama plana; para las maniobras en el agua, se usarán 2 chalanes de hasta 100 ton, dos embarcaciones de apoyo, uno especial para remolcar las barcazas cargadas y para el dragado, un tractor CAT D6 para el acomodo de arena, generadores de

corriente de 400 v para suministrar energía a la herramienta menor, la bomba sumergible e iluminación (de ser necesaria).

3. **Trazo del eje del rompeolas y zonas de anclaje.** Usando GPS de alta precisión, una embarcación y equipo de buceo autónomo, se colocarán lastres (o muertos) en los vértices de las estructuras y el eje de desplante de los rompeolas, a estos se le fijarán boyas pequeñas para señalizarlos, posteriormente, con ayuda de un buzo, se atará un cabo en cada vértice, para delimitar el eje exacto de desplante. Los muertos se harán con cubos de concreto que pueden ser llevados en una embarcación de bajo calado.

   Al mismo tiempo se definirá la zona de anclaje, que es el área en donde estarán ubicados estratégicamente más lastres de los cuales será anclado el chalán, y permanecerá fijo durante las maniobras de colocación. Esta zona es importante que esté delimitada debido a que los muertos utilizados tendrán que ser removidos posterior a los trabajos de construcción de los rompeolas. (Figura 32).

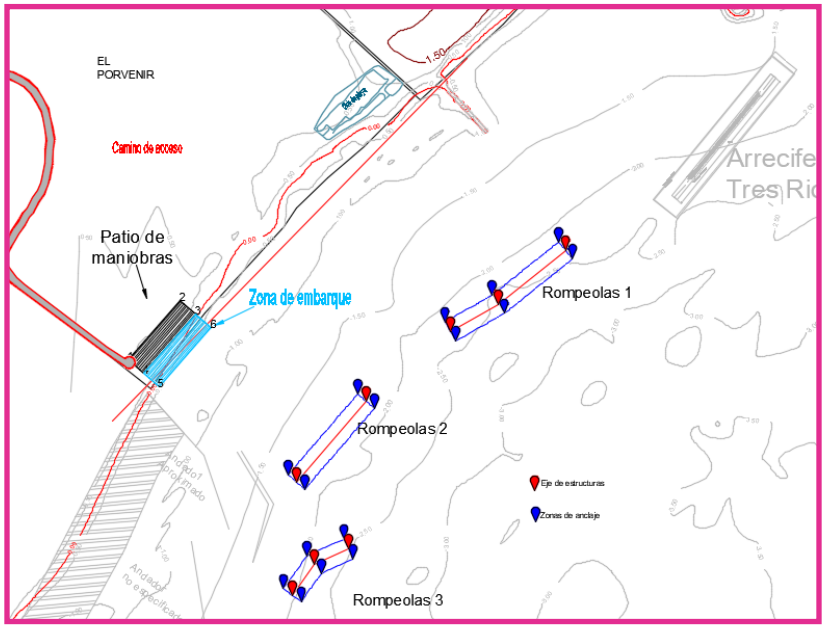


Figura 32. Trazo de rompeolas.

4. **Transporte de Elementos prefabricados.** Los elementos serán transportados desde el sitio de fabricación (fuera de la propiedad), hasta el PM mediante camiones de plataforma o camionetas, ya que el camino de acceso es reducido, por lo que los transportes no pueden ser de mayores dimensiones. Es importante mencionar, que cada elemento deber ser enjuagado previamente con agua para retirar residuos producto de su fabricación, este procedimiento se deberá realizar en el patio de colado utilizado por el constructor, el agua usada puede ser dispuesta en el drenaje.

5. **Tendido de tapetes antisocavación.** Debido a que la superficie de desplante de los rompeolas se encuentra compuesta por arena y pedacería de rocas calcáreas, se proyecta la instalación de un tapete antisocavación **RS580i**, el cual servirá, como su nombre lo indica, para evitar la salida de sedimento en la base de la estructura, que ocasione asentamientos graves; los tapates antisocavación serán debidamente extendidos y anclados al fondo mediante varillas antes de la instalación de piezas.

6. **Construcción de los Rompeolas 1, 2 y 3.** Una vez señalizados los puntos, tanto del eje de desplante, como el polígono de anclaje, además de haber extendido los tapetes; se iniciará con la colocación de los elementos para conformación de las estructuras. La grúa de orugas cargará uno a uno cada elemento sobre el chalan verificando que la carga esté bien distribuida para evitar el hundimiento de la barcaza; esta será remolcada hasta la zona de anclaje, donde ya debe estar lista la otra grúa, montada sobre el otro chalán, bien anclado al fondo para no tener complicaciones con el movimiento del oleaje.

   - Con la misma dinámica, la grúa irá acomodando cada elemento en su posición hasta alcanzar las dimensiones del proyecto, largo, alto, ancho y taludes. Para la conformación del rompeolas 1 será necesario un acomodo de piezas en 3 y 4 camas, mientras que para los rompeolas 2 y 3, al estar en una zona más somera, se hará en 3 camas.

   - Debido a la altura de diseño de corona se requiere colocar las piezas con grúa desde un chalán (también llamados flexiboats). La colocación como se puede ver en los planos requiere que las piezas se traben unas con otras ya que estas piezas trabajan por gravedad individualmente y por trabazón con las demás.

Los elementos de concreto permanecerán en su sitio por su propio peso y serán acomodados de manera que la forma piramidal provea de estabilidad a los taludes.

Al terminar los Rompeolas en su totalidad se habrán colocado aproximadamente 3,850 piezas**.**

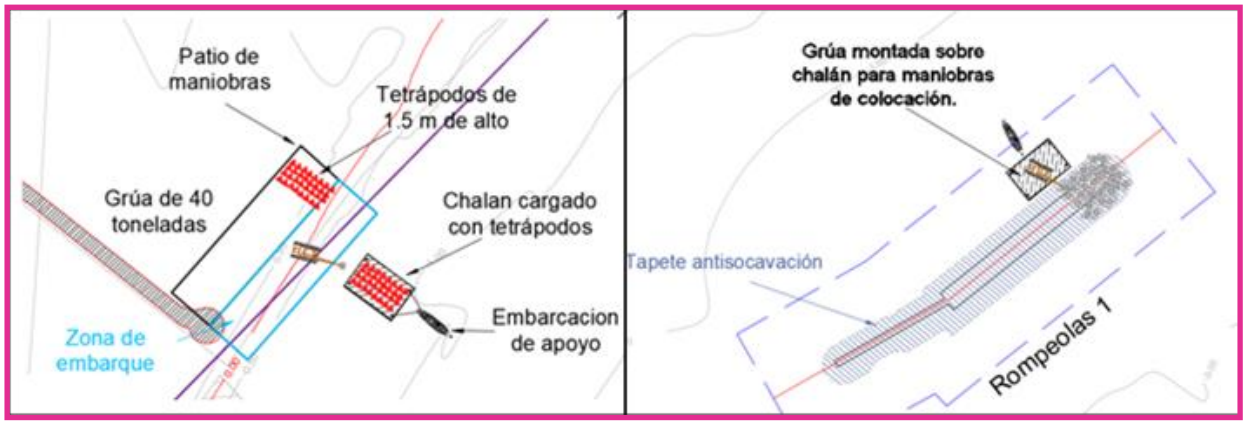


Figura 33. Construcción de rompeolas.

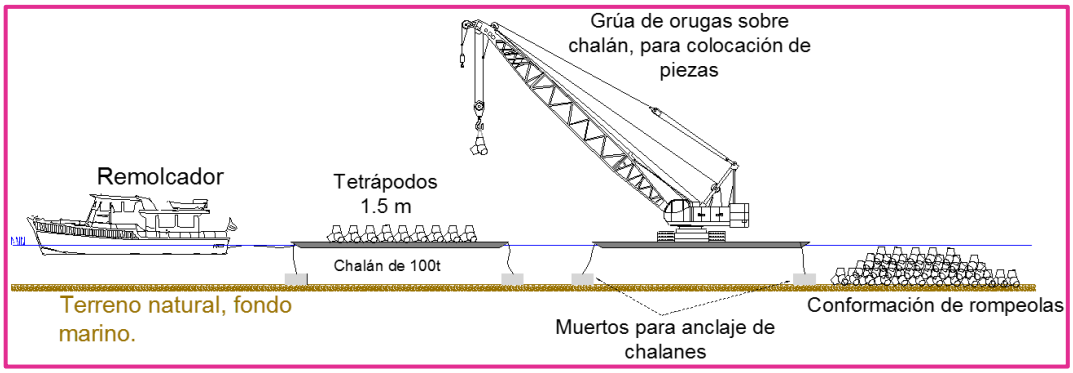


Figura 34. Esquema de la construcción de rompeolas con el uso de chalanes y grúas.

7. **Relleno de playa y duna artificial con arena.** El relleno de playa se llevará a cabo mediante el vertido de arena proveniente del banco marino Mamitas 4 (ver plano 4), o de un banco

terrestre que cuente con las características de la arena de la playa. En caso de provenir del banco de arena mamitas 4, ésta arena será extraída del banco, transportada en la tolva de la draga, y vertida de la draga a la playa usando una tubería, todos los detalles se encuentran en la sección 7.2 de este capítulo. En la playa se encontrará una cuadrilla de topógrafos y maquinaria pesada encargada de distribuir la arena para conformar las secciones tipo del relleno incluida la duna no estructurada según proyecto.

- La duna arenosa, como se menciona, deberá ser conformada durante los trabajos del relleno, con el uso de un tractor o bulldozer; donde, en el eje previamente marcado, se acumulará arena hasta alcanzar 1 msnm de altura y 4 m de ancho.
- Es importante el uso de cortinas antidispersión en el punto de dragado, punto de bombeo y punto de vertido.

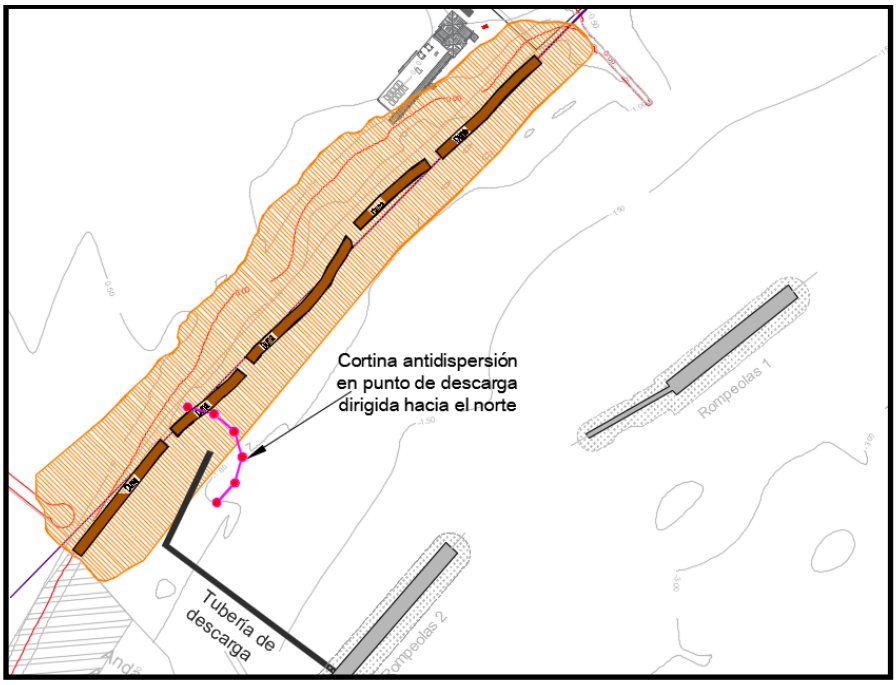


Figura 35. Vertido de arena en la playa y duna arenosa, durante el relleno.

8. **Trazo de protección de manglares y vertedero.** Similar al trazo de los rompeolas, marcaje de ejes y polígonos de desplante, también se hará uso de un sistema GPS de alta precisión, para el marcaje de los márgenes protección de manglares, en este caso se utilizarán estacas y cinta para delimitar los puntos de interés. También se deben dejar marcas de donde irá ubicado el vertedero.
9. **Construcción protección de manglares.** Una vez marcados los vértices y los márgenes de la protección de manglares, con el uso de palas, se deberá empezar a retirar el relleno de arena contenida dentro los márgenes de los arriates y entre las raíces; cuidando no dañar la vegetación.

- Después de limpiar la zona, los arriates serán conformados mediante el acomodo de rocas de aprox. 0.20 m de diámetro, en secciones de 1 m de ancho, desplantado desde el terreno natural hasta alcanzar +0.50 msnm (como se muestra en el perfil tipo de la), estas deberán ser recubiertas con una malla geotextil que servirá de filtro.

- La construcción de estos elementos en la playa, se deberán hacer a mano y de forma muy artesanal, de manera que se puedan cumplir con las dimensiones de las secciones tipo y al mismo tiempo, protegiendo la integridad de los manglares.

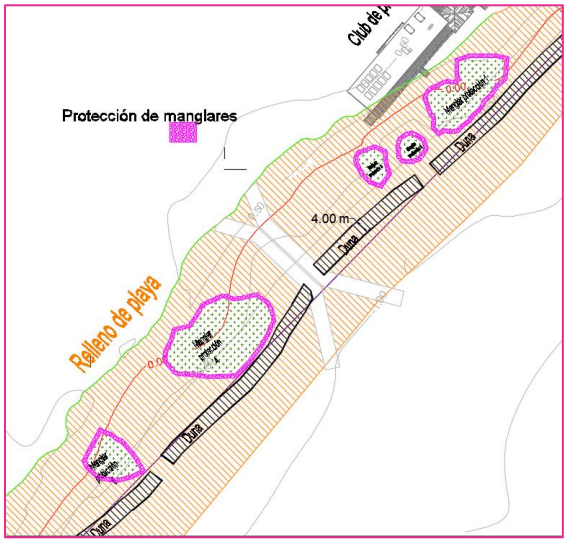


Figura 36. Conformación de protección de manglares.

10. **Construcción de Vertedero.** El vertedero de aguas excedentes se conformará con 4 geotubos de 1 m de alto y 20 m de longitud y 2 geotubos más de 1 m de alto x 10 m de largo, rellenos con arena dragada anteriormente.

    - Sobre los vértices ya marcados del eje del vertedero, se deberá preparar el terreno para generar una superficie de desplante uniforme con una altura de aproximadamente -0.30 msnm; se extenderán tapetes antisocavación en la base y posteriormente se instalará una bomba sumergible tragasólidos en una tarquina de 8x8 m donde se realizará una mezcla de agua de mar y arena, esta, será bombeada a los geotubos y a los lastres de los tapetes antisocavación.

    - Después de ser llenados correctamente, los geotubos y los tapetes del vertedero, serán cubiertos con la misma arena del relleno de playa.

    En la Figura 37 se muestra, de izquierda a derecha; la preparación de la tarquina de 8x8 m, el extendido de los geotubos y el tapete antisocavación en la base, el llenado del geotubo y finalmente el llenado del lastre en el tapete antisocavación.

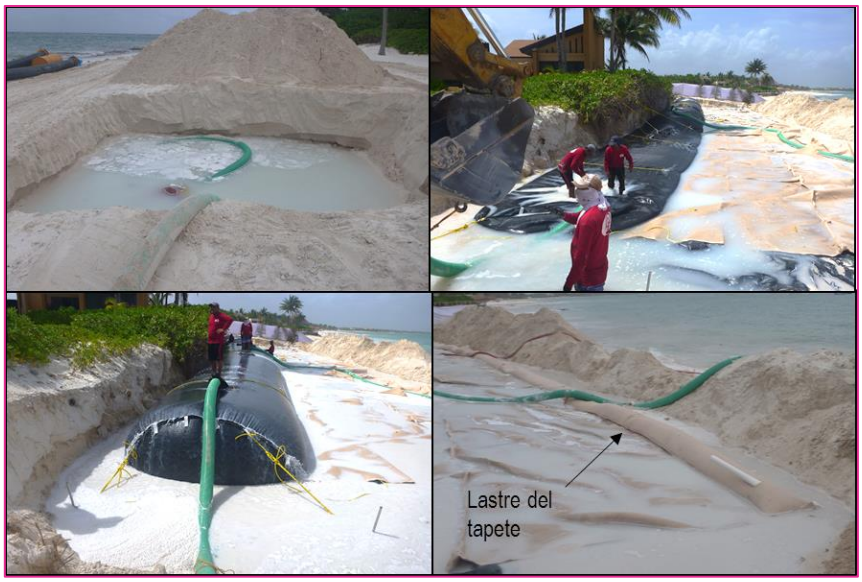


Figura 37. Fotografías del proceso de llenado de geotubos.

11. **Señalización Marina.** Una vez construidas las estructuras de protección costera y siguiendo la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), se deberá ubicar señalización marina al inicio y al final de la protección de manera que se puedan evitar accidentes con las embarcaciones locales principalmente porque las estructuras se encuentran a nivel medio del mar. (Figura 38).

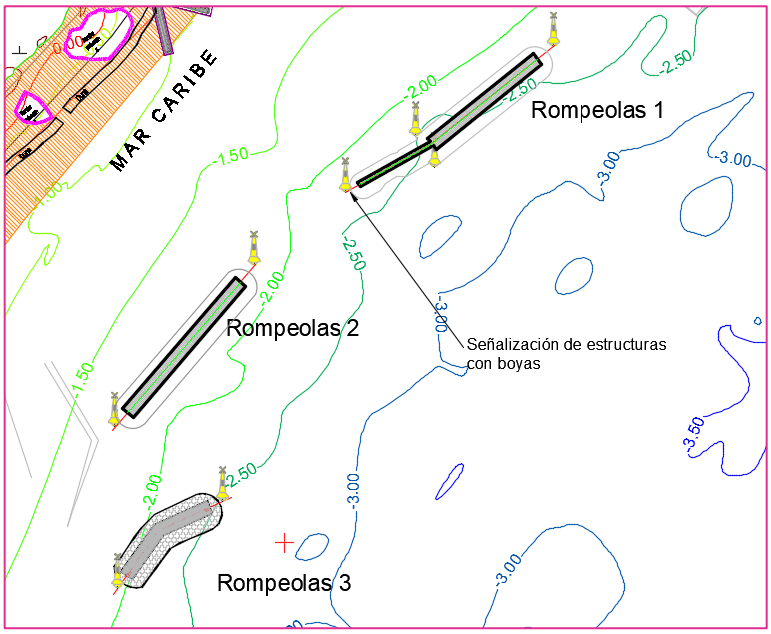


Figura 38. Ubicación de las señales marítimas.

12. **Limpieza General.** Se deberán retirar todas las cortinas antidispersión de las zonas de bombeo y asegurarse que ninguna sufrió un desgarro o rompimiento para evitar residuos plásticos en el fondo del mar.

- Se deberá retirar todos los anclajes y boyas en la zona.
- Se deberá retirar la maquinaria pesada revisando que no hubiere fugas de hidrocarburos, en caso de ser así, se removerá por completo la zona arenosa afectada y a los residuos peligrosos generados se les dará disposición final de acuerdo a la legislación. El manifiesto de generación de residuos peligrosos será proporcionado al equipo de supervisión ambiental del proyecto para su incorporación en el informe que se entregará a la SEMARNAT o cualquier otra autoridad Estatal o Municipal si es requerido).
- Todos los residuos sólidos urbanos serán removidos y ubicados en los contenedores previamente indicados por el promotor. De igual manera, se colocarán sanitarios portátiles en la zona que determine el Desarrollo para los trabajadores involucrados en el proyecto, a razón de un sanitario por cada 10 trabajadores.

b) Extracción y transporte de arena con draga.

Una vez terminados los 3 rompeolas al 100% y los elementos de protección de manglares, se iniciará el vertido de arena para recuperar la playa erosionada, para lo cual además del equipo descrito previamente se trasladará navegando por mar una draga de tolva hasta el frente de la propiedad.

El relleno de arena en la playa frente al predio de la zona de estudio será hecho con arena proveniente del Banco **Mamitas 4** ubicado a 9.5 km al sur del predio, frente a las costas de Playa del Carmen.

Se pretende extraer del banco, la cantidad de aproximada de **13,521.00 m^3,** posteriormente transportarlos a un punto cercano a la costa frente al desarrollo y descargarlos a lo largo de la costa usando una draga de tolva; además del proceso mencionado anteriormente; a continuación, se describen los pasos a seguir para llevar a cabo estos objetivos.

1. **Selección de Draga.** Existen varios elementos a considerar para seleccionar la draga adecuada para un trabajo determinado, entre las cuales se encuentran las condiciones del sitio donde se extraerá la arena, sí es un lago o el mar, sí está protegido del oleaje o no, etc.; otro elemento es la profundidad máxima del sitio y el tamaño de la draga de acuerdo con la cantidad de arena que se requiere extraer, entre otros.

   En este caso particular se tiene una zona que varía entre **9 m** y **15 m** de profundidad, de manera que se buscará una draga con un calado menor a esto, las condiciones en que se trabajará son las de un mar semi-protegido, ya que la zona se encuentra protegida parcialmente por la Isla de Cozumel y en general las condiciones de oleaje y viento se pueden considerar favorables, sin embargo se pueden presentar condiciones de oleaje alto cuando se presenta una “Surada” (viento fuerte del Sur-Sureste) o un frente frío (viento del Noroeste), estás condiciones de oleaje fuerte pueden desarrollarse súbitamente, por lo que se requiere una embarcación adecuada para mar con condiciones de oleaje medio-alto y por supuesto se requiere considerar los lugares en donde esta puede ser resguardada (**Figura 39**) en caso de que se espere tener alguna tormenta estacional o extraordinaria y mantener vigilados los diferentes sistemas de monitoreo que presentan pronósticos de viento y oleaje día a día, tales como Buoyweather, NOAA http://www.noaa.com/, Wunderground, entre otros. Todos ellos provén información muy útil y confiable que servirá para determinar si se mantiene a la draga trabajando, detenida y anclada o resguardada.



Figura 39. Terminal marítima Calica a 11 km al sur del banco de arena para el dragado. Posible sitio de resguardo de la draga.

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 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.

De manera que después de analizar los elementos arriba descritos y de haber revisado varios tipos de dragas se ha elegido una draga compacta, para uso en mar, con tolva y brazo de dragado como la llamada "Adelaar" de la empresa Dutch Dredging (ref. http://www.dutchdredging.nl/en/ship/adelaar-trailing-suction-hopper-dredger/), las características de esta draga se muestran a continuación y representan el tipo de equipo a utilizarse, por lo que se podrá emplear esta u otra draga con características similares:

DRAGA ADELAAR	
Capacidad de la tolva	604 m^3
Longitud total	60 m
Manga	8 m
Calado (Draga cargada)	2.80 m
Máxima profundidad de dragado	25 m
Diámetro del tubo de succión	500 mm
Potencia de la bomba de succión	315 KW (427.9CV)
Potencia de propulsión	515 KW (700CV)
Bowthruster	150 KW
Velocidad	7Kn (12.90km/hr)



Figura 40. Imagen de draga "Adelaar" con tolva.

Esta draga puede maniobrar en el área perfectamente ya que su calado cargado por completo es de **2.8 m** y su máxima profundidad de dragado es **25 m**, ya que los bancos de arena se encuentran entre **9 m** y **15 m,** la draga trabajará de manera segura sin riesgo de tocar el fondo.

La tolva puede albergar **604 m^3** en cada viaje, el volumen a extraer alrededor de **13,521 m^3** de manera que se necesitan al menos 22 ciclos (viajes redondos al banco). Se estiman 3 horas para cada ciclo; aproximadamente 3 días para realizar todas las maniobras.

2. **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, en un patio de maniobras delimitado para este fin, 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 15 a 44 pulgadas.
- 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.

3. **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 medialuna dirigida contra la corriente para contener los sedimentos en suspensión. (Figura 41 y Figura 42).

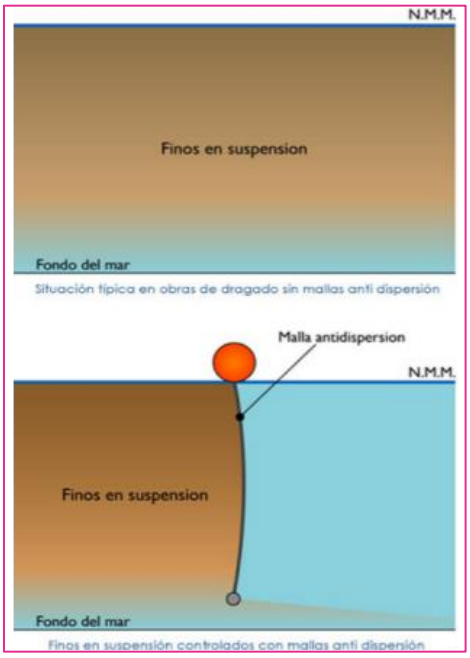


Figura 41. Cortina antidispersión con lastre y flotador (Arriba sin malla antidispersión; abajo con malla-antidispersión).



Figura 42. Cortinas antidispersión.

4. **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.

   En la figura a continuación se muestra el banco de arena montado sobre el plano de caracterización de ambientes marinos en el que se puede observar que la zona de extracción está cercano a polígonos de laja y arenales profundos. También se puede encontrar en el plano 4 del Banco de Arena, sobre la caracterización, que acompaña este documento.

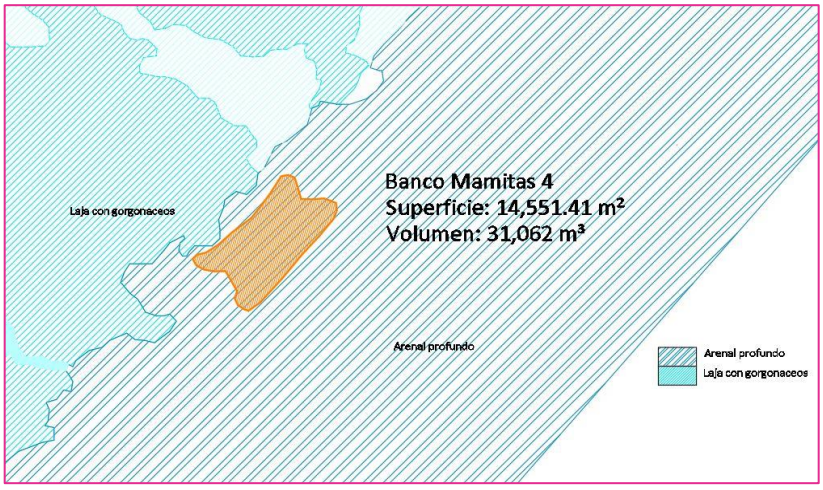


Figura 43. Banco de arena mamitas 4 montado sobre la caracterización de ambientes marinos.

5. **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.
6. **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 **40 min**, teniendo en cuenta que la distancia es de **8.5 km**.

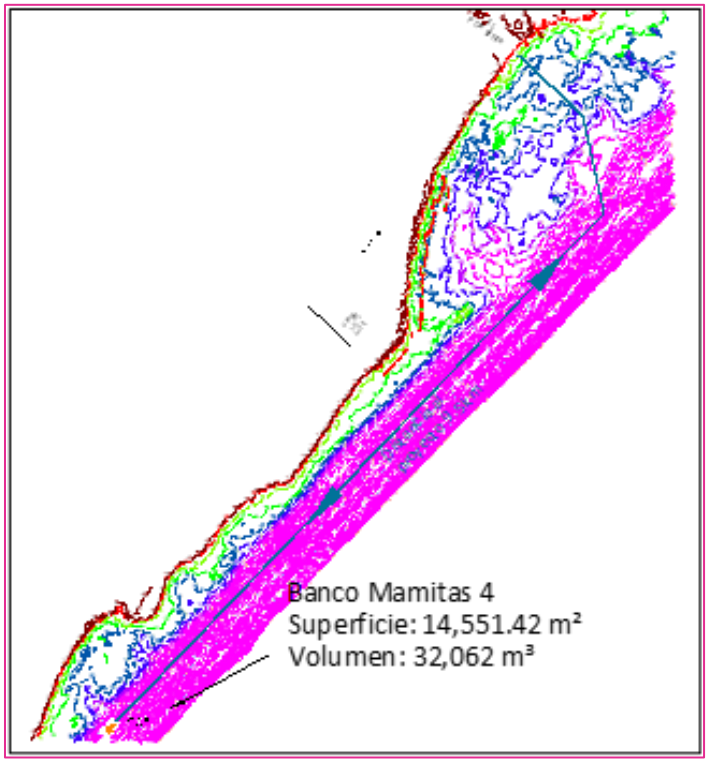


Figura 44. Se muestra la localización del banco de arena y la ruta de navegación hacia el frente de playa.

7. **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.

   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. Finalmente, en áreas que tengan manglar se colocarán mallas geotextiles que lo protejan.

Tabla 10. Tiempos estimados para el dragado.

Ciclos	Tiempo por ciclo (hrs)	Ciclos por día	Días para el dragado completo
22	3	8	3

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.

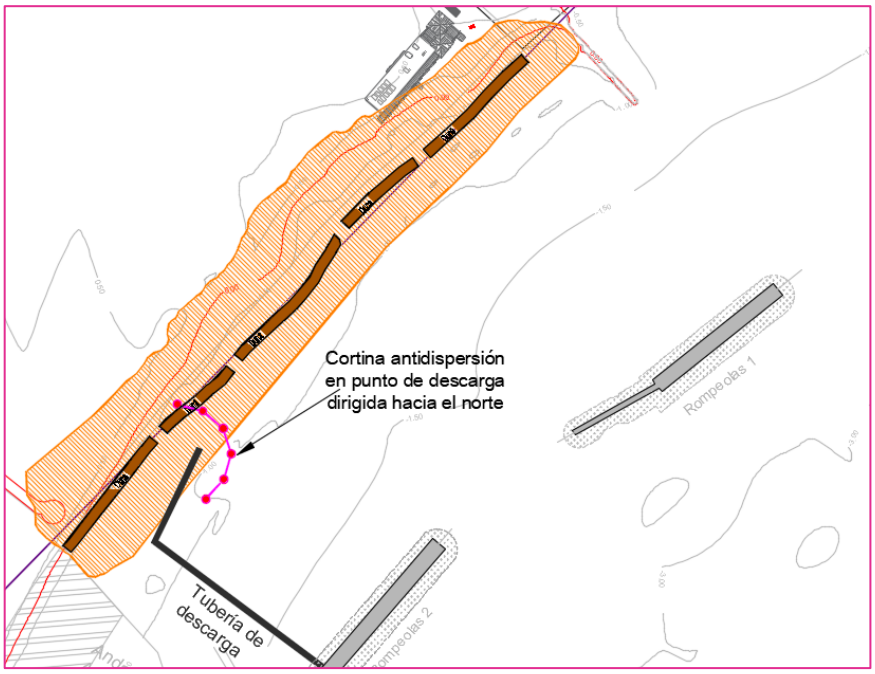


Figura 45. La salida de la tubería de descarga de arena proveniente de la draga se colocará de forma paralela a la línea de costa para verter arena, ensanchar la playa y progresivamente mover arena hacia el Suroeste y Noreste para ensanchar la playa a todo lo largo del desarrollo.

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.

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



Figura 46. Vertimiento y acomodo de arena con maquinaria pesada.

A continuación, se muestra la imagen de la draga durante el trabajo de relleno de arena en las playas de la Rivera Maya realizado en mayo del 2016.



Figura 47. Draga conectada a la manguera flotante por medio del tubo de expulsión en la proa, previo al vertimiento en la playa.



Figura 48. Descarga de mezcla agua-arena en la playa con tubería rígida y maquinaria de apoyo para acomodar la arena vertida.

A continuación, se puede ver el área de anclaje y maniobras, montado sobre la batimetría frente al desarrollo.

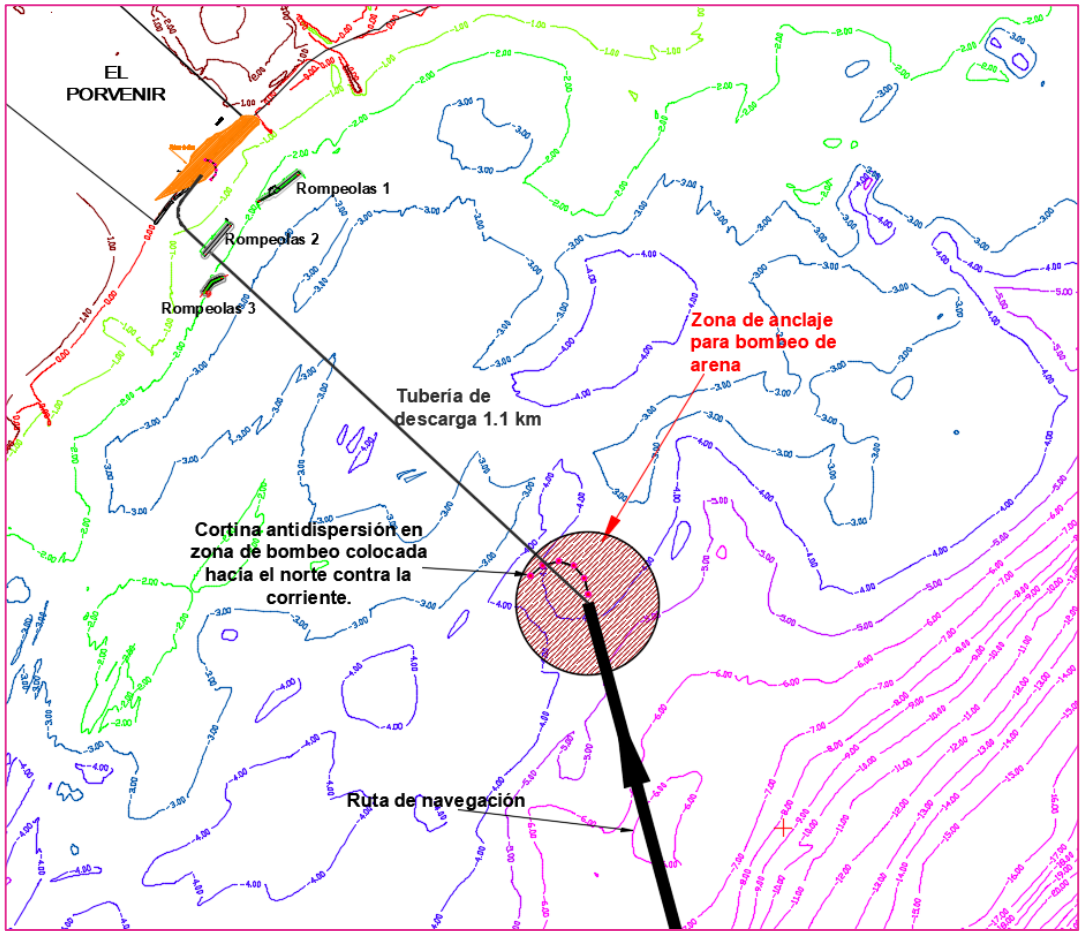


Figura 49. Zona de anclaje frente al desarrollo a una distancia de aproximadamente 1100 m.

8. **Desacoplamiento y navegación.** Una vez que la tolva esté totalmente vacía se desacoplará la descarga de la bomba de la tubería y la embarcación se desancla para navegar de regreso a la zona de extracción de arena por la misma ruta designada.

   Estos pasos se repetirán varias veces hasta terminar todas las partes que conforman el proyecto y se obtenga el ancho de playa seca de 30 m en promedio. Cabe resaltar que esta zona se trata de una costa dinámica donde habrá movimientos de arena a lo largo de la misma con acumulaciones en ciertos puntos por el movimiento generado por oleaje del Sureste (surada) y oleaje del Norte (Norte o Frente Frío).

   De acuerdo a los tiempos descritos, la operación para cargar y descargar una tolva completa tomará 130 minutos más 40 minutos más para el acoplamiento, desacoplamiento y maniobras, lo que da un total de 170 minutos, aproximadamente 2 hrs y 50 min, por lo que se podrán realizar aproximadamente 8 ciclos por jornal.

Tiempos durante las maniobras de dragado.	
Actividad	Tiempo (min)
Traslado ida	25
Carga	45
Traslado regreso	25
Acople	20
Descarga	45
Desacople	20
Total	170
	2 hrs y 50 min

Los trabajos se deberán realizar sólo en condiciones ideales en que el mar este en calma (oleaje máximo de 1.5 ft o 45 cm) y viento máximo de 7 nudos (12.9 km/hr).

La recuperación de la playa se debe realizar idealmente entre los meses de marzo y julio, durante estos meses, se evita la temporada de huracanes, la de *Nortes* y las *Suradas* son poco probables, por lo que es la temporada ideal.

Alternativamente a la draga mencionada, se tienen los datos de otra draga un poco más grade que también cumple; una draga más grande que también puede realizar este trabajo, esta draga de nombre “Albatros” tiene las siguientes especificaciones.

Hopper capacity	1860 m³
Length	75.00 metre
Breadth	13.40 metre
Depth	4.10 metre
Dredging draft	3.48 - 3.80 metre
Summer draught	3.21 metre
Suction pipe	ø 600 millimetre
Maximum dredging draft	30.0 metre
Speed at dredging draft	10.0 kn
Propulsion	2 x 700 kW
Bowthruster	260 kW
Dredgepump	700 kW
Software	PDS 2000
Notation	DEEPSEA I HULL + Mach/Hopper dredger/unrestricted navigation/+AUT-UMS/GREEN PASSPORT

Figura 50. Especificaciones de draga de tolva Albatros.

Esta draga ha realizado trabajos de la misma índole en costas de Quintana Roo.

c) Elementos para evitar la dispersión de Arena.

Cálculos de dispersión

Tras rellenar la playa con arena se espera que la arena se disperse y reacomode de forma natural dependiendo del movimiento de arena que provoquen las corrientes. A continuación los cálculos que se hicieron:

Velocidades de corrientes en zonas críticas.

Con respecto a la velocidad de corriente presente en la zona y la velocidad de sedimentación de la arena obtenida, de la escala del tamaño de grano de Udden-Wentworth, se determinó la dispersión. El tamaño de grano considerado es el promedio de las muestras analizadas del banco de arena (Anexo IV Granulometrías). Para el cálculo de dispersión de arena, se utilizó el modelo matemático propuesto por Alcerreca (2013), a continuación, se muestran en la siguiente tabla los valores utilizados para obtener la velocidad de asentamiento en tres zonas críticas durante el dragado; zona de extracción, zona de bombeo y zona de descarga (**Tabla 11**).

Tabla 11. Caracterización de corrientes en zonas de interés.

Caracterización de corrientes en zonas de interés			
Punto	Dirección	Velocidad (m/s)	Profundidad del sitio (m)
Banco Mamitas 4	SE	0.00132	14.00
Zona de bombeo	SE	0.2400	4.50
Zona de descarga	NE	0.00455	1.00

Tabla 12. Cálculo de velocidad de asentamiento.

Cálculo de velocidad de asentamiento			
Datos		Valor	Notas
g	Gravedad (m/s²)	9.81	Constante
v	Viscosidad cinemática (m²/s)	0.000000946	Constante (Agua de mar a 26°c)
ρ	Densidad fluido (Kg/m³)	1030.00	Constante
ρs	Densidad sedimento (Kg/m³)	2240.00	Granulometría
D50	Partícula representativa 50% (m)	0.00019	Granulometría
h	Profundidad max del banco (m)	14.00	Batimetría
Vc	Vel. De la corriente en banco (m/s)	0.00132	Estudio con plumas de dispersión
dN	Diámetro nominal (m)	0.000211111	D50 ≈ 0.90dN
D_*	Diámetro de la partícula	4.95	$D_* = d_N \left[\left({}^{g}/_{v^2} \right) \left({}^{\rho_s}/_{\rho} - 1 \right) \right]^{1/3}$
R	Número de Reynolds	3.67	$R = \left(\sqrt{22 + 1.13 {D_*}^2} - 4.67 \right)^{1.5}$
Wf	Velocidad de asentamiento (m/s)	0.0164	$R = \frac{dN * Wf}{v}$

El procedimiento para la obtención del valor de dispersión es el siguiente:

Primero se debe obtener el valor que determina el tiempo de caída de partículas finas en máxima profundidad. Debe ser las partículas finas debido a que son las que tardan más tiempo en sedimentarse y para efectos de diseño es la opción más desfavorable.

- Cálculo para profundidad baja en zona de descarga (Playa Bahía del Carmen)

$Tiempo\ de\ Caida\ de\ Particulas = \frac{Profundidad}{Velocidad\ de\ Caida}$= 1.00/ 0.0164= 60.87 s= 1 min

- Cálculo para profundidad de 4.5 m en zona de anclaje y bombeo de draga.

$Tiempo\ de\ Caida\ de\ Particulas = \frac{Profundidad}{Velocidad\ de\ Caida}$= 4.50/ 0.0164= 273.92 s= 5 min

- Cálculo para profundidad de 14 m en zona de extracción (en Banco Mamitas 4)

$Tiempo\ de\ Caida\ de\ Particulas = \frac{Profundidad}{Velocidad\ de\ Caida}$= 14.00/ 0.0164= 852.2 s= 14 min

Posteriormente, dependiendo de la velocidad de las corrientes del sitio se debe multiplicar el Tiempo de Caída de las Partículas por la velocidad de la corriente para obtener la distancia (longitud) de la pluma de dispersión de sedimentos (Tabla 13).

- Cálculo para profundidad baja en zona de descarga (Playa Bahía de Carmen)

$$Long\ Pluma\ = T.de\ Caida\ de\ Part * V.de\ Corriente = 60.87 * 0.0046 = 0.28\ m$$

- Cálculo para profundidad de 4.5 m en zona de anclaje y bombeo de draga.

$$Longitud\ de\ Pluma\ de\ Dispersión = 273.92 * 0.240\ = 65\ m$$

- Cálculo para profundidad de 17 m en zona de extracción (Banco Mamitas 4)

$$Longitud\ de\ Pluma\ de\ Dispersión = 852.19 * 0.00132 = 1.12\ m$$

Tabla 13. Plumas de dispersión .

Plumas de dispersión de arenas.				
Punto	Velocidad de asentamiento (s)	Tiempo de caída (s)	Tiempo de caída (min)	longitud de pluma (m)
Banco Mamitas 4	0.01643	852.19	14.20	1.12
Zona de bombeo	0.01643	273.92	4.57	65.74
Zona de descarga	0.01643	60.87	1.01	0.28

Ya que las medidas anteriores se calcularon con condiciones normales de viento, es importante que durante los eventos de tormentas estacionales (Nortes y Suradas), así como con tormentas extraordinarias, no se realicen los trabajos, ya que además de aumentar el riesgo para los trabajadores, las posibles dispersiones serían mayores.

Cerca del área de trabajo se encuentra el polígono del Tiburón Toro (Figura 51) a aproximadamente 1.5 km del polígono de extracción de arena, la siguiente más cercana es el Área Natural Protegida (ANP) denominada Arrecife de Puerto Morelos (Figura 52), la cual se encuentra a 20 km de distancia por lo que no es posible que en condiciones normales esta área se vea afectada por los trabajos de extracción de arena, la otra Área Natural protegida es la llamada Parque Nacional Arrecifes de Cozumel (Figura 53), que se encuentra a 24 km y además las corrientes se dirigen hacia el Noreste por lo que no hay razón para pensar que pueda ser afectado por las plumas de dispersión generadas durante los trabajos de extracción, transporte y vertimiento de arena.



Figura 51. Ubicación de la zona de trabajo y su distancia respecto al Polígono del Tiburón Toro en Playa del Carmen.

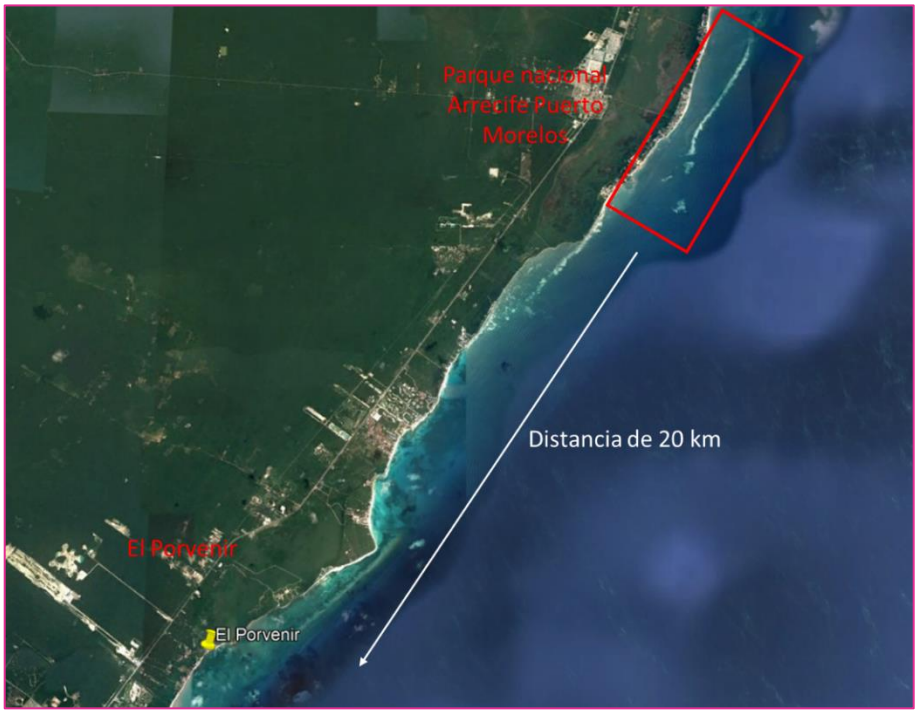


Figura 52. Ubicación de la zona de trabajo y su distancia respecto al Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.

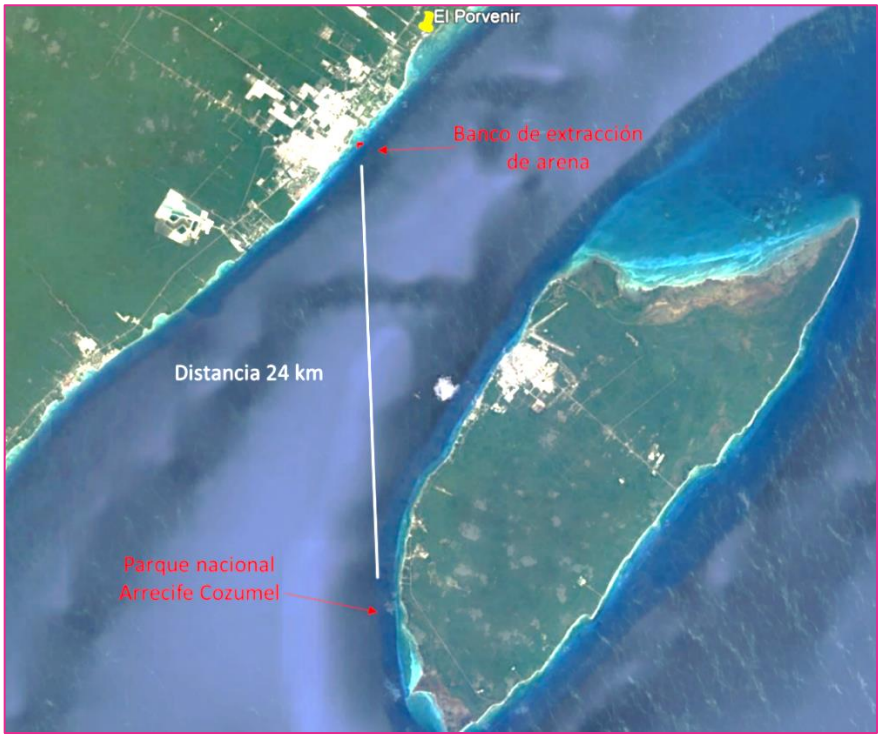


Figura 53. Ubicación de la zona de extracción y su distancia respecto al Parque Nacional Arrecifes de Cozumel.

d) Plumas de dispersión máxima

Las plumas de dispersión máximas:

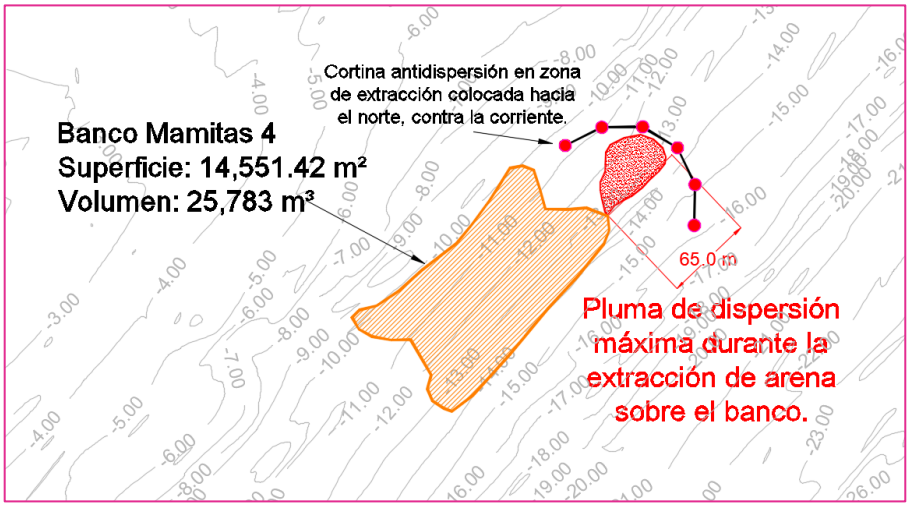


Figura 54. Pluma de dispersión máxima en la zona de extracción simulando con dirección de corriente desde el Sur.

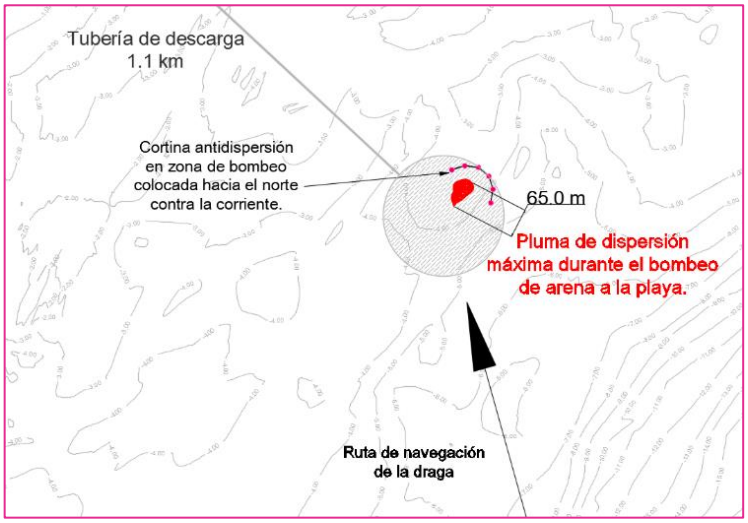


Figura 55. Pluma máxima de dispersión de sedimentos en la zona de anclaje y bombeo de la draga.

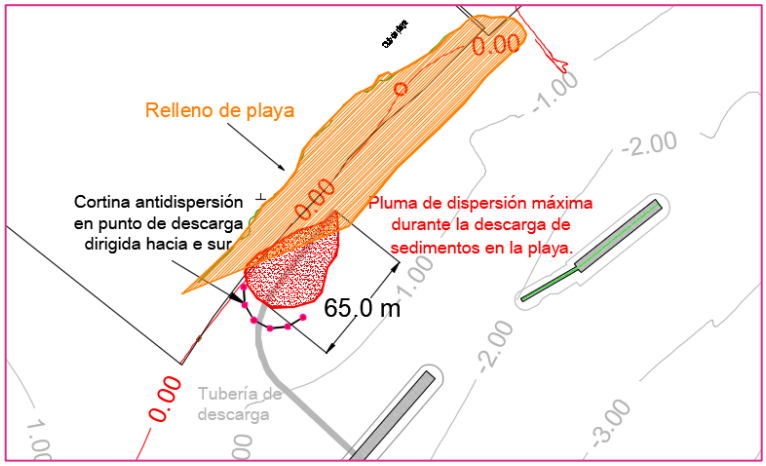


Figura 56. Pluma máxima de dispersión en la salida de la tubería de inyección de arena.

e) Recomendaciones y procedimientos de seguridad.

Para llevar a cabo los trabajos descritos anteriormente se deberán observar las siguientes prácticas:

1. Los trabajos de colocación elementos pre-colados, solo se deberán realizar con oleaje menor a 0.3 m, o con el oleaje con el que el contratista pueda trabajar bien y de forma segura. Si se realizan entre junio y octubre (No se considerará construir en los meses de mayo, junio y agosto por la temporada de arribazón de las tortugas) se deberán monitorear los pronósticos de tormentas y huracanes y si se trabaja entre Octubre y Marzo se deberán revisar los avisos de entrada de frentes fríos, cuando exista un aviso de entrada de frente frío o tormenta se deberán detener los trabajos 24 horas antes del día de entrada de dicho temporal, para lo cual se obedecerán los boletines meteorológicos emitidos por la Capitanía de Puerto local.
2. En caso de pronosticarse oleaje fuerte del Sureste, cerrarse el puerto a la navegación o de la amenaza de una tormenta extraordinaria, las embarcaciones de apoyo serán llevadas

a Playa del Carmen, Puerto Morelos, Cozumel u otro puerto de abrigo para resguardarse, y permanecerán ahí hasta que las condiciones mejoren.

3. Cualquier servicio o reparación a los motores de las embarcaciones deberán ser realizadas por el contratista fuera del área de construcción de Rompeolas, estas operaciones de mantenimiento se llevarán a cabo en alguna marina de Playa del Carmen o Cozumel.

4. Si por alguna razón existiera un derrame ligero de hidrocarburos el procedimiento a seguir es 1) interrumpir las operaciones, 2) colocar en la zona donde se encuentre el fluido derramado los flotadores absorbentes que se tendrán a bordo de las embarcaciones y en la costa listos para ser usados, y 3) en caso de ser posible y no causar derrames adicionales, navegar de manera inmediata hacia el puerto más cercano para revisión y reparación de la fuga. Los flotadores absorbentes de hidrocarburos son cordones de 8plg x 10pies 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, entre otras compañías, el peso por bolsa es de 42lb (18.9Kg) y pueden usarse para responder a derramamientos 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 absorbente absorba el hidrocarburo, cuando se sature el flotador habrá que remplazarlo por uno nuevo hasta que todo el material quede en los flotadores y la superficie del agua 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).


Hazmat Absorbents - (B8-H)

Ideal for responding to spills with unknown liquids. These pads and rolls will absorb virtually all acid and base liquids. These products are quickly deployed and recovered in hazardous spill applications. Use booms to confine large spills.

Tech. Info.

Product Data Sheets

B8-H

MSDS

B8-H

PART #	DESCRIPTION	SORBENT CAPACITY	PACKAGING	WEIGHT
Booms				
B8-H	8" x 10', Lint Free	48 gallons/bale	4/bale	42 lbs.

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 1) detener la bomba, 2) cambiar la manguera o tubo en el sitio y 3) reanudar el bombeo.

6. Ya que se tienen las mallas anti-dispersión 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 ecosistema.

7. Se verificará, antes de iniciar las actividades que las mallas geotextiles estén completas y en óptimas condiciones, con lastres a cada 20m para mantenerlas extendidas desde la superficie hasta el fondo. Deben tener boyas flotantes en la superficie amarradas a la malla geotextil a cada 20m 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.

f) Relación de Personal y Equipo.

MAQUINARÍA Y EQUIPO Almacenaje y manipulación de cubos	Cantidad
Grúa de 20 ton	2
Camiones de carga.	2
Acomodo de cubos	
Chalanes de carga 100 ton	2
Relleno de playa	
Draga de tolva	1
Embarcación de apoyo y remolcador	2
Excavadora CAT 320 o similar o mayor	1
Tractor CAT D5 o similar o mayor	1
Cortinas antidispersión de 20 m de longitud	3
Herramienta menor	

Personal por etapas en tierra	Rompeolas	Relleno de arena	Protección manglares
Operadores de maquinaria pesada (Tractor, excavadora, grúa)	3	2	-
Choferes de camiones	2	-	-
Cuadrilla de topografía	3	3	-
Cuadrilla de apoyo en tierra	4	4	-
Cuadrilla de trabajo para acomodo de rocas	-	-	6
Supervisión	1	1	1
en agua		10	7
Operadores de maquinaria pesada (grúa)	1	-	-
Tripulación embarcaciones de apoyo (3x embarcación)	6	6	-
Tripulación de la draga	-	10	-
Cuadrilla de buzos	3	-	-
	10	16	0
TOTAL	23	26	7

II.2.3 Operación y mantenimiento

La operación en este caso representa la permanencia del rompeolas y la dinámica de la playa, entre la playa y el rompeolas que representa un arrecife artificial, se genera una laguna arrecifal artificial.

Inicialmente la arena se verterá y repartirá para ensanchar 30 m de acuerdo con lo representado en el plano 7.

Con el paso del tiempo se espera que la playa adopte la forma que se muestra en el plano 11, en el cual se forman unas salientes ligeras detrás de los rompeolas, cuando se tengan condiciones de oleaje de Noreste las salientes se moverán ligeramente hacia el Sur, cuando se presenten condiciones de oleaje proveniente del Sureste las salientes se cargarán un poco

al Norte y cuando el oleaje se presente del Este cada saliente se alineará con el centro de cada rompeolas.

Por lo que respecta a la corriente no habrá cambios significativos, ya que los rompeolas son paralelos a la costa y están alineados con el flujo de la corriente, el movimiento de agua de un lado de los rompeolas y del otro, será suficiente para que haya un intercambio adecuado de agua, y no se formen estancamientos.

Medidas de monitoreo.

Las medidas de monitoreo sugeridas son:

1. Levantamientos Topo batimétricos semestrales o después de periodos de oleaje extraordinario, para comprobar que la sección de diseño se mantenga en los Rompeolas y en la playa. La Batimetría deberá abarcar el área desde la playa hasta 200 m. aguas afuera de los rompeolas para detectar si la arena ha escapado y que tan lejos ha llegado, también se deberá abarcar al menos 200 m. al Sur de la parte Sur del desarrollo y 200 m. al Norte de la parte Norte del desarrollo. El monitoreo servirá de base para predicciones futuras.
2. Inspecciones visuales periódicas de los Rompeolas después de periodos de oleaje extraordinario y de forma semestral, esta inspección deberá de ser documentada con fotografías tomadas siempre desde el mismo ángulo, tanto dentro como fuera del agua. La recomendación para este punto en particular es que las fotografías se realicen en periodos de marea baja.
3. Es importante colocar señalización a los Rompeolas, que podrían ser boyas ancladas al fondo o balizas, para que los usuarios de embarcaciones no las golpeen.
4. Por dinámica del sedimento en eventos climáticos estacionales o extraordinarios es probable que la arena se pierda o se disperse dentro del área que protegen los rompeolas o alrededores cercanos, la cual puede ser bombeada nuevamente a la playa. Por eso es primordial, contemplar un monitoreo topo batimétrico periódico dentro del marco del plan de mantenimiento.

En caso de un evento extraordinario se tendría que estudiar en qué condiciones quedan las estructuras, si se requiere apilar de nuevo algunas piezas y proceder con los mismos procedimientos descritos para la construcción recuperando las piezas.

Y para reponer la arena se tendría que evaluar los daños se espera que con la forestación se brinde buena estabilidad a la arena. La maniobra que se vaya a realizar se avisará a la SEMARNAT. Si la arena se distribuye en la zona marina frente a la playa se podrá bombear de la zona marina a la playa sin mayores impactos.

II.2.4 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES

No se proyecta el desmantelamiento de las estructuras ni su abandono. No se plantea su abandono, ya que, una vez establecida la playa, la duna, y el arrecife artificial (rompeolas) formaran parte del sistema natural.

se proyecta que después de los 30 años que se solicitan para su operación, se evalué si se requiere colocar más piezas o que continúen en su sitio. Se solicitaría una ampliación de plazo para su permanencia conforme lo señala la legislación ambiental.

II.2.5 RESIDUOS

Los trabajadores (máximo 13, al mismo tiempo en tierra) encargados de las actividades de bombeo de arena, acomodo y colocación de los rompeolas, utilizarán las instalaciones del club de playa, como son los sanitarios, por lo que no generarán residuos que requieran de un manejo distinto al que se realiza actualmente.

Los residuos urbanos como son empaques de comida o envases de bebidas se colectarán en tambos de 200 l, para posteriormente trasladarlos al relleno sanitario, se dotará de agua potable para beber a fin de evitar la generación de botellas de PET. Y para la comida también se evitará el uso de unicel y desechables de plástico.

En cuanto a los equipos de bombeo, este será propiedad del prestador de servicios y son materiales durables que tienen una vida útil muy superior a este trabajo, no se utilizan materiales ni equipos desechables, por lo que la generación de residuos por este rubro será nula, lo mismo es para el caso de las herramientas e implementos para la conformación de la duna, estos corresponden a palas, picos, carretillas y herramienta, ordinaria, que también tienen una vida útil superior a los trabajos a realizarse y los cuales pertenecen al prestador del servicio.

II.2.6 GENERACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO

Durante la construcción del proyecto se requerirá el uso de vehículos terrestres y acuáticos, para transportar las piezas, y el transporte de arena y conformación de los rompeolas. Los cuales funcionan a base de combustible como gasolina y diésel.

- Etapa de preparación del sitio y construcción, En esta etapa únicamente se liberarán gases por efecto de la combustión del combustible de las embarcaciones y vehículos terrestre.
- En la etapa de operación únicamente puede existir producción de gases de efecto invernadero, en caso de que se decida bombear de nuevo arena, por efecto de algún evento meteorológico que la disperse dentro del área de la laguna arrecifal artificial.

Se vigilará que los equipos a utilizar se encuentren en excelentes condiciones y que visualmente no generen humos que indiquen una mala combustión.

II.2.6.1 Identificar por etapas del proyecto, en su caso las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero

La generación se realizaría en la etapa de construcción por el uso de los vehículos terrestres y marinos, así como por el uso de la bomba de extracción e inyección de la arena.

II.2.6.2 Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de vapor de agua, C02, CH4, N20, CFC, O3, entre otros

Los gases son los comunes de la combustión de diésel y de gasolina.

La combustión es una reacción química de oxidación, en la que un elemento combustible (en este caso, hidrocarburos que forman la gasolina o diésel), se combina con un comburente,

habitualmente oxígeno. Esta combinación da lugar a una serie de productos de reacción y una gran cantidad de calor.

Los hidrocarburos se componen únicamente por carbono e hidrógeno, por lo que su combustión total con oxígeno resulta únicamente en CO2 y agua. Sin embargo, debido a que el aire atmosférico, además del 21% de oxígeno, contiene un 78% de nitrógeno y un 1% de otros gases, inevitablemente se forman otros productos, como es el caso de los NOx. Además, parte de los hidrocarburos no se queman durante la combustión y se emiten a la atmósfera en forma de CO, de hidrocarburos no quemados y de partículas.

En el caso de los motores encendidos por chispa, los contaminantes vertidos a la atmósfera son, por orden de importancia, CO2, CO, hidrocarburos no quemados y NOx. Del mismo modo, en los motores de encendido por compresión, el CO2 es el principal contaminante; le siguen los NOx, que ocupan una situación similar a la de la materia particulada.

II.2.6.3 Medidas de prevención y mitigación por la generación de GEF.

La permanencia de las obras que se pretenden realizar constituye garantizar la protección de un sumidero de carbono de 9 hectáreas, si bien la principal intensión es la restitución de la playa para no perder el valor turístico del desarrollo Bahía de Carmen, como medida secundaria se está protegiendo la franja de manglar al interior del predio.

Permitir su destrucción significaría liberar ese carbono que se encuentra en el suelo, raíces y demás partes aéreas de los árboles, y aunado a esta liberación se perdería su funcionalidad ambiental de captura de carbono.

En la etapa de preparación y construcción se cuidará que los equipos no generen humos negros o blancos o que despidan olor a combustible, que denota una deficiente combustión.

II.3 CONCLUSIONES CAPITULO II

Las actividades que se realizaran se pueden resumir en el siguiente listado el cual se retomara en el capítulo V para la identificación y evaluación de impactos ambientales.

Relleno de la playa

- Extracción de arena
- Transporte de arena al sitio de inyección
- Inyección de arena a la playa (acomodo)
- Conformación de protecciones mogotes manglar
- Reforestación de la duna

Conformación de rompeolas

- Transporte de estructuras de la playa a la zona marina.
- Conformación de los rompeolas

Presencia de trabajadores y uso de vehículos terrestres y marinos

- Presencia de trabajadores
- Uso de vehículos terrestres y marinos
- Generación de gases de combustión
- Generación de residuos sólidos

- Generación de residuos líquidos

Operación o permanencia de la playa y rompeolas

- Rompeolas como arrecifes artificiales
- Se genera una laguna arrecifal artificial
- Estabilización de duna costera con vegetación halófita
- Protección del manglar en el predio.
- Protección de mogotes de manglar

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

III.1 LEYES Y REGLAMENTOS FEDERALES

III.1.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y SU REGLAMENTO EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.

El proyecto RESTITUCIÓN DE LA PLAYA BAHÍA DEL CARMEN, requiere que las actividades a realizar cuenten con la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental, de acuerdo al **Artículo 28 fracción X** de la **Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)** , y al **Artículo 5** del **Reglamento en materia de Impacto Ambiental de la LGEEPA** (**REÍA),** incisos **A)** fracción **III, y inciso R).**

> ***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 pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: …*
>
> > ***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;*

Los incisos del REIA, que aplican al proyecto son:

> ***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:*
>
> > ***HIDRÁULICAS:***
> >
> > *III. Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, espigones, bordos, dársenas, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento del agua con fines de abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas;*
> >
> > *(…)*
> >
> > ***R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:***
> >
> > ***I.*** *Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y …*
>
> ***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, y*
> >
> > ***IV****. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.*

Análisis de vinculación con el proyecto A través de la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R), se demuestra que, aunque la implementación del

proyecto implica actividades y obras en la playa y en la zona marina, los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales son positivos y los impactos negativos son mitigables y no generaran la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de ningún ecosistema.

Uno de los principales impactos residuales del proyecto además de recuperar la amplitud de la playa, será la protección de las 9 hectáreas del manglar que se desarrolla en el predio como se ha mencionado en la presente MIA-R. Así como la protección de los árboles de mangle que han quedado expuestos al oleaje y que actualmente se encuentran en forma de mogotes aislados y proteger el club de playa que opera como parte del Desarrollo Bahía del Carmen.

III.1.2 Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre contempla expresamente la conservación del manglar en su artículo 99 y 60 TER tal como a continuación se analiza:

> ***Artículo 99****. El aprovechamiento no extractivo de vida silvestre requiere una autorización previa de la Secretaría, que se otorgará de conformidad con las disposiciones establecidas en el presente capítulo, para garantizar el bienestar de los ejemplares de especies silvestres, la continuidad de sus poblaciones y la conservación de sus hábitats.*
>
> *Las obras y actividades de aprovechamiento no extractivo que se lleven a cabo en manglares deberán sujetarse a las disposiciones previstas por el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.*

Análisis de vinculación con el proyecto En este caso no se trata de ningún aprovechamiento extractivo ni tampoco no extractivo, ya que las obras del proyecto que se relacionan al manglar son para su protección, las cuales no requieren que se realice ninguna actividad que dañe al manglar o que disminuya su superficie de ocupación actual, al contrario, el objetivo es proteger a los mogotes que se encuentran en peligro de desaparecer por la erosión que presenta la playa.

> ***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*

Análisis de vinculación con el proyecto El proyecto se ajusta a la prohibición señalada en el presente artículo, no se realizará ninguna actividad u obra que implique la remoción, relleno, trasplante o poda del manglar al interior del predio, ni de los relictos que se ubican en la playa, en el diseño de las obras de recuperación de playa se tomaron en cuenta las acciones para la protección de los mogotes de manglar (árboles en manchones aislados) en la playa los cuales actualmente se ubican en la zona de pleamar –bajamar.

Como se especificó en el capítulo 2, el proyecto contempla las obras necesarias para promover la sobrevivencia de los manglares en la playa y proteger las 9 hectáreas de manglar al interior del predio, el cual, corre el riesgo de ser alcanzado por la erosión de la playa, lo que modificaría completamente las condiciones de inundación, la permanencia de la lente de agua y la salinidad de la lente de agua, lo que representa un riesgo a la sobrevivencia del manglar.

Por ello el proyecto representa una medida de prevención de la afectación la cual se daría en los próximos años si se sigue con una erosión de 2 m al año.

Es muy importante aclarar que no se está realizando ninguna obra que ponga en peligro la comunidad de manglar que se encuentra al interior del predio (9 hectáreas), ya que el relleno de arena se realizará sobre la barra de arena, respetando el límite actual del manglar, no existe riesgo de modificar la integridad de flujo hidrológico, ya que el flujo del manglar depende únicamente de la lente de agua que se forma en la temporada de lluvia, y posteriormente se va secando, las obras en la playa no interrumpirán este proceso. No existe comunicación superficial entre el mar y el manglar.

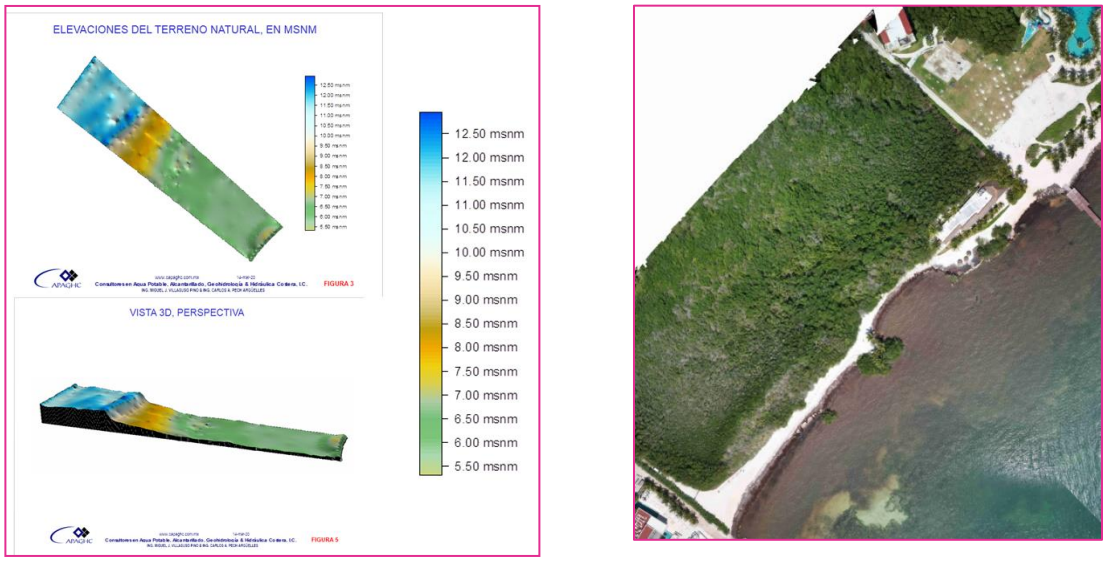


Figura 57. Elevaciones del terreno natural, en la zona más baja es donde se desarrolla la comunidad de manglar al interior del predio de 9 hectáreas. (Figura tomada del estudio Geohidrológico). En la imagen de fotogrametría (Tomada con Dron y georeferenciada))se observa el manglar en el límite del predio, la barra de arena y los relictos de mangle aislados.

En la imagen anterior se observa que en la barra de arena se ubican ejemplares de mangle que han quedado separados de la comunidad al interior del predio, estos se protegerán como se explicó en la MIA-R por medio de lo que hemos llamado arriates, que serán estructuras de piedra que impedirán que la arena cubra las raíces del mangle, y se regaran de forma manual con agua de mar, se les dará seguimiento a su salud, para ver si estas acciones son suficientes para su sobrevivencia lo cual se reportara en los informes anuales que se proponen como parte del seguimiento ambiental.

Desglosando cada punto del **artículo 60 ter** se tiene que:

Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integridad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia;

El flujo hidrológico en el sitio se limita al interior del predio, debido a que el flujo del humedal se interrumpió en el pasado en los predios colindantes cuando terceras partes rellenaron con sascab parte del manglar – humedal en los predios colindantes. En el predio el humedal manglar se conserva en su 100% a excepción del camino antiguo que llega hasta la playa, el cual cuenta con pasos de agua.

Este flujo hidrológico al interior del predio depende únicamente de la lente de agua que se forma en la temporada de lluvia, parte del año el manglar está seco, como se describe en el capítulo IV de la presente MIA-R, donde se citan los puntos relevantes del estudio geohidrológico del predio, el cual se elaboró como parte de la MIA-P autorizada del proyecto Bahía del Carmen.

No existe un flujo entre el mar y la lente de agua del manglar, por lo que las obras en la barra de arena que separa el manglar de la zona marina no afectaran el flujo hidrológico del manglar costero.

Uno de los resultados de las labores de recuperación de la amplitud de la playa y de su estabilidad, será garantizar la integridad del manglar, previendo que por erosión este llegue a tener contacto directo con la zona marina.

Como se ha descrito la perdida de la barra de arena tendría como consecuencia que el agua marina entrará al humedal provocando la erosión del sustrato, por lo que el manglar quedaría expuesto al embate directo de las olas, lo que disminuiría la superficie de manglar, modificando el ecosistema, hacia la plataforma continental, como hacia la zona marina.

de su productividad natural;

La productividad de este ecosistema no se verá afectada de modo alguno por la Restitución de la Playa, al no realizar ninguna afectación a la integridad funcional, al no desplazar la vegetación, al conservar el 100% de la superficie de manglar en condiciones naturales, no se modifica su dinámica de crecimiento, y con ello su productividad natural. La vegetación de manglar en el predio se encuentra en buenas condiciones, y las obras a realizar no modificaran estas condiciones, únicamente le brindará protección de ser afectada por la erosión de la playa.

de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;

No se realizarán actividades turísticas en la franja de manglar, ni ninguna otra obra o actividad el manglar se conservará en el 100% de su superficie.

Este tipo de manglar no tiene las funciones de anidación reproducción, alimentación o alevinaje de peces, ya que no tiene contacto directo con el mar, o alguna laguna costera, para el caso de las especies residentes en el manglar como aves, algunos anfibios, y reptiles, no se generará ninguna modificación respecto a las condiciones actuales, ya que se conservará su funcionalidad ambiental.

o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales,

No existe una interacción directa entre el manglar y la dinámica de la playa, donde se ha registrado una severa erosión, la cual ha disminuido el ancho de la barra de arena, al no realizar ninguna afectación o modificación en el manglar y disminuir el riesgo de afectación por erosión de la barra de arena, se garantiza que las interacciones funcionales, continuaran con su dinámica natural.

o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.

El proyecto de recuperación del ancho de la playa y la construcción de las estructuras marinas que brinden estabilización a la playa, no modifican las características ecológicas del manglar, por lo que se conserva el 100% de la vegetación de manglar en las condiciones actuales,

continuando con su dinámica, producción natural, servicios ecológicos y protección a la zona continental.

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.

La propuesta es que la autoridad considere el proyecto de Restitución de la Playa como una medida de compensación, que garantice la continuidad de la comunidad de mangle al interior del predio de 9 hectáreas, ya que al impedir que siga avanzando la erosión de la playa, se impide que se pierda superficie de este manglar.

De la misma forma de continuar el acelerado ritmo de erosión los relictos de mangle que se ubican en la playa de arena se perderían en pocos años, con las obras de recuperación de playa se está están conservando.

Por lo que el proyecto:

- ✓ En primera instancia se estarían protegiendo los mogotes que están a punto de perderse por el proceso de erosión que ha deslavado el sustrato que los mantiene en la playa.
- ✓ Se están protegiendo las 9 hectáreas de manglar al interior del predio, los cuales, de seguir el proceso de erosión, es inminente su afectación.
- ✓ Que se está protegiendo el humedal en la porción que se ubica en el predio y en su frente de playa y marina, al generar un arrecife artificial, se beneficia la biodiversidad del sitio, al brindar un sitio de refugio, alimentación y reproducción a especies características de los arrecifes coralinos, y de las lagunas arrecifales.
- ✓ Que la autoridad considere la inversión que conlleva el proyecto.
- ✓ Que se realizaran acciones de monitoreo del manglar, de la duna costera, de la flora y fauna marina en la laguna arrecifal, así como de los arrecifes artificiales (rompeolas).

Todas estas acciones que se proponen se considera que son en beneficio del manglar - humedal presente en el predio.

El proyecto se ajusta tanto a las prohibiciones de la Ley General de Vida Silvestre, como a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana, **NOM-022-SEMARNAT2003.- Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar**.

III.1.3 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La LFRA Regula la responsabilidad ambiental por 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, y señala:

> ***Artículo 5****. Obra dolosamente quien, conociendo la naturaleza dañosa de su acto u omisión, o previendo como posible un resultado dañoso de su conducta, quiere o acepta realizar dicho acto u omisión.*
>
> ***Artículo 6.*** *No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:*

> ***I****. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que:*
>
> ***II.*** *No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.*
>
> *La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.*

Análisis de vinculación con el proyecto: Tanto el promovente, como el responsable técnico de la presente MIA-R, conocen las repercusiones de omitir información, o declarar en falsedad, por lo que el presente estudio se desarrolla de forma integral, realizando los estudios de los diferentes componentes del sistema ambiental regional, señalando su situación actual, y evaluando los impactos ambientales por el desarrollo del proyecto, de tal forma que se consideren las medidas de prevención, mitigación y compensación que sean necesaria para asegurar que no existe riesgo de que los impactos acumulativos, sinérgicos o residuales pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas o desequilibrios ecológicos.

III.1.4 Ley Federal del Mar

La Ley Federal del Mar es el ordenamiento que regula aspectos relativos a la soberanía, propiedad y jurisdicción de las zonas marítimas y costeras del país, así como obras, instalaciones y estructuras marinas, así como la utilización de los recursos marinos vivos y no vivos

> ***Artículo 6o.-*** *La soberanía de la Nación y sus derechos de soberanía, jurisdicciones y competencias dentro de los límites de las respectivas zonas marinas, conforme a la presente Ley, se ejercerán según lo dispuesto por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el derecho internacional y la legislación nacional aplicable, respecto a:*
>
> *I.- Las obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras marinas;*
>
> *II.- El régimen aplicable a los recursos marinos vivos, inclusive su conservación y utilización;*
>
> *III.- El régimen aplicable a los recursos marinos no vivos, inclusive su conservación y utilización;*
>
> *IV.- El aprovechamiento económico del mar, inclusive la utilización de minerales disueltos en sus aguas, la producción de energía eléctrica o térmica derivada de las mismas, de las corrientes y de los vientos, la captación de energía solar en el mar, el desarrollo de la zona costera, la maricultura, el establecimiento de parques marinos nacionales, la promoción de la recreación y el turismo y el establecimiento de comunidades pesqueras;*
>
> *V.- La protección y preservación del medio marino, inclusive la prevención de su contaminación; y*
>
> *VI.- La realización de actividades de investigación científica marina.*
>
> ***Artículo 21.-*** *En el ejercicio de los poderes, derechos, jurisdicciones y competencias de la Nación dentro de las zonas marinas mexicanas, se aplicarán la Ley Federal de Protección al Ambiente, la Ley General de Salud, y sus respectivos Reglamentos, la Ley Federal de Aguas y demás leyes y reglamentos aplicables vigentes o que se adopten, incluidos la presente Ley, su reglamento y las normas pertinentes del derecho internacional para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino.*

Análisis de vinculación con el proyecto El proyecto se ajusta a lo señalado en la presente ley respecto a prevenir la contaminación del medio marino, se tomarán todas las medidas de prevención, para evitar actividades contaminantes en las diferentes etapas del proyecto.

III.2 ORDENAMIENTOS ECOLÓGICOS

En el sitio de ubicación del proyecto inciden dos ordenamientos ecológicos; el Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMGMyMC) y el Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL), cuya vinculación con el proyecto se analiza a continuación.

III.2.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

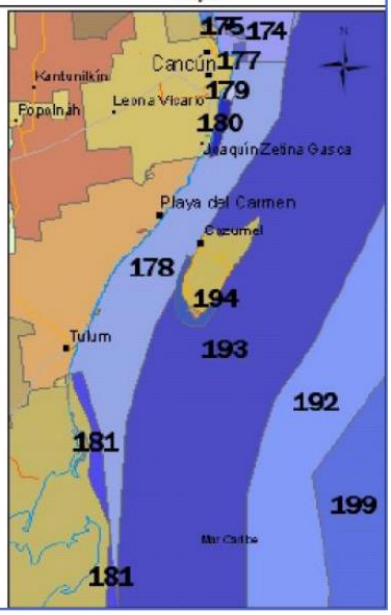
Conforme al **ACUERDO POR EL QUE SE EXPIDE LA PARTE MARINA del POEMGMyMC** y se da a conocer la parte regional del propio programa, señala que corresponde a los estados la formulación, expedición de la parte regional y señala en su artículo primero que la zona federal marítimo terrestre adyacente corresponde a la parte marina:

> ***Artículo Primero***. *- Se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, que corresponde a las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo.*
>
> ***Artículo Segundo.*** *- Se da a conocer la parte Regional del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, en términos del documento adjunto al presente Acuerdo, para que surta los efectos legales a que haya lugar.*
>
> ***Artículo Tercero.***- *Conforme a los términos del "Convenio Marco de Coordinación para la instrumentación de un proceso de planeación conjunto para la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe", los Gobiernos de los Estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán expedirán, mediante sus órganos de difusión oficial, la parte Regional del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe*

Considerando lo anterior la Zona Marina, y Zona Federal Marítimo Terrestre colindante al Desarrollo Bahía del Carmen se ubica en **UGA178:**

Tipo de UGA	Marina
Nombre:	Zona Marina de Competencia Federal
Municipio:	
Estado:	
Población:	0 Habitantes
Superficie:	311,046.005 Ha.
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata (ZCI)Mar Caribe
Islas:	Presentes: Aplicar criterios para Islas
Puerto Turístico	
Puerto Comercial	
Puerto Pesquero	
Nota:	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.

Mapa



A la **UGA-178**; además de las acciones generales mencionadas en el Anexo 4 del POEMGMyMC, le correspondes las siguientes acciones específicas:

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	APLICA	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	APLICA	A-033	APLICA	A-059	NA	A-085	NA
A-008	NA	A-034	APLICA	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	APLICA	A-039	NA	A-065	NA	A-091	NA
A-014	NA	A-040	APLICA	A-066	NA	A-092	NA
A-015	NA	A-041	APLICA	A-067	NA	A-093	NA
A-016	APLICA	A-042	APLICA	A-068	NA	A-094	NA
A-017	NA	A-043	NA	A-069	NA	A-095	NA
A-018	APLICA	A-044	APLICA	A-070	NA	A-096	NA
A-019	NA	A-045	APLICA	A-071	APLICA	A-097	NA
A-020	NA	A-046	APLICA	A-072	NA	A-098	NA
A-021	NA	A-047	APLICA	A-073	APLICA	A-099	NA
A-022	APLICA	A-048	APLICA	A-074	APLICA	A-100	NA
A-023	NA	A-049	NA	A-075	NA		
A-024	NA	A-050	NA	A-076	NA		
A-025	APLICA	A-051	NA	A-077	NA		
A-026	NA	A-052	NA	A-078	NA		
NA = NO APLICA							

A continuación, se realiza la vinculación del proyecto con los criterios generales y específicos (UGA 191) agrupados por estrategias ecológicas, conforme el anexo 3 del POEMGMyMC. Las instituciones responsables de la instrumentación de las acciones se describen en el anexo 6 del POEMGMyMC.

Tabla 14. Vinculación del proyecto con los criterios del POEMGMyMC

Estrategia ecológica	*Acciones Descripción*	*Análisis de cumplimiento del proyecto.*
1. Adaptación y mitigación de los efectos del Cambio Climático Global (CCG).	***G006** Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.*	La permanencia de las estructuras no generará gases efecto invernadero. En lo que respecta al uso de equipos y vehículos marinos y terrestres, (Que se utilizarán en la conformación de los rompeolas, traslado de arena del banco a la playa y distribución en la playa), se verificará de forma visual, que estos se encuentren en buenas condiciones, a fin de que los motores realicen la combustión del combustible de manera eficiente. Como se ha mencionado a lo largo de la presente MIA-R, uno de los objetivos, por la recuperación de la playa será la protección del manglar al interior del predio y de los relictos de manglar en la playa. Se sabe que el manglar es uno de los ecosistemas más eficientes para la captura de carbono orgánico y su equivalente en CO_2 y de metano, el cual puede

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
		ser liberado al degradar los manglares. (Herrera-Silveira, *et al*. 2016). Por lo que el proyecto como un impacto positivo indirecto contribuye a que los gases de efecto invernadero en el sitio permanezcan contenidos en las rices y turba del manglar que de otra manera podrían ser liberados como efecto de la erosión de estos al extinguirse la barra arenosa existente, por ello el presente proyecto es considerable como de adaptación y mitigación al cambio climático global (CCG). Y a que sigan ejerciendo su funcionalidad ambiental capturando carbono.
	G007 *Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.*	La instrumentación de estas acciones le corresponde a: SEMARNAT, SAGARPA, SSA, Estados y Municipios. El proyecto no tiene estos alcances.
	G025 *Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.*	La recuperación y restitución de la playa (incluyendo la extracción de arena del banco de arena) no implica la utilización de alguna especie nativa para actividades productivas.
	G037 *Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.*	No se realizarán actividades agrícolas.
	G038 *Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.*	No se realizarán este tipo de estudios, ya que no se realizarán actividades de modificación del uso de suelo. El proyecto pretende proteger el manglar y con ello conservar su potencialidad en la captura del carbono. Al no remover los pastos, se garantiza que estos sigan cumpliendo con su función ambiental en la captura de carbono.
	G057 *Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.*	La instrumentación de estas acciones le corresponde a: SEMARNAT, SAGARPA, SSA, Estados y Municipios. El proyecto no tiene estos alcances.
2. Incremento en la participación de tecnologías limpias.	***G027*** *Promover el uso de combustibles de no origen fósil.*	Al promovente, no le corresponde promover otro tipo de energía, la instrumentación de estas acciones le corresponde a: SENER, CFE, Estados, Municipios. Cabe señalar que las señalizaciones marinas que solicite la SCT sobre los rompeolas funcionarán con celdas solares. Se realizará una adecuada planeación, a fin de que los vehículos terrestres y marinos los cuales utilizan combustible como diésel y gasolina se ocupen pocos días y se haga uso eficiente de sus movimientos y que a la vista no generen humos que denoten una mala combustión.
	G028 *Promover el uso de energías renovables.*	
	G029 *Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.*	
	G031 *Promover la sustitución a combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que*	

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
	emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	Tanto en la conformación de los rompeolas, extracción y traslado de arena del banco a la playa y distribución en la playa.
	***G032** Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.*	
	***G033** Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.*	
	***A033** Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica, excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.*	
	***A034** Promover mecanismos de generación de energía eléctrica usando la fuerza mareomotriz.*	
3. Conservación de la Biodiversidad.	***G003** Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.*	No se realizará este tipo de actividad.
	***G004** Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT,2010).-*	Se acatará en todo momento lo dispuesto por las autoridades en concordancia con las leyes y reglamentos en materia de vida silvestre, el personal del desarrollo vigilará la playa, la zona federal marina colindante al predio y las estructuras para que no se realicen actividades de caza, pesca, captura o que se moleste o colecte fauna o flora del sitio. Durante las labores de extracción de arena se tendrá a un buzo verificando que no se afecte la zona cercana donde hay organismos de pasto o coral durante la extracción de arena, además del equipo de extracción de arena.
	***G005** Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.*	No se realizarán bancos de germoplasmas, ni se introducirán organismos genéticamente modificados.
	***G008** El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.*	
	***G009** Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.*	No se realizará construcción de infraestructura de comunicación, y no existen gradientes altitudinales. Sin embargo, cabe señalar que la colocación de las estructuras, la conformación de la duna costera, la extracción de arena y el relleno de la playa, no implican la fragmentación entre la zona terrestre, el litoral y la zona marina los cuales seguirán teniendo un intercambio de energía, y de biodiversidad.
	***G026** Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en*	

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
	gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	
	***A007** Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.*	No se constituirán ANP voluntarias, sin embargo, las obras de restitución y estabilización de la playa promueven la permanencia del manglar el cual forma parte de la superficie de conservación del predio.
	***A018** Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT -2010).*	En la zona marina y playa seca, antes de la colocación de las estructuras se realizará una inspección para rescatar fauna de lento desplazamiento, u organismos sésiles, para reubicarlos en las áreas adyacentes donde no se realizarán actividades. El diseño del proyecto promueve la protección la protección de los relictos de mangle que se ubican en la playa a merced del oleaje y la erosión costera. Así como pretende prevenir la erosión generalizada que pueda afectar las 9 hectáreas de manglar que se encuentran detrás de la barra de arena que se propone restablecer en este proyecto. No es una playa donde se registre anidación de tortuga marina, ya que es angosta y no encuentran sitios de anidación. Los rompeolas se diseñaron para evitar el área de los pastos marinos, por ello están a esta distancia de la playa.
4. Control de especies exóticas.	***G013** Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.*	Para la reforestación de la duna costera se utilizarán especies nativas características de la duna y se evitara la introducción o desarrollo de especies exóticas con especial énfasis en las clasificadas como invasoras, de reconocerse se eliminarán de forma manual.
	***A013** Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.*	Los artículos 76 y 77 *de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.* señalan: ***Artículo 76.-** De conformidad con lo que establecen los tratados internacionales, se prohíbe derramar hidrocarburos persistentes que se transporten como carga, o que se lleven en los tanques de consumo de las embarcaciones. Asimismo, se prohíbe descargar, derramar, arrojar o cualquier acto equivalente, lastre, escombros, basura, aguas residuales, así como cualquier elemento en cualquier estado de la materia o energía que cause o pueda causar un daño a la vida, ecosistemas y recursos marinos, a la salud humana o a la utilización legítima de las vías navegables y altamar que rodea a las zonas marinas mexicanas identificadas en la Ley Federal del Mar.* *La responsabilidad civil por daños derivados de la contaminación marina procedente de embarcaciones, artefactos navales e industrias costeras se regirá por los tratados internacionales, por el capítulo respectivo de esta Ley, así como por la legislación aplicable en cada especie de contaminación marina.* *A las sanciones administrativas derivadas de las infracciones a lo señalado en este capítulo, se sumará la obligación de reparación del daño, consistente en la limpieza y restauración efectiva de las áreas contaminadas. Esta disposición no prejuzga sobre la responsabilidad penal en que incurran los sujetos contaminantes, ni los servidores públicos que por cualquier modo autoricen o consientan el acto o la omisión resultante en la contaminación.* ***Artículo 77.-** La distribución de competencias de las dependencias de la Administración Pública Federal en materia de prevención y control de la contaminación marina, se basará en las siguientes normas, para lo cual dichas dependencias estarán obligadas a celebrar los convenios de coordinación necesarios que garanticen la efectiva prevención y control bajo la responsabilidad de sus titulares, quienes deberán además dar seguimiento estricto de su aplicación:* ***A.** La SEMAR certificará e inspeccionará en el ámbito portuario que las embarcaciones cumplan con lo establecido en el presente Capítulo y reportará inmediatamente a las demás*

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
		dependencias competentes cualquier contingencia en materia de contaminación marina. Deberá asimismo sancionar a los infractores en el ámbito de su competencia; Inciso reformado DOF 19-12-2016 ***B.** La SEMAR, en las zonas marinas mexicanas establecidas en la Ley Federal del Mar, vigilará el cumplimiento de lo establecido en el presente Capítulo. De igual manera, verificará las posibles afectaciones por contaminación en dichas zonas y sancionará a los infractores responsables cuando sean identificados de conformidad con el reglamento respectivo. Además, aplicará de acuerdo con sus ordenamientos el Plan Nacional de Contingencias para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, en coordinación con otras dependencias de la Administración Pública Federal involucradas, e Inciso reformado DOF 19-12-2016* ***C.** La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, coordinará con la SEMAR, los programas de prevención y control de la contaminación marina, así como el Plan Nacional de Contingencias en el ámbito marítimo. Deberá asimismo sancionar a los infractores en el ámbito de su competencia.* Las embarcaciones por contratar deberán contar con sus autorizaciones correspondientes vigentes, y se establecerá en el contrato el compromiso de que conocen los artículos 76, 77 y 77 bis de la ley en comento. las embarcaciones trabajarán en este sitio, se tramitarán las licencias y permisos necesarios ante la SEMAR y SCT.
5. Impulso a la dotación de servicios básicos a las comunidades.	*Acciones G045, G046.*	El proyecto no contempla realizar la dotación de servicios básicos a ninguna comunidad, por lo que esta acción no le es vinculante.
6. Impulso y aplicación de la Planeación Ambiental y Territorial.	*Acciones G019, G059.*	El proyecto no contempla impulsar la planeación ambiental o territorial, pero en todo momento cumplirá con los instrumentos de planeación que le correspondan, como se específica en la MIA-R.
7. Impulso a las actividades productivas.	*Acciones G012, G047, G064, A074.*	El proyecto no impulsará las actividades productivas del SAR. El proyecto si complementa la oferta turística de "*sol y playa*" del predio.
8. Impulso de la corresponsabilidad ambiental industrial.	*Acciones G040, G042.*	El proyecto no pertenece al sector industrial, por lo que esta acción no le es vinculante.
9. Manejo Integral de Residuos Peligrosos.	***G053** Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.*	Las actividades de restitución y estabilización de la playa por sí mismas, no generan aguas residuales. El proyecto autorizado en el predio El Porvenir II, contará con su planta de tratamiento de aguas residuales.
	***G058** La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.*	Las actividades de restitución y estabilización de la playa no generarán residuos peligrosos, las embarcaciones a utilizar serán responsables de estar en buenas condiciones, y cualquier tipo de reparación se deberá realizar en algún muelle o marina autorizada, bajo la responsabilidad de la empresa contratada. Se contará con una embarcación de apoyo durante el acarreo de arena y en la colocación de las estructuras, la cual contará con un equipo de emergencia en caso de algún derrame de hidrocarburos.

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
10. Manejo Integral de Descargas de agua.	***G051*** *Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.*	Se establecerán las directrices de comportamiento durante las actividades a todos los involucrados en las diferentes fases del proyecto, entre ellas la prohibición de arrojar cualquier residuo sólido o líquido al mar, o zona terrestre, así como la prohibición de molestar, capturar, cazar o alimentar a la fauna silvestre.
	G054 *Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.*	No es un proyecto Industrial, por lo que esta acción no le es vinculante.
	A066 *Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.*	El desarrollo Bahía del Carmen autorizado en el predio, contempla su planta de tratamiento con capacidad suficiente para el tratamiento de las aguas residuales. Las actividades de restitución y estabilización de la playa por sí mismas, no generan aguas residuales.
11. Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos.	***G052*** *Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).*	El proyecto no se ubica en un asentamiento humano, sin embargo, si se realizaran campañas de limpieza de la playa y de la zona marina colindante al predio, separando los residuos, para ser manejados junto con los del desarrollo autorizado en el predio, separándolos para su recolección.
	G056 *Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.*	No se realizarán este tipo de proyectos, que le corresponde al gobierno municipal, por lo que esta acción no le es vinculante.
	A068 *Promover el manejo de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.*	No se permitirá que en la zona marina o en la playa se realice algún tipo de compostura o mantenimiento de embarcaciones de ningún tipo, no se generaran residuos peligrosos.
12. Manejo integral del agua.	***G001*** *Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.*	La implementación y permanencia del proyecto no requiere de agua, por lo que esta acción no le es vinculante.
	G002 Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	
13. Prevención de la contaminación.	***G061*** *La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.*	Los rompeolas se conformarán con piezas que no generen contaminación, se está dejando abierta la posibilidad a utilizar piezas de concreto marino, rocas calcáreas de la región, o alguna estructura similar. Por lo que no se ingresaran materiales contaminantes en ninguna etapa del proyecto.

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
	A022 *Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por contaminación de hidrocarburos.*	La zona marina colindante al proyecto no presenta contaminación por hidrocarburos, por lo que no se requiere de este tipo de programas en el SAR.
	A025 *Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.*	El proyecto no pertenece al sector industrial, es un proyecto asociado al uso turístico y conservación del manglar. Se vigilará que los vehículos y embarcaciones a utilizar no realicen composturas en la zona marina o en la playa. Por lo que es responsabilidad de los contratistas el manejo de sus residuos, conforme a los artículos *76, 77 y 77 bis de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo, así como del artículo 21 de la Ley Federal del Mar.*
14. Prevención o mitigación de los efectos de ocupación de espacios amenazados por las precipitaciones.	***G015*** *Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.*	En el SAR, no existen ríos. Y no se asentarán asentamientos humanos o industriales.
15. Prevención y mitigación de riesgos hacia la población.	***G023*** *Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.*	Se realizará el monitoreo del desarrollo de los organismos que se vayan asentando en los rompeolas que tendrán algunas funciones ambientales como arrecife artificial, se ha visto que los peces son los primeros en llegar al encontrar un sitio de refugio, de localizar alguna especie que pueda convertirse en plaga, como puede ser el Pez León, se realizaran acciones tendientes a su control, como podría ser campañas de su pesca cada seis meses.
	G017 *Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.*	El proyecto no realizara este tipo de campañas o acciones, se trata de la restitución de una playa, por lo que esta acción no le es vinculante.
	G048 *Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.*	
	G049 *Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.*	
	G050 *Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.*	
16. Promoción de la Conservación y Restauración de los bosques y selvas del ASO.	***G014.*** *Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.*	En el SAR, no existen ríos. Si bien el predio al norte se llama tres ríos es por la presencia de salidas de agua dulce subterránea que afloran en su predio.
	G024. *Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales*	En el proyecto no se realizarán acciones de forestación y reforestación, sin embargo, es de resaltar que sí se están realizando acciones para proteger el manglar que se encuentra al interior del predio, que, de seguir la erosión a un ritmo actual, donde se pierden 2 metros de playa al año,

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
	de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	aproximadamente, en 10 años la pleamar estaría sobre el manglar, modificando toda su dinámica poniendo en riesgo el ecosistema, en la Proción que se ubica dentro del predio. Como se ha mencionado a lo largo de la presente **MIA-R**, uno de los objetivos, por la recuperación de la playa será la protección del manglar al interior del predio y de los relictos de manglar en la playa. Se sabe que el manglar es uno de los ecosistemas más eficientes para la captura de carbono orgánico y su equivalente en CO_2 y de metano, el cual puede ser liberado al degradar los manglares. (Herrera-Silveira, et al. 2016).
17. Promoción de la Conservación y Restauración de los manglares y humedales.	***G018*** *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.*	En el SAR, no existen ríos, por lo que esta acción no le es vinculante.
	G020 *Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.*	
	G039 *Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.*	La instrumentación de estos ordenamientos está por encima de la capacidad del proyecto, sin embargo, se respetan los ordenamientos que le son aplicables. Esta acción no le es aplicable.
	G055 *La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.*	No se realizarán estas acciones, por lo que esta acción no le es vinculante.
18. Promoción de la planeación y Ordenamiento de los asentamientos humanos e industriales.	*Acciones G041, A071.*	No le corresponde al promovente fomentar o diseñar la planeación del uso de suelo, y como se ha analizado en el presente documento el proyecto se ajusta a todos los criterios del Ordenamiento Ecológico que le corresponde el **POEL-Solidaridad**, en la porción terrestre, y el presente instrumento en la zona marina, por lo que esta acción no le es vinculante.
19. Promoción y regulación de las actividades turísticas bajo esquemas de sustentabilidad.	***G011*** *Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.*	Las actividades que se proponen conllevan la implementación de medidas de prevención y mitigación, para no generar afectaciones a los ecosistemas costeros. Se verifico que el sitio donde se extraerá la arena no es un sitio de refugio, alimentación o reproducción de especies marinas.

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
	A072 *Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.*	El proyecto no es como tal un desarrollo turístico, pero si es una acción asociada a la actividad turística, el cual se realizará en cumplimiento de los criterios señalados en los ordenamientos jurídicos aplicables.
	A073 *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*	Esto se encuentra fuera de los alcances del proyecto, por lo que esta acción no le es vinculante.
20. Protección de los ecosistemas costeros.	***G043*** *LA SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.*	Es de observancia de la autoridad, por lo que esta acción no le es vinculante.
	G060 *Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.*	Para la selección del sitio de colocación de los rompeolas, se consideró la caracterización biótica del SAR, verificando que no se afecta ninguna población vegetal. Con la delimitación del sitio de extracción en el banco de arena y la modificación de ubicación y dimensiones de los rompeolas se garantiza que no existirá afectación sobre la vegetación acuática en este caso en el SAR y en el sitio de influencia (Microcelda en la caracterización marina) se localizó la presencia de pasto marino. Los rompeolas se diseñaron para no afectar los lechos de pasto marino. Por lo que el proyecto se ajusta a lo señalado en el criterio al garantizar que no habrá impacto sobre la vegetación acuática.
	G065 *La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el*	La playa y la zona marina del proyecto no se ubica en ANP alguna, sin embargo, el banco de arena se ubica en la ANP Reserva de la Biosfera Mar Caribe, que como se analiza en el presente capitulo el proyecto no contraviene su objetivo de creación, y se ajusta a su plan de manejo.

Estrategia ecológica	*Acciones Descripción*	*Análisis de cumplimiento del proyecto.*
	Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	
	***A029** Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.*	En concordancia con esta acción, el presente proyecto que se propone tiene la intensión de restaurar la amplitud de la playa, resultado de las modificaciones a la línea de costa que ya se han realizado por terceros al norte del predio al tratar de tener una playa más ancha, y por los impactos de los eventos meteorológicos que se han presentado desde el 2004, se marcan los mogotes de mangle como referencia:  La importancia ambiental de restaurar la amplitud de la playa radica en la protección que representa la barra de arena para el manglar, el cual ya se ha visto afectado por la erosión de la playa, donde actualmente se ubican relictos de mangle en forma de manchones o mogotes. El proyecto tiene el objetivo de restaurar la playa a fin de volver a tener la misma amplitud de playa que se registró en el 2014, es decir una amplitud de 30 m, aunado a lo anterior se colocan rompeolas, con el objetivo de disminuir la fuerza del oleaje y con ello disminuir la erosión de la playa restaurada. Lejos de modificar el perfil de la costa, el presente proyecto propone la restitución de la amplitud de la línea de costa así como la preservación de la franja de manglar que se desarrolla tras la barra de arena, para ello se encontró necesaria la construcción de rompeolas los cuales funcionaran ambientalmente, prestando servicios ambientales de un arrecife coralino natural, con respecto a que brindará refugio, alimentación y sitios de reproducción a especies características de los arrecifes de las costas del Mar Caribe.
21. Recuperación de la Salud y el Potencial Productivo de las Pesquerías.	*Acciones **G044**, **G063***	Este proyecto no es de pesquerías, por lo que esta acción no le es vinculante.

Estrategia ecológica	Acciones Descripción	Análisis de cumplimiento del proyecto.
22. Recuperación y consolidación de la cobertura vegetal.	***G016.** Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.*	Esta acción no le es vinculante en el SAR no existen montañas.
23. Recuperación y protección de la biodiversidad del ASO.	***A016** Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.*	No le corresponde al promovente realizar este tipo de acciones, por lo que esta acción no le es vinculante.
24. Regulación de las actividades agropecuarias.	*Acciones **G010, G021, GO22, G062**.*	El proyecto no realizará actividades agropecuarias, por lo que estas acciones no son vinculantes.
25. Aprovechamiento sustentable de la energía.	*Acciones **G030, G034, GO35, G036**.*	La permanencia y funcionalidad del proyecto no requiere de equipos que necesiten energía, los señalamientos que solicite la SCT, funcionaran a base de paneles solares.

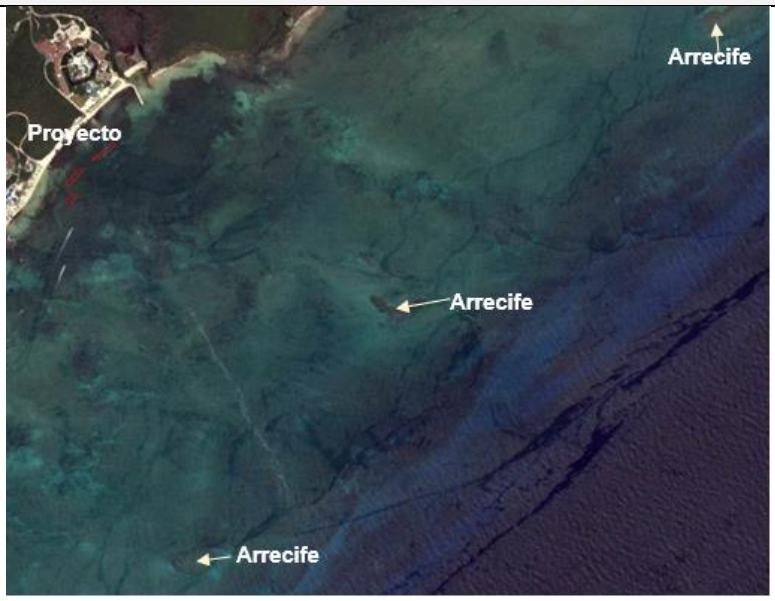
Criterios de la Zona Costera Inmediata del Mar Caribe

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.

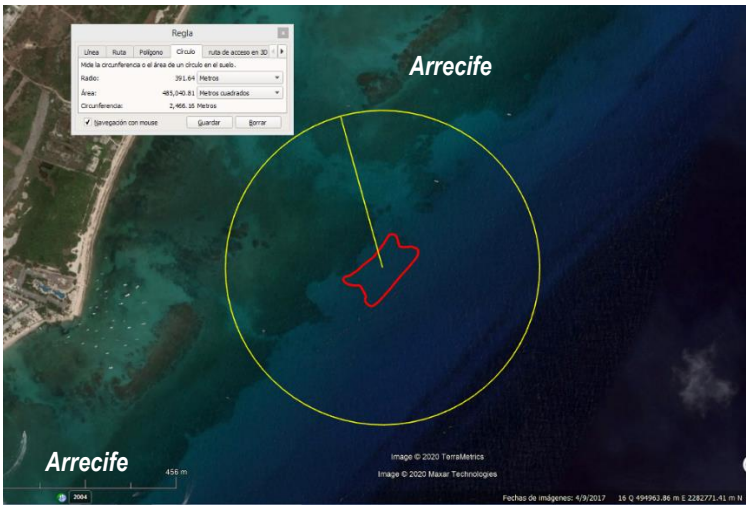
Criterios ZMC
***ZMC-01** Con el fin de proteger y preservar las comunidades arrecifales, principalmente las de mayor extensión, y/o riqueza de especies en la zona, y aquellas que representan valores culturales particulares, se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por dichas formaciones.*
Análisis de cumplimiento: El criterio señala que se recomienda no construir ningún tipo de infraestructura en las áreas ocupadas por formaciones arrecifales. El proyecto se ajusta 1. no construirá infraestructura y 2. Los rompeolas no se construirán en formaciones arrecifales o cerca, tomando en cuenta que las comunidades arrecifales más cercanas a las estructuras se ubican a un kilómetro de la playa a restaurar y como se observa en la siguiente imagen la distancia de los rompeolas al manchón arrecifal más cercano, tiene una distancia mayor a los 1000 m lineales.

Criterios ZMC



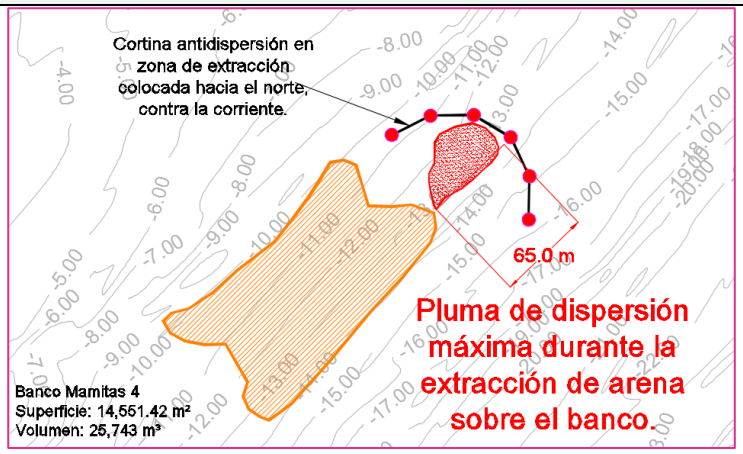
La distancia del arrecife coralino más cercano a los rompeolas es de 1000 m.

El Banco de Material tampoco se ubica o afectará las comunidades arrecifales, el arrecife más cercano se ubica a 380 al suroeste, y a 320 al noreste, estos no se verán afectados directamente por las labores que se realicen en el banco de arena, ya que las actividades se realizarán a más de 350 m de distancia de estos, y tampoco se verán afectados de forma indirecta, ya que de acuerdo al estudio de sedimentación la pluma de sedimentos no tendrá esta dirección, aunado a que se colocara una malla para contenerlos, como se especifica en el ***plano 15*** *plumas de dispersión* (Anexo impreso y en formato digital pdf y dwg).



El círculo señala un radio de 391 m desde la parte centro del Banco de arena se observa que al norte y sur los arrecifes coralinos se ubican a más de 350 m de distancia.

Criterios ZMC



Banco de arena y pluma de dispersión que se proyecta contener con la colocación de una malla geotextil.

ZMC-02 *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.*

Análisis de cumplimiento:

Los rompeolas se diseñaron para evitar las zonas donde se desarrollan pastos marinos, y de la misma forma se modificó la zona de extracción en el banco de material para evitar las áreas que presentan pasto marino, aunque este sea escaso, de tal forma que, sin importar su densidad, de tal forma que el proyecto garantiza que no se afectará ningún lecho de pasto marino.

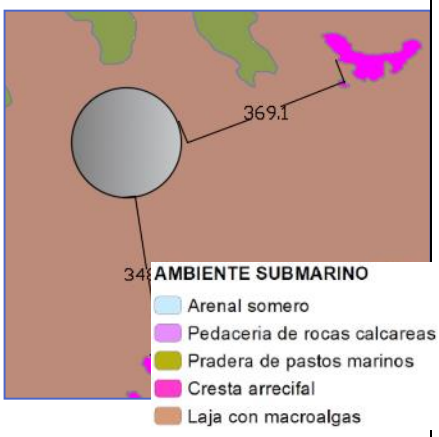
Por lo que el proyecto no generará la afectación o pérdida del ecosistema de pastos marinos no se afectará como población, ni como parte de la comunidad en el sitio del proyecto, meso celda o en el SAR, lo cual indica que aún y cuando no se afectarán pastos, se propone ejecutar un **programa de monitoreo de pasto** en la zona marina frente al predio, es decir de la laguna arrecifal artificial que se generara. (**Anexo 6**).

ZMC-03 *Sólo 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.*

Análisis de cumplimiento:

No se realizará la captura de mamíferos, aves ni reptiles, y se vigilará que en la playa y zona marina colindante al predio no se realicen estas actividades.

ZMC-04 *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.*

Criterios ZMC
Análisis de cumplimiento: La embarcación que transportará la arena anclará a más de 300 m de algún manchón arrecifal, tampoco se ubicaran en donde se desarrollan octocorales, se quedaran en la zona de arena con presencia de laja con macroalgas. Durante la extracción de arena en el Banco de Arena la embarcación también se ubicará a más de 300 m del desarrollo arrecifal coralino más cercano. De la misma forma la embarcación cuando extraiga la arena del banco de arena se ubicará en una zona a más de 500 m de los arrecifes más cercanos. 
ZMC-05 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.
Análisis de cumplimiento: No se realizará la remoción o trasplante de ningún organismo vivo o muerto en las zonas arrecifales, como ya se indicó todas las acciones se realizarán a una distancia significativa (1 km), de los machones arrecifales en el SAR. Por lo que se da cabal cumplimiento a las disposiciones aplicables. Los rompeolas se colocarán en los arenales libres de pastos. La extracción de arena en sitios libres de pastos, algas calcáreas y corales.
ZMC-06 *La construcción 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.*
Análisis de cumplimiento: El presente proyecto pretende recuperar la extensión de la playa la cual se ha visto afectada por las obras que se han realizado al norte de esta, lo cual modificó la dinámica, generando una constante erosión. Para desarrollar la presente propuesta se realizaron los siguientes estudios técnicos, por especialistas en la materia: Anexos en la MIA-R: ANEXO 1. ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS ANEXO 2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA MARINA ANEXO 3. PROYECTO EJECUTIVO ANEXO 4. ESTUDIO DE RIESGO ANTE CICLONES TROPICALES ANEXO 5. MEMORIA TÉCNICA DE MODELAJE ANEXO 6. ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL PREDIO ANEXO 9. PLANOS
ZMC-07 *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.*
Análisis de cumplimiento: Se comunicará a todos los trabajadores y contratistas la prohibición de arrojar o verter cualquier sustancia en la zona marina, o playa.

Criterios ZMC
ZMC-08 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.

Análisis de cumplimiento:

La playa no es una zona de anidación o arribo de tortuga, lo cual es señalado por observación del promovente, quien lleva habitando en el sitio 25 años, se ha visto en 2 ocasiones que las tortugas salen, pero al no encontrar una playa apta no desovan. Además es evidente que la playa no presenta condiciones para la anidación, es probable que con la restitución de la playa sea potencialmente apta para la anidación.

ZMC-09 *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.*

Análisis de cumplimiento:

No se realizarán actividades que pudieran afectar a las comunidades arrecifales en ninguna etapa del proyecto. Actualmente los arrecifes coralinos se han visto amenazados por enfermedades que se asocian al cambio climático y a la contaminación del agua marina, por falta de tratamiento de las aguas residuales, y uso de bloqueadores, lo que provoca que la complejidad de los arrecifes se vaya perdiendo, disminuyendo la diversidad, ya que los sitios de refugio y alimentación para los organismos asociados se van perdiendo.



Infografía sobre la enfermedad que está afectando a los corales masivos por desprendimiento de tejido.

Por lo que se proyecta que los rompeolas actuarán como arrecifes artificiales, generando impactos positivos hacia la diversidad de las especies asociadas a los arrecifes coralinos naturales, al proveer sitio de asentamiento, reproducción y refugio de las diferentes especies,

Criterios ZMC
como peces, algas, corales entre otras, que se verán afectados por la mortandad que están registrando los arrecifes naturales[3].
ZMC-10 *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.*
Análisis de cumplimiento: Se les comunicará a todos los involucrados en el proyecto de las prohibiciones en la zona: • La pesca, captura o colecta de cualquier organismo • Arrojar cualquier tipo de material o liquido • Navegar fuera del canal de navegación • Anclar sobre o cerca de los arrecifes • Realizar composturas o carga de combustible en áreas no autorizadas. Entre otros.
ZMC-11 *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.*
Análisis de cumplimiento: Se colocará malla anti-dispersante al extraer la arena, así como cuando se esté inyectando en la playa, el sitio de colocación de la malla se definió en base a los estudios de sedimentación, por lo que se evitara la afectación a las comunidades de flora y fauna colindantes a las áreas de trabajo. Ver **planos 15 A y 15** B anexos impresos y en formato digital *pdf.* y *dwg.*
ZMC-12 *La construcción de proyectos relacionados con muelles de gran tamaño (para embarcaciones mayores de 500 TRB [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.*
Análisis de cumplimiento: No se realizarán este tipo de obras, por lo que el proyecto no se vincula con este criterio.
ZMC-13 *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.*
No se realizarán este tipo de actividades, por lo que el proyecto no se vincula con este criterio.
ZMC-14 *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.*
Análisis de cumplimiento:

[3] En la caracterización biológica marina anexa a la MIA-R en la sección de discusión se explica a mayor detalle esta situación.

Criterios ZMC
Este tipo de estrategias les corresponden a las autoridades estatales en coordinación con las federales implementarlas. El proyecto autorizado en la zona terrestre cumple con lo señalado en el instrumento que regula el uso de suelo, como es el POEL-Solidaridad. Y el presente proyecto contribuye con la protección de 9 hectáreas de humedal con presencia de manglar.

Criterios de la Zona Costera Inmediata al Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

Estos criterios aplican a la zona costera inmediata del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, desde la línea de alta marea a la isobata de 50 m, a lo largo del litoral, desde Punta Maroma en las coordenadas 20°45'3.42" N y 86°56'55.85" W hasta Punta John, en las coordenadas 20°31'32.35" N y 87°10'24.45" W, con una longitud aproximada de 34.17 km.

Los criterios responden a las características naturales de esta área, previendo un posible incremento en la presión turística y demográfica en el municipio. Dichas acciones complementan las acciones generales, así como las acciones específicas de cada una de las UGA y las acciones para la Zona Costera Inmediata del Mar Caribe.

Criterio ZMC - SOL
SOL-G-1. *Las obras o actividades que impliquen la extracción de arena, los dragados, rellenos, excavaciones y cualquier obra o acción que genere sedimentos en suspensión, o modifique directa o indirectamente el contorno del litoral y el fondo marino, por su impacto en la zona de influencia, deberá considerar los impactos sinérgicos potenciales de dichas obras o actividades, y en su caso, adoptar las medidas necesarias para su prevención y mitigación, de estar sujetas a autorización en materia de impacto ambiental federal.*
Análisis de cumplimiento: De acuerdo con la modelación de oleaje y corrientes considerando la extracción de arena, señalan que esta actividad no modificara el oleaje o las corrientes en el sitio, o en el SAR. (Los datos para los modelajes se describen en el capítulo IV y en los estudios anexos) Se tomarán las medidas necesarias para evitar la dispersión de sedimentos, y se modificó el área de extracción a fin de garantizar que no se extraerá arena en área con presencia de pastos marinos, corales o donde se afecte alguna comunidad de flora o fauna marina.
SOL-G-2. *Promover y fomentar que; en toda obra, durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación, se apliquen las medidas adecuadas para el manejo de grasas, aceites, emisiones atmosféricas e hidrocarburos, que minimicen la afectación a los ecosistemas. En cuanto a los efectos de la emisión de energías como son vibración, ruido y energía lumínica provenientes de la maquinaria en uso, se acatarán las medidas de mitigación que establezca la autoridad competente.*
Análisis de cumplimiento: Durante las actividades en la zona marina por la embarcación que transporta la arena contará con el equipo de prevención en caso de derrames de hidrocarburos, de la misma forma las embarcaciones que transportarán los elementos que conforman los rompeolas.
SOL-G-4. *Evitar la instalación de infraestructura que afecte la dinámica del transporte litoral, incluyendo espigones, geo-tubos y cualquier barrera que obstruya o modifique los cauces principales del flujo y reflujo de marea para evitar el desbalance en los procesos costeros, con excepción de aquellos proyectos para fines de conservación y restauración de playas que impliquen una solución de manejo integral costero.*
Análisis de cumplimiento: Este proyecto tiene como fines la conservación y restauración o restitución de la playa, ya que en este caso la instalación de rompeolas y relleno de playa con arena para restaurar la

Criterio ZMC - SOL
amplitud playa que ha sido afectada por una acelerada erosión, recae en esta excepción, aunado a que no causará obstrucciones o modificaciones de los flujos principales como se advierte en los resultados del modelaje, (Se anexan las figuras de la modelación de la modificación que es la propuesta “K”, se anexan los planos y el resultado de las modelaciones, impreso y en formato digital). Todos los efectos produjeron un cambio local al esperado: reducción de la energía de la ola frente al predio, la reducción del movimiento del sedimento a lo largo y ancho de la costa, que no se modifique el patrón de corrientes, que no se interrumpa el transporte de sedimentos para no afectar a los predios vecinos y que, en caso de tormenta, los sedimentos queden contenidos entre la costa y los rompeolas. Después de evaluar 11 diferentes arreglos, los resultados de modelación comprobaron un proyecto Ejecutivo sustentable en cuestiones hidro-morfodinámicas. (Se anexan las figuras de la modelación de la modificación que es la propuesta “K”, se anexan los planos y el resultado de las modelaciones, impreso y en formato digital). El análisis de la efectividad del proyecto El Provenir II, basado en herramientas numéricas, fue satisfactorio ya que los efectos según los resultados del modelo son sobre el predio El Rancho el Porvenir II y no sobre los predios adyacentes, es decir, no hay afectaciones sobre los predios vecinos. Dado que el proyecto está basado en sistemas de protección de estructuras de concreto de alta porosidad que, a pesar de ser piezas independientes, por efecto de gravedad se mimetizan y tratan de aparentar un arrecife artificial natural, a diferencia de otros proyectos El Porvenir II reduce efectos de reflexión de la ola. Por tanto, se puede decir que el proyecto funcionará como fue diseñado: para reducir la energía del oleaje, estabilizar los sedimentos, reducir la erosión de costa, mantener una playa más estable y en caso de tormenta, evitar que los sedimentos escapen hacia aguas profundas siendo contenidos entre la costa y las estructuras de protección. No se generarán cambios en la dinámica litoral en el SAR, como se especifica en la presente información adicional y sus anexos.
SOL-G-13. *Los responsables de las embarcaciones mayores que transiten en el área, cumpliendo con la normatividad aplicable, dispondrán de un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verterse accidentalmente en el mar.*
SOL-G-15. *Se evitará realizar el mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones y motores, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas en aguas marinas abiertas, fuera de instalaciones portuarias o adecuadas para tal efecto, con excepción de casos de emergencia. En dicho supuesto se deberá notificar a la autoridad competente.*
SOL-G-21. *Las embarcaciones utilizarán de preferencia motores de cuatro tiempos, con la finalidad de minimizar la contaminación por hidrocarburos y aceites.*
Análisis de cumplimiento: La embarcación que transportará la arena del banco de material al sitio del proyecto cumplirá con estos criterios, deberán estar en excelentes condiciones y en caso de que requiera mantenimiento deberá realizarse en sitios autorizados, el proyecto no contempla que las embarcaciones realicen acciones de mantenimiento, limpieza o reparación, únicamente realizarán los movimientos de arena y colocación de los rompeolas de la manera más eficiente a fin de que las actividades se realicen en el menor tiempo posible.

III.2.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE SOLIDARIDAD

De acuerdo con la ubicación del predio la playa se ubica en la UGA 17 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Solidaridad (POEL-S), publicado el 25 de mayo del 2009 la cual tiene como política ambiental la conservación y un uso de suelo eminentemente turístico al cual le aplican todos los criterios generales y algunos específicos, los cuales se enuncian y analizan en la **Tabla 15.**



Figura 58 Ubicación del predio en el POEL-S

La UGA 17 ha previsto las siguientes estrategias ambientales, usos de suelo y criterios:

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL 17			
NOMBRE	*CORREDOR TURÍSTICO PUNTA BRAVA-ESMERALDA*		
POLÍTICA AMBIENTAL	*Conservación*		
SUPERFICIE	*2,922.96 hectáreas*	*PORCENTAJE MUNICIPAL*	*1.47 %*
ESCENARIO INICIAL	*Esta unidad presenta en varias de sus secciones amplias áreas ocupadas por manglares, los que se ubican entre la costa y la vegetación de selva lo que condiciona el desarrollo turístico en la actualidad, la vegetación existente se encuentra fragmentada, y recientemente afectada por los huracanes Wilma y Emily*		
TENDENCIAS	*Se prevé un crecimiento de baja densidad que permita mantener la mayor parte de la vegetación existente como parte de las áreas naturales dentro de cada desarrollo. La existencia de manglares lleva a la realización de diseños novedosos para la industria turística*		
LINEAMIENTO AMBIENTAL	*La ecoeficiencia es el elemento clave que distingue a los desarrollos de esta zona, se logra una integración de los elementos naturales en el diseño de los proyectos que elimina prácticas de alto impacto ambiental. El manejo de residuos sólidos, manejo y disposición final de aguas residuales operan bajo estándares superiores a los establecidos en la normatividad vigente.*		
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	*Se mantiene la cobertura del manglar y las áreas afectadas se restauran.* *El 65 % de la vegetación natural remanente se mantiene y enriquece.* *Solo se realiza el 35 % de cambio de uso del suelo de la superficie desarrollable.* *Se realizar una disposición adecuada de aguas residuales y sus subproductos* *Se reduce el consumo eléctrico convencional con el empleo de sistemas alternativos.* *Las playas tortugueras se mantienen funcionales para la anidación* *No se genera contaminación al manto freático ni al suelo.* *Se promueve la certificación ambiental de los Hoteles.* *Se registra en bitácora ambiental en cumplimiento de la normatividad de cada proyecto y el proceso* *de cambios de uso del suelo.* *10. Los desarrolladores reducen, reutilizan, reciclan y compostean sus residuos.*		
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	*Turística.*		
USOS CONDICIONADOS	*Turístico, ecoturístico, suburbano, UMA's, deportivo, parque recreativo, comercial, equipamiento, reserva natural, marina.*		

USOS INCOMPATIBLES	*Forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, urbano, industrial, minero*	
CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA	USO	CRITERIOS ESPECÍFICOS
	Turístico	*06, 08, 09, 13, 14, 15, 19, 21, 27, 36, 38, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 62, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 89, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109.*
	Marina	*11, 27, 36, 40, 41, 53, 54, 55, 56, 58, 64, 65, 66, 79, 96, 97, 103, 104, 107, 108, 114, 115.*
	Ecoturístico	*08, 09, 18, 29, 31, 52, 54, 57, 59, 60, 77, 79, 80, 81, 86, 91, 92, 93, 95, 100, 103, 104.*
	Suburbano	*13, 20, 27, 52, 54, 79, 80, 81, 85, 86, 93, 95, 100*
	UMA's	*04, 09, 16, 29, 46, 50, 51, 52, 54, 77, 79, 80, 82, 86, 93, 100.*
	Deportivo	*06, 09, 13, 15, 25, 37, 49, 50, 53, 54, 59, 61, 68, 75, 79, 80, 81, 85, 86, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107.*
	Parque recreativo	*06, 08, 09, 11, 28, 31, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 64, 68, 69, 79, 80, 81, 85, 86, 91, 92, 93, 95, 100, 102, 104, 105, 106, 107, 108.*
	Comercial	*06, 09, 11, 27, 36, 40, 41, 53, 54, 55, 56, 58, 62, 63, 64, 65, 79, 81, 83, 85, 86, 87, 88,89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109.*
	Reserva natural	*07, 16, 30, 80, 86, 100.*
	Equipamiento	*32, 53, 54, 78, 79, 85, 86, 93, 102.*

De acuerdo al POEL-S, los criterios de regulación ecológica establecidos para el Programa Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad han sido organizados en tres grupos:

> ***Criterios de regulación ecológica de aplicación general (CG),*** *que son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio Solidaridad, independientemente del uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares:*
>
> ***Criterios de regulación ecológica aplicables a las áreas urbanas (CU),*** *que son aplicables a la totalidad del territorio ordenado dentro de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio Solidaridad, independientemente del uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares: y*
>
> ***Criterios de regulación ecológica de carácter específico (CE),*** *son aplicables a la totalidad del territorio ordenado fuera de los centros de población legalmente constituidos en el Municipio Solidaridad, cuya aplicación está en función del tipo de uso del suelo que se pretenda dar a los predios particulares.*

Por lo que el proyecto de Restitución de la Playa se vincula únicamente con los criterios de regulación ecológica generales, debido a que el proyecto no se ajusta a la definición de ningún uso específico, si bien se asocia al uso turístico autorizado en el predio. No realizaran actividades agropecuarias, agroforestales, agroindustriales, forestales, urbanas, suburbanas, eco-turísticas, deportivas, parques recreativo o industrial, no construirá una marina, no es minero, comercial, UMA's, Reserva natural o equipamiento; por lo que las actividades que se realizaran en la playa únicamente se vinculan con los criterios generales, ya que las actividades en la zona federal marítimo terrestre y en la zona marina, no son competencia de este ordenamiento del territorio municipal, actualmente la playa por la erosión se encuentra dentro del predio, que si forma parte del territorio municipal y el uso de suelo se rige por el POEL-S.

Tabla 15. Análisis de los criterios generales del POEL-S y su cumplimiento por el proyecto.

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
CG-01	*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.*	El proyecto se desarrolla en la zona federal marítimo terrestre, así como en la zona marina y si da cumplimiento a todas las acciones.
CG-02	*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 proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.*	En la Zona de playa se distribuyen actualmente algunos ejemplares de mangle, los cuales se protegerán con barreras de piedra de la región a fin de que en el vertido de arena no se entierren sus raíces, como se observa en los planos 8a y 8B anexos. Y que además se protejan del embate de las olas, que se espera los termine por derribar en caso de no ser protegidos Existen algunos ejemplares de vegetación rastrera la cual se rescatará y trasladará al vivero provisional del proyecto autorizado en el predio El Porvenir II.
CG-03	*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.*	En cuanto a la fauna se realizarán labores de revisión antes de comenzar el vertido de arena., si se observa algún organismo labores de ahuyentamiento y si se precisa de reubicación en la playa de la microcelda, donde no se estén realizando labores.
CG-04	*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.*	No se contempla la introducción de especies exóticas en ninguna etapa del proyecto.
CG-05	*Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y*	Con las acciones en la playa no se fragmenta ningún ecosistema, al contrario, se recupera

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
	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.	la amplitud de la playa y con ello de sus servicios ambientales. Y una
CG-06	*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 desmonten, 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*	No se comercializará ningún recurso natural, la arena que se obtenga del banco, se trasladará directamente a la playa del proyecto.
CG-07	*Los proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán 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 cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente*	El proyecto no generará aguas residuales, a excepción de la etapa de preparación y construcción por la presencia de trabajadores, los cuales podrán utilizar el sanitario existente en el club de playa, el cual tiene su sistema de recolección y disposición, mediante empresas autorizadas.
CG-08	*En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.*	Como parte del proyecto, no se construirán instalaciones que requieran drenaje sanitario o pluvial.
CG-09	*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).*	
CG-10	*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.*	En caso de ocupar para la conformación de los rompeolas roca calcárea, se verificará que esta provenga de un banco de material autorizado.
CG-11	*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)*	No será necesario al utilizar, para la reforestación de la duna costera especies nativas, y no se utilizará ningún tipo de agroquímico en la playa
CG-12	*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*	Se presentó a la DGIRA un programa de restauración y monitoreo del ecosistema de manglar que contempla los elementos previstos en este criterio, como parte del proyecto “Bahía del Carmen”, autorizado en el predio

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
	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.	
CG-13	*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.*	Se cumplirá estrictamente este criterio, se dispondrá de un área de acopio para separar los residuos que puedan generar los trabajadores durante las etapas de preparación y construcción, para que sean trasladados a sitios de acopio o al sitio que la autoridad municipal determine.
CG-14	*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*	Se cumplirá estrictamente este criterio, no se introducirán especies exóticas o invasoras catalogadas por la CONABIO. Se presenta el listado de las especies a utilizar en la reforestación de la duna, en el capítulo II de la presente MIA-P, así como en el estudio de la duna
CG-15	*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.*	En la playa del proyecto no es sitio en donde se constituyan sitios de anidación o reproducción de especie alguna de fauna, incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Aunque no se ha observado el arribo de tortugas marinas en los últimos años por la disminución de la playa, no se descarta que una vez que se recupere su amplitud vuelvan a arribar a la playa.
CG-16	*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*	No se requiere de campamento, los trabajadores se trasladarán diariamente al sitio de trabajo.
CG-17	*El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM- 015-SEMARNAP/SAGAR-1997.*	No se pretende el uso del fuego en ninguna etapa del proyecto
CG-18	*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.*	El proyecto no requiere área de aprovechamiento, se trata de restaurar la playa.

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
CG-19	*Para la apertura de andador de servicios 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.*	El proyecto Bahía del Carmen que se desarrolla en el predio, cuenta con autorización en materia de impacto ambiental y en materia forestal, como se indicó en los antecedentes del presente documento. Para la Recuperación de la playa no se requiere de nuevos caminos.
CG-20	*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.*	No se establecerán viviendas o unidades de hospedaje
CG-21	*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.*	Se cumplirá estrictamente este criterio, se contará con monitoreo permanente de que las áreas se encuentren limpias. En el predio no se realizarán actividades más que el paso de los vehículos que transporten las piezas a utilizar que en caso de tetrápodos o cubos, se fabricaran y lavaran fuera del predio
CG-22	*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.*	No se utilizarán explosivos en ninguna etapa del proyecto.
CG-23	*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*	En ninguna etapa del proyecto se generarán residuos peligrosos, las grúas y vehículos a utilizar solo estarán en la etapa de preparación y construcción.
CG-24	*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.*	El proyecto es de competencia federal conforme al artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
CG-25	*La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima 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,*	El proyecto de Restitución de la Playa no aumenta la superficie de ocupación del proyecto autorizado en el predio.

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
	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 andador de servicios 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.	
CG-26	*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.*	No existen vestigios arqueológicos en el predio, o en el SAR.
CG-27	*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.*	No se realizarán obras de infraestructura o equipamiento.
CG-28	*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 estos productos provengan de UMA's o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.*	No se tiene contemplado como parte del proyecto el aprovechamiento de especies vegetales o animales.

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO GENERAL	VINCULACIÓN
CG-29	*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*	No se realizarán edificaciones.
CG-30	*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 especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación*	No se requiere de campamento de obra. A los trabajadores se les comunicaran las prohibiciones en el área de trabajo
CG-31	*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.*	De acuerdo con el estudio geohidrológico, este no es el caso del Proyecto Bahía del Carmen, ya que no existen en el sitio cavernas, por lo tanto, este criterio no se vincula con el proyecto.
CG-32	*En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables*	Se cumplirá estrictamente este criterio, tal como se analiza de manera extensa en el presente documento. El proyecto con la ampliación de la playa protegerá el manglar, el cual se ve amenazado por la erosión de la playa.
CG 33	*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*	No se contemplan actividades al interior de cavernas o cenotes, ya que no existen en el predio.
CG 34	*Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.*	De acuerdo con el estudio geohidrológico del predio el cual se presentó anexo a la MIA-R, no existen cuevas o cenotes en el predio. Cabe señalar que solo se generarán aguas residuales por los trabajadores, las cuales serán alojadas y dispuestas conforme los sistemas del club de playa, que cumplen con la normatividad.
CG-35	*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.*	Se cumplirá este criterio, el proyecto aplicará el plan de manejo de residuos, conforme los lineamientos que indiquen las autoridades correspondientes, el cual será aplicado para los residuos que generen los trabajadores en las labores de preparación y construcción del proyecto.
CG-36	*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*	No se vincula con el proyecto, ya que no se trata de un fraccionamiento

Si bien el proyecto no es una obra turística, el uso del predio es turístico, por lo que a continuación se vincula con los criterios específicos que se refieren a las actividades y obras en la playa:

CLAVE	***TEXTO DEL CRITERIO ESPECÍFICO UGA-17***	***Vinculación con el proyecto.***
CE-36	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.	*El sustrato en la franja litoral no es rocoso, es arena, aun con la erosión la roca no ha quedado expuesta, sigue siendo una playa de arena. El propósito del proyecto es restaurar la amplitud de la playa a sus niveles históricos.*
CE-79	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.	*En el sitio no existe anidación de tortugas, de registrarse alguna anidación durante las labores se avisaría a la autoridad municipal, para que traslade los huevos a algún campamento cercano autorizado. Aunque como se ha mencionado el propietario del predio en 25 años, no ha registrado la anidación de tortugas.*
CE-91	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.	*No se utilizarán cuadrúpedos en ninguna etapa del proyecto.*
CE-92	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.	*Se cumplirá este criterio, sin embargo, en el sitio no hay anidación de tortuga marina*
CE-93	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.	*Por medio de la presente MIA-R, y los estudios técnicos realizados, se demuestra que las labores de restauración y estabilización de la playa no generarán impactos ambientales significativos al ecosistema costero.*
CE-103	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	*Como parte de las obras de restauración de la playa, se contempla ejecutar el Programa de Restauración de Vegetación Costera, el cual forma parte del anexo 2.3. Diagnóstico de las dunas costeras y playa, cuyos objetivos y especies a utilizar se describen en el apartado zonificación en el manejo de las dunas, donde se utilizarán especies rastreras y de matorral nativas.*
CE-104	La estructura de la duna costera o bermas rocosas, así como la vegetación que las ocupa se debe mantener en	*La duna se pretende restaurar en el 75 % del frente de playa, debido a que interrumpirá*

CLAVE	TEXTO DEL CRITERIO ESPECÍFICO UGA-17	Vinculación con el proyecto.
	estado natural en por lo menos el 75 % de su superficie dentro del predio.	*donde se encuentran los árboles de manglar (llamados en los estudios mogotes).*
CE-105	Se permiten los andadores de servicios 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 de servicios 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.	*En la playa no se prevé ninguna modificación al proyecto ya autorizado.* *En el proyecto de recuperación y estabilización no se realizarán andadores. Los andadores de acceso a la playa ya están autorizados como parte del proyecto Bahía del Carmen.*
CE-106	Los andadores de servicios 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 de servicios elevados que respeten el relieve natural de la duna.	

III.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

III.3.1 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. Y que en su apartado 4.0 indica las siguientes especificaciones:

4.0. Especificaciones

El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos:

La integridad del flujo hidrológico del humedal costero

El flujo hidrológico en el sitio se limita al interior del predio, debido a que el flujo del humedal sé interrumpió en el pasado en los predios colindantes cuando terceras partes rellenaron con sascab parte del manglar – humedal en los predios colindantes. En el predio el humedal manglar se conserva en su 100% a excepción del camino antiguo que llega hasta la playa, el cual cuenta con pasos de agua.

Este flujo hidrológico al interior del predio depende únicamente de la lente de agua que se forma en la temporada de lluvia, parte del año el manglar está seco, como se describe en el capítulo IV de la presente MIA-R, donde se citan los puntos relevantes del estudio geohidrológico del predio, el cual se elaboró como parte de la MIA-P autorizada del proyecto Bahía del Carmen.

No existe un flujo entre el mar y la lente de agua del manglar, por lo que las acciones de restitución en la barra de arena que separa el manglar de la zona marina no afectaran el flujo hidrológico del manglar que depende de la lente de agua que se forma en la temporada de lluvia.

La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;

Uno de los resultados de las labores de recuperación de la amplitud de la playa y de su estabilidad, será garantizar la integridad del manglar, previendo que por erosión este llegue a tener contacto directo con la zona marina.

Como se ha descrito la perdida de la barra de arena tendría como consecuencia que el agua marina entrará al humedal provocando la erosión del sustrato, por lo que el manglar quedaría expuesto al embate directo de las olas, lo que disminuiría la superficie de manglar, modificando el ecosistema, hacia la plataforma continental, como hacia la zona marina.

Su productividad natural;

La productividad de este ecosistema no se verá afectada de modo alguno por la Restitución de la Playa, al no realizar ninguna afectación a la integridad funcional, al no desplazar la vegetación, al conservar el 100% de la superficie de manglar en condiciones naturales, no se modifica su dinámica de crecimiento, y con ello su productividad natural. La vegetación de manglar en el predio se encuentra en buenas condiciones, y las obras a realizar no modificaran estas condiciones, únicamente le brindará protección de ser afectada por la erosión de la playa.

La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas

No se realizarán actividades turísticas en la franja de manglar, ni ninguna otra obra o actividad del manglar se conservará en el 100% de su superficie.

Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje.

Este tipo de manglar no tiene las funciones de anidación reproducción, alimentación o alevinaje de peces, ya que no tiene contacto directo con el mar, o alguna laguna costera, para el caso de las especies residentes en el manglar como aves, algunos anfibios, y reptiles, no se generará ninguna modificación respecto a las condiciones actuales, ya que se conservará su funcionalidad ambiental.

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;

No existe una interacción directa entre el manglar y la dinámica de la playa, donde se ha registrado una severa erosión, la cual ha disminuido el ancho de la barra de arena, al no realizar ninguna afectación o modificación en el manglar y disminuir el riesgo de afectación por erosión de la barra de arena, se garantiza que las interacciones funcionales, continuaran con su dinámica natural.

Cambio de las características ecológicas; Servicios ecológicos; Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como 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 es estatus, entre otros).

El proyecto de recuperación del ancho de la playa y la construcción de las estructuras marinas que brinden estabilización a la playa, no modifican las características ecológicas del manglar, por lo que se conserva el 100% de la vegetación de manglar en las condiciones actuales, continuando con su dinámica, producción natural, servicios ecológicos y protección a la zona continental.

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
4.1 *Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, 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*	No se realizarán obras de canalización, interrupción de flujo o desvió de agua. La lente de agua se conformará de forma natural, y continuará con su dinámica de siempre.
4.2 *Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración*	No se contempla la construcción de canales, ni ninguna obra en el manglar.
4.3 *Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, azolvamiento y modificación del balance hidrológico*	
4.4 *El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta*	No se planea la creación de diques, rompeolas, muelles, marinas ni bordos ni obra alguna que gane terreno a la unidad hidrológica disminuyendo la superficie de manglar, al contrario, se protegerá el manglar al interior del predio. El proyecto pretende restaurar la amplitud de la barra de arena (playa), cuya erosión amenaza la permanencia del ecosistema de humedal manglar, al ritmo de 2 metros menos de playa cada año en 1 o 2 años la línea de costa estará a la altura del manglar.
4.5 *Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.*	No se construirán bordos, que bloqueen el flujo del agua el cual depende de la lente de agua que se forma de la lluvia.
4.6 *Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y azolvamiento.*	No existe posibilidad de generar procesos de contaminación y/o azolvamiento, por las obras que se realizarán en la playa, en el límite del manglar con la barra de arena, se mantendrá la cobertura actual, la arena se distribuirá en la parte húmeda de la playa, como se observa en la siguiente figura (Se anexan los perfiles de la playa con relleno en el plano 7E anexo) La recuperación de la amplitud de la playa y la conformación de la duna disminuye la posibilidad de que la erosión de la barra de arena llegue a la zona de manglar
4.7 *La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno*	El proyecto no extraerá agua de estos sitios y estará estrictamente prohibido verter cualquier

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo	sustancia o residuos directamente al suelo o cuerpos de agua.
***4.8** Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.*	El área de manglar en el predio Bahía del Carmen se ha designado para su conservación total.
***4.9** El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.*	Estará estrictamente prohibido verter cualquier sustancia o residuos directamente al suelo o cuerpos de agua, las aguas residuales que se generarán, por servicios a los trabajadores, serán manejadas de forma adecuada mediante los sistemas del club de playa.
***4.10** La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.*	El proyecto no requiere y no incluye la extracción de agua.
***4.11** Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.*	El proyecto no contempla la introducción de fauna o flora exótica de ningún tipo. La reforestación de la duna se realizará con especies nativas.
***4.12** Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos, el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.*	El manglar en el sitio del proyecto no es estuarino, se trata de un manglar que se desarrolla en la zona baja del predio, donde el suelo por la cantidad de materia orgánica es capaz de sostener una zona inundada, y esto permite que en la temporada de lluvia se acumule el agua que conforma una lente de agua. No hay una conexión directa entre el mar y el humedal – manglar. El manglar se ubica en un bajo, donde la misma materia orgánica forma una capa impermeable que impide el escurrimiento de las aguas pluviales al subsuelo, como es característico en el suelo castico de la región, por lo que en la temporada de lluvia se forma una lente de agua, la cual se va secando en la temporada de lluvia. Se anexa el estudio

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
	geohidrológico **Anexo 6**, donde se confirma que no existe un flujo del mar hacia el humedal.
4.13 *En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación 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.*	No se construirán ninguna vía de comunicación, para el transporte de las piezas a la playa se utilizará el camino existente.
4.14. *La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.*	No se construirán ninguna vía de comunicación, para el transporte de las piezas a la playa se utilizará el camino existente.
4.15. *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*	No se requiere de estos servicios.
4.16 *Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo*	El manglar se ubica a más de 120 m de los rompeolas que podrían considerarse infraestructura. Las actividades de restitución de la playa están colindantes al manglar. Uno de los objetivos de la restitución de la playa es proteger la franja de manglar que se encuentra en riesgo, por lo que se están tomando las medidas necesarias para proteger los mogotes que ya se encuentran rodeados de agua marina por la pérdida de la playa. Por lo que el proyecto no conlleva la construcción de “infraestructura” y tampoco se realizarán actividades productivas. Sin embargo, previendo que la autoridad tenga otro criterio de lectura del presente punto, se realizarán las actividades de restitución de la playa, por lo que la promovente en concordancia al ***ACUERDO que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que***

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
	establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, como medida de compensación colaborar con la organización que realiza reforestaciones con manglar en Quintana Roo "*Flora y Fauna A.C.*"
4.17 *La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen*	En caso de que los rompeolas se construyan con roca calcárea de la región se verificará que se cumpla de manera estructura la presente especificación, aunado que se verificará que cuente con la autorización correspondiente para su operación. El banco de arena se encuentra en ecosistema marino fuera del humedal, y se solicita autorización en la presente MIA-R para obtener la arena requerida.
4.18 *Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o 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.*	El proyecto no planea realizar relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación. El manglar se conservará en sus condiciones naturales, respetando el 100% de su superficie.
4.19 *Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.*	El proyecto no realizará tiro o disposición de ningún material dentro del manglar, y como se mencionó no existe riesgo de que las obras obstruyan ningún escurrimiento natural
4.20 *Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.*	En todas las etapas del proyecto se les hará saber a los usuarios y trabajadores de esta prohibición, contando con un número suficiente de contenedores para la colecta de los residuos de los trabajadores, al no realizar obra no hay generación de residuos de materiales o vegetación.
4.21 *Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas (…)*	El proyecto no realizara este tipo de actividades.
4.22 *No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, (…)*	No se tiene programada esta actividad en el proyecto, esta especificación no aplica al proyecto.

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
4.23 *En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental (…).*	No se planea la construcción de canales en el manglar, ni de remover vegetación, se respetará el 100 % de la superficie que ocupa la vegetación de manglar.
4.24 *Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.*	No se tiene programada este tipo de actividad acuícola o productiva para el proyecto, por lo que este criterio no se aplica al proyecto.
4.25 *La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio*	
4.26 *Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica (…).*	
4.27 *Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, (…)*	
4.28 *La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.*	En el presente proyecto no se instalará infraestructura turística, únicamente se restablecerá la amplitud de la playa y se brindará estabilidad, la cual se modificó por las obras que se realizaron en la línea de costa por desarrollas al norte del sitio del proyecto.
4.29 *Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo 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*	No se realizarán este tipo de actividades en el proyecto de restitución de playa.
4.30 *En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.*	La embarcación por utilizar para el transporte de arena seguirá la ruta de navegación indicada por la SCT, las embarcaciones menores de apoyo para la colocación de arena y de los rompeolas, no circularan por áreas restringidas, únicamente en el frente del predio en el área de trabajo.
4.31 *El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.*	No se realizan actividades turísticas y ecoturísticas, el proyecto en evaluación restaurará la amplitud de la playa y colocará rompeolas, a fin de brindarle estabilidad.
4.32 *Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de andador de servicios s 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*	El proyecto no fragmentará el humedal, y si le brindara protección disminuyendo el riesgo de afectación por erosión de la playa (barra de arena).

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	
***4.33** La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o al desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.*	El proyecto no contempla canales, ni ningún tipo de obra sobre el manglar, todas las actividades son en la barra de arena y en la zona marina colindante.
***4.34** Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.*	No se compactará el sedimento, no habrá ninguna obra nueva sobre el área de manglar que pueda compactar el sedimento. Los mogotes de manglar que se ubican en la barra de arena se protegerán con un rodal de roca a fin de que la arena no llegue a esta zona y conserven las características del sustrato donde crecen actualmente.
***4.35** Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.*	El presente proyecto es una obra que protegerá el manglar, y con ello sus servicios ambientales como hábitat de fauna y vegetación.
***4.36** Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.*	El manglar actualmente presenta buenas condiciones, no requiere de acciones de restauración, sin embargo, si es de resaltar que esta obra representa un sistema de protección, para que la erosión de la playa no llegue hasta el manglar provocando su erosión y afectación.
***4.37** Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidades 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.*	La propuesta de restitución de la playa es una obra que va a proteger el manglar al interior del predio, el cual se encuentra amenazado por la erosión de la playa, provocadas por las modificaciones a la línea de costa por obras de hoteles ubicados al norte del predio. Hasta el momento la erosión ha afectado mogotes de mangle que formaban parte del ecotono de vegetación halófila - manglar y se pretenden tomar medidas antes de que la erosión llegue a afectar el manglar al interior del predio. Para el presente proyecto se realizaron los estudios con bases científicas que demuestran las ventajas del proyecto hacia el humedal y la unidad hidrológica.
***4.38** 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.*	
***4.39** La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies*	

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad	El manglar actualmente presenta buenas condiciones, no requiere de acciones de restauración, sin embargo, si es de resaltar que esta obra representa un sistema de protección,
***4.40** Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.*	
***4.41** La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.*	
***4.42** Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.*	En la MIA-R, se ha considerado de manera integral el análisis del Sistema Ambiental, y se realizaron los estudios técnicos específicos para asegurar que la propuesta tendrá los resultados esperados de restauración de la amplitud de la playa, que esta tendrá estabilidad, y que no generará impactos negativos hacia las playas colindantes u otros ecosistemas.
***4.43** La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso del suelo correspondiente.*	*El ACUERDO que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Señala que si bien la norma no establece la figura de compensación que deberá utilizarse para la autorización de la obra o actividad en el procedimiento de impacto ambiental.* *Que la compensación permitirá aumentar la superficie de manglar en beneficio de los recursos naturales y las personas por los servicios ambientales que dichos ecosistemas proveen.* Derivado de que en Quintana Roo existen pocos viveros con disponibilidad de las 4 especies de manglar, se propone como medida de compensación ejecutar un programa de apoyo para que el vivero de la *Asociación Civil Flora y Fauna* quien ha colaborado con la ANP Manglares Nichupté y la ANP Isla de Cozumel y Arrecifes de Cozumel, pueda contar con ejemplares de las 4 especies para las labores de reforestación que se realizan en la región. La propuesta es que se puedan recolectar propágulos del manglar en el predio, y se mantenga en dicho vivero hasta completar 1,000 ejemplares (250 de cada especie aproximadamente). Los gastos del mantenimiento de dichos ejemplares estarán a cargo de la promovente

NOM-022-SEMARNAT-2003	Vinculación con el proyecto
	por un año. (Personal, materiales y equipos que se requieran). Se avisará a la *Dirección Regional Península de Yucatan y Caribe Mexicano CONANP* dirección de estos ejemplares disponibles para donación para que se puedan usar en sus labores de reforestación.

III.3.2 NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con relación a la *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.*

En la zona terrestre se localizan la franja de mangle donde se registra la presencia de las 4 especies de mangle que se desarrolla en el Caribe Mexicano:

Familia	Especie	Observaciones
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	En mogotes aislados
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	En mogotes aislados
Combretaceae	*Conocarpus erectus*	En mogotes aislados
Acanthaceae	*Avicennia germinans*	En mogotes aislados

En la zona litoral del lote destinado para el proyecto, **NO se encontraron especies de fauna que estuvieran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010,** Por lo que no se requiere de un programa de rescate de fauna, aunque la supervisión durante la construcción será constante, en caso de encontrar algún organismo de lento desplazamiento, se le ayudará a llegar a un sitio más seguro, en las áreas de conservación.

En el área del proyecto no ocurre el proceso de anidación de la tortuga marina, debido a que la barra arenosa es muy estrecha y somera, sin embargo, en el SAR se presenta la anidación de las cuatro especies, de las cuales la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) son las más representativas, ocasionalmente anida la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y excepcionalmente se ha registrado la anidación de tortuga laúd (*Dermochelys coriácea*), en estas especies el proyecto está imposibilitado de incidir, ya que no llegan al sitio precisamente por su estado actual afectado, sin embargo existe la posibilidad que una vez recuperada la playa emergida, pueda ser susceptible de albergar nidos de estas especies.

En el sistema marino, durante los muestreos, se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos de ellas corresponden a corales duros y dos a corales blandos, 2 a peces y 2 a pastos marinos los cuales se relacionan en la **Tabla 16**, con la zona de su distribución, en donde es notable que se encuentran en el SAR, a distancia considerable del litoral y de la zona de influencia del proyecto, por lo que la implementación de las mallas geotextiles anti-dispersión de sedimentos se consideran medida de prevención junto con el hecho de que no se realizaran actividades en la época de anidación de las tortugas marinas.

Tabla 16. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontradas en el sistema marino del SAR.

Grupo taxonómico	Especie	Nivel de protección	Distribución en la zona de estudio		Riesgo de ser afectado
Corales duros (escleractinios)	*Acropora palmata*	Pr (Sujeta a protección especial)	Sistema Ambiental	Cresta Arrecifal (Dominante)	Nula La cresta arrecifal más cercana se ubica a 2358 m
	Acropora cervicornis	Pr (Sujeta a protección especial)	Sistema Ambiental	Laja con gorgonaceos (Presencia) Cresta Arrecifal	Nula Laja de gorgonaceos se encuentra a más de 1870 m. de distancia
Corales blandos (gorgonaceos)	*Plexaura homomalla*	Pr (Sujeta a protección especial)	Sistema Ambiental	Laja con gorgonaceos (Común) Pasto Marinos (Dominante)	Nula Laja de gorgonaceos se encuentra a más de 1870 m. de distancia.
	Plexaurella dichotoma	Pr (Sujeta a protección especial)	Sistema Ambiental	Canal de arena (Común)	Nula el canal de arena se encuentra a una distancia de 1592, los efectos de las obras y actividades en la microcelda no afectaran en el área que se distribuye esta especie.
Magnoliophyta	Syringodium filiforme	A (Amenazada)	Área de influencia	PR y PM (Dominante)	Alto en caso de que no se apliquen medidas preventivas ya que se encuentra en la zona inmediata
	Thalassia testudinum	Pr (Sujeta a protección especial)	Área de influencia	PR (común) y PM (A)	Alto en caso de que no se apliquen medidas preventivas ya que se encuentra en la zona inmediata
	Halodule wrightii	A (Amenazada)	sistema ambiental	La (Escaso)	Nula Laja con macroalgas se encuentra a más de 356 m. sin necesidad
Peces	Scarus vetula	Pr (Sujeta a protección especial)	sistema ambiental	Lg *	Nula Laja de gorgonaceos se encuentra a más de 1870 m. de distancia y el
	Sparisoma aurofrenatum	Pr (Sujeta a protección especial)	sistema ambiental	CA (Dominante)	Nula El canal de arena se encuentra a más de 1592 m. de distancia de la zona de los rompeolas, además es una especie con alta movilidad
	Sparisoma viride	Pr (Sujeta a protección especial)	sistema ambiental	CA (Dominante)	Nula El canal de arena se encuentra a más de 1592 m. de distancia de la zona de los rompeolas, además es una especie con alta movilidad

Grupo taxonómico	Especie	Nivel de protección	Distribución en la zona de estudio		Riesgo de ser afectado
	Scarus taeniopterus	Pr (Sujeta a protección especial)	sistema ambiental	PM *	Alto en caso de que no se apliquen medidas preventivas ya que se encuentra en la zona inmediata

En ninguna etapa se pondrán en riesgo las poblaciones de estas especies, al contrario se esperan que los rompeolas se sumen a la funcionalidad ambiental como sitios de refugio y reproducción de especies asociadas a los arrecifes naturales como los peces y de igual forma se espera que entre los pastos que se desarrollan en lo que será la laguna arrecifal artificial, lleguen nuevas especies ya que disminuirá la fuerza del oleaje.

III.3.3 NOM-162-SEMARNAT-2012

Norma Oficial Mexicana 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.

En todo el SAR existe la posibilidad de que arriben tortugas marinas con el objetivo de anidar. En las costas del Caribe Mexicano se han registrado cuatro especies de tortugas, las cuales corresponden a *Caretta caretta, Chelonia mydas, Eretmocheiys imbricata* y *Dermocneiys coriácea*.

En el SAR se presenta anidación de tortuga marina, en el sitio del proyecto no se ha registrado anidación de tortuga en los últimos 10 años probablemente porque las condiciones de la playa cambiaron y la playa disminuyo considerablemente.

En las playas del Municipio del de Solidaridad la Dirección de Ecología realiza recorridos previo acuerdo con los hoteles que pagan una cuota para que personal de la dirección se haga cargo de los recorridos nocturnos, y de los corrales para el rescate mantenimiento de los huevos y liberación de las tortugas. Y otros desarrollos, ellos mismos se hacen cargo de los recorridos y de registrar los campamentos tortugueros ante la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS)de la SEMARNAT, o con otras asociaciones que cuentan con la su autorización y registro ante la DGVS.

En caso de que con la recuperación de la amplitud de la playa las tortugas aniden en la playa Bahía del Carmen, se coordinaran las acciones de protección con la dirección de ecología municipal.

Sin embargo, se realiza la vinculación del proyecto con la norma, porque hay puntos generales que le aplican a cualquier proyecto colindante a la playa:

Vinculación con la NOM-162-SEMARNAT-2012
2. Campo de aplicación *Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para las personas físicas y morales que realicen actividades de aprovechamiento no extractivo en el hábitat de anidación de las tortugas marinas.*
Análisis de cumplimiento:

Vinculación con la NOM-162-SEMARNAT-2012
El proyecto no pretende realizar aprovechamiento no extractivo en el hábitat de anidación de la tortuga marina, por lo que no se vincula con la presente norma, sin embargo, se ajustara a las especificaciones que se analizan a continuación.
5. Especificaciones generales *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:* *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.*
Análisis de cumplimiento: De acuerdo con la **LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE** se entiende por **Aprovechamiento no extractivo:** Las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres. El proyecto no pretende realizar aprovechamiento no extractivo en el hábitat de anidación de la tortuga marina. El proyecto que se pretende realizar en la playa y zona marina se está evaluando mediante una MIA-R.
***5.4** En las playas de anidación de tortugas marinas se deben realizar las siguientes medidas precautorias:* ***5.4.1** Evitar la remoción de la vegetación nativa y la introducción de especies exóticas en el hábitat de anidación.* ***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.* ***5.4.3** Retirar de la playa, durante la temporada de anidación, cualquier objeto movible que tenga la capacidad de atrapar, enredar o impedir el paso de las tortugas anidadoras y sus crías.* ***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.* ***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:* *Luminarias direccionales o provistas de mamparas o capuchas.* *Focos de bajo voltaje (40 watts) o lámparas fluorescentes compactas de luminosidad equivalente.* *Fuentes de luz de coloración amarilla o roja, tales como las lámparas de vapor de sodio de baja 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.*
Análisis de cumplimiento: **5.4.1.-** No se realizará la remoción de vegetación nativa y no se introducirá vegetación exótica en ninguna etapa o sitio del proyecto. **5.4.2.-** El proyecto al recuperar el ancho de la barra y la colocación de los rompeolas favorecerá la estabilidad de la playa cuya dinámica ha sido modificada por las construcciones al norte y sur del predio, aunado a su dinámica natural de playa erosiva. **5.4.3.-** Se cumplirá con este criterio, el proyecto autorizado en el predio El Porvenir se contempla un club de playa el cual cumplirá con este criterio de la norma. Retirando todo mobiliario o equipo de playa que pueda intervenir en el arribo de tortugas.

Vinculación con la NOM-162-SEMARNAT-2012
5.4.4 y **5.4.5.-** El proyecto no implica la colocación de iluminación en la playa o hacia la playa. **5.4.6.-** Como se mencionó en la playa no se ha registrado anidación de tortugas, sin embargo, se evitará realizar actividades en la playa en los meses de mayo a agosto que es la temporada donde se registra mayor número de arribos. Ya con la playa restaurada, el promovente realizará un acuerdo con la *Dirección de Ecología del municipio de Solidaridad* o con la Asociación Civil *Flora, Fauna y Cultura A.C.*[4] para que se incluya la playa en su área de supervisión y campamento, este acuerdo se presentará ante DGIRA, antes del comienzo de las actividades, a fin de garantizar que se protegerá a las tortugas marinas en caso de que lleguen a arribar y anidar.
6. 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.*
Análisis de cumplimiento: Como se mencionó el promovente no realizara actividades de aprovechamiento de ninguna especie en el hábitat de las tortugas, así como tampoco el manejo de la tortuga marina. El promovente verificará que la institución o asociación que realice la vigilancia en la playa cuente con la autorización de la Dirección General de Vida Silvestre actualizada y que la playa colindante al predio se encuentre contemplada.

Si bien en el proyecto no se contempla el aprovechamiento no extractivo de ninguna especie, el proyecto cumplirá con las especificaciones generales y vigilará que el organismo con el que se realice el cuerdo de protección y vigilancia cuente con la autorización correspondiente.

Los resultados de dicho acuerdo se entregarán en los informes de cumplimiento de Términos y Condicionantes anuales.

III.3.4 NOM-041-SEMARNAT-2006

Con relación a la *Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.*

En virtud de que en el estado de Quintana Roo no existen instalaciones autorizadas para realizar la medición de contaminantes, se supervisará y mantendrá a todo el parque vehicular en condiciones óptimas, lo cual será un requisito y compromiso que deberán cumplir las empresas contratadas para el transporte de los materiales.

[4] https://www.florafaunaycultura.org/causas/100/conservacion-de-tortugas-marinas/

III.4 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El predio, la zona federal marítimo terrestre y la zona marina colindante no se ubican en ningún área natural protegida, la más cercana es la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, la cual se ubica a más de 1000 m.

El banco de arena, si se ubica en la ANP **Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano (RBCM)**, por lo que a continuación se realiza la vinculación con la declaratoria y programa de manejo de dicha ANP.



Figura 59. Ubicación del sitio del proyecto respecto al ANP más cercana, la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano.

III.4.1 DECRETO POR EL QUE SE DECLARA ÁREA NATURAL PROTEGIDA, CON EL CARÁCTER DE RESERVA DE LA BIOSFERA, LA REGIÓN CONOCIDA COMO CARIBE MEXICANO.

En el presente apartado se realiza el análisis de cumplimiento del proyecto a los artículos que se vinculan al proyecto:

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano
Artículo Primero: (…) *El área natural protegida presenta seis zonas núcleo con una superficie total de 1,932,648-48-79.18 hectáreas (un millón novecientas treinta y dos mil seiscientas cuarenta y ocho hectáreas, cuarenta y ocho áreas, setenta y nueve puntos dieciocho centiáreas), mientras que la zona de amortiguamiento queda comprendida por 3,821,406-87-52.42 hectáreas (tres millones ochocientas veintiuna mil cuatrocientas seis hectáreas, ochenta y siete áreas, cincuenta y dos puntos cuarenta y dos centiáreas). (…)* *POLÍGONO DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO* *Los límites de la zona de amortiguamiento corresponden a los del polígono general, exceptuando las seis zonas núcleo*
Vinculación con el proyecto: De acuerdo con la zonificación de la RBCM, el Banco de Arena se ubica en la zona de amortiguamiento:

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano

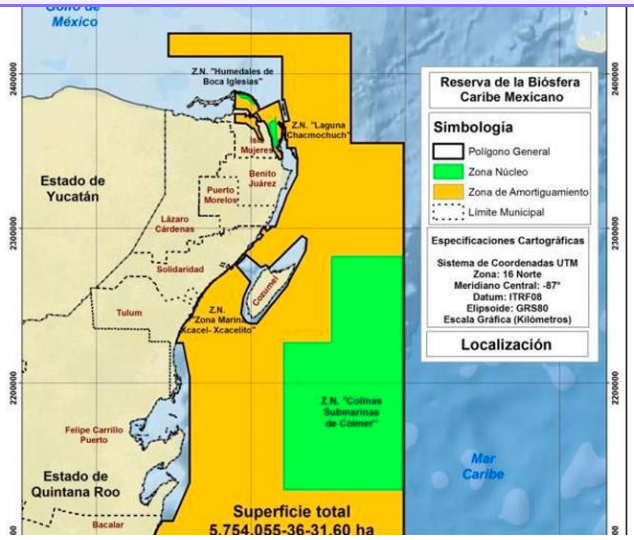


Figura de la zonificación tomada del ACUERDO por el que se da del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Reserva de la Biosfera la región conocida como Caribe Mexicano[5].

ARTÍCULO SÉPTIMO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, podrán realizarse las siguientes actividades:

I. Investigación y colecta científicas;

II. Monitoreo ambiental;

III. Educación ambiental;

IV. Turísticas;

V. Turismo náutico;

VI. Aprovechamiento no extractivo de la vida silvestre;

VII. Aprovechamiento extractivo de vida silvestre;

VIII. Pesca y acuacultura;

IX. Restauración de ecosistemas, reintroducción y repoblación de especies;

X. Erradicación o control de especies de vida silvestre que se tornen perjudiciales;

XI. Construcción de instalaciones de apoyo a la investigación, monitoreo y educación ambiental; así como para el turismo, el turismo náutico y para la administración y vigilancia del área natural protegida;

XII. Instalación de señalización marítima;

XIII. Mantenimiento de la infraestructura fija existente;

XIV. Mantenimiento y desarrollo de infraestructura portuaria;

XV. 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 emergencia;

XVI. Mantenimiento y dragado de los canales de navegación;

XVII. Extracción de arena, siempre y cuando cuente con la autorización en materia de impacto ambiental;

XVIII. Navegación de embarcaciones;

XIX. Regatas o competencias deportivas náuticas;

XX. Instalación de arrecifes artificiales promotores de nuevos hábitats para la flora y fauna marina, así como para los proyectos de recuperación de playas, y

[5] www.savingoursharks.org/wp-content/uploads/2021/06/PROGRAMA-DE-MANEJO.pdf

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano

XXI. Las demás previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, de acuerdo con la sub-zona en donde se pretendan realizar, así como las consideradas como permitidas en las reglas de carácter administrativo contenidas en el programa de manejo correspondiente.

Para las actividades a que se refiere el presente artículo y que requieran de autorización, la unidad administrativa correspondiente deberá contar con la opinión previa de la Comisión y, en todo caso, las autoridades competentes deberán observar los plazos de respuesta previstos en la normatividad aplicable.

Vinculación con el proyecto: De acuerdo con el **artículo séptimo fracción XVII y XVIII,** las actividades que se realizaran en esta zona que se refieren a la extracción de arena y navegación de la embarcación que trasportará la arena, si se pueden realizar previa opinión de la CONANP.

La promovente está en la disposición de atender y apoyar en lo que requiera la CONANP para que pueda brindar su opinión respecto al proyecto tanto sobre las actividades dentro del ANP RBCM como en el área de influencia.

Con el fin de evaluar el impacto por extracción de banco de arena tanto en el oleaje como en el transporte de sedimentos, se realizó el ejercicio de comparar un modelo con y sin banco. La siguiente figura muestra el campo de oleaje en donde en colores rojos indican alturas de ola mayores a 1 m y colores azules indican olas de poca altura. Como se puede observar no existe diferencia significante, por lo tanto, no hay afectación respecto a la energía del oleaje por la extracción de arena. (Como se especifica en la memoria técnica de modelaje, ver A**nexo 5**). Cabe destacar que los estudios de modelaje consideran las características hidrodinámicas del sitio, los cuales se describen en los datos hidrográficos de la zona los cuales se mencionan en el **capítulo IV,** así como en los anexos

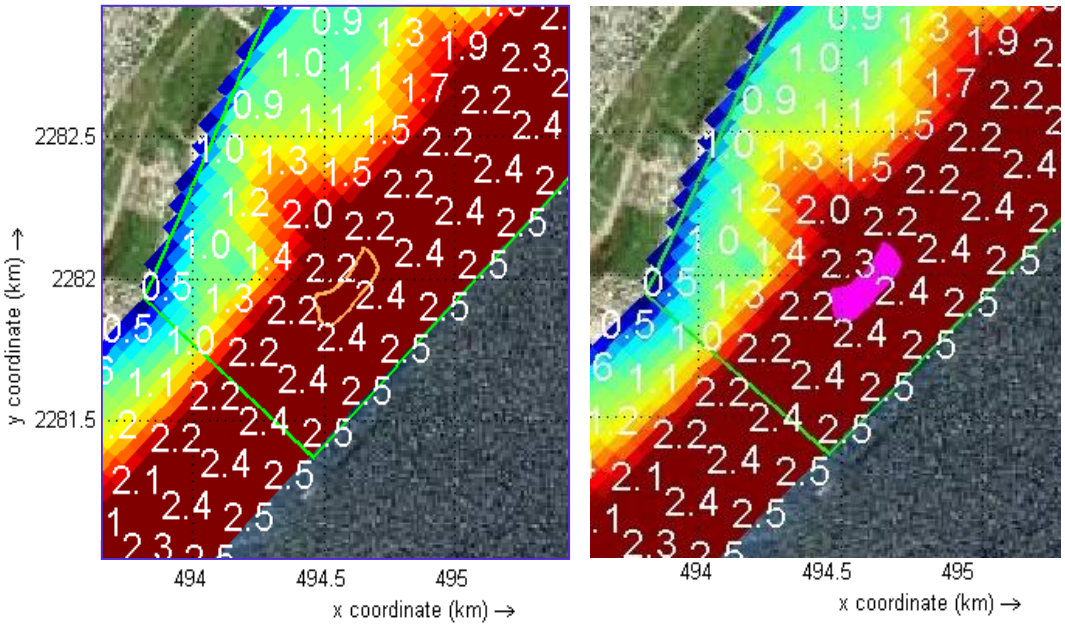


Figura 60. Campo de oleaje en el banco y alrededores considerando la presencia (izquierda) y la extracción (derecha) del banco de arena, el cual se encuentra a 9 m de profundidad.

En cuanto al impacto en la alimentación de playas vecinas, la tesis de Dubois (2013), en donde evalúa la profundidad de cierre en la costa de Quintana Roo (10 a 15 m), en donde menciona que entre más profundo esté el material sedimentario, será más difícil que este vuelva a la costa y será más fácil que este se pierda en las profundidades del mar. Dado

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano
que el banco de arena se encuentra justo en el límite inferior de este punto de cierre, atribuimos que el material de este banco se perderá en lo profundo, no es un banco que alimente de arena alguna playa. Derivado de que los cambios en el relieve son mínimos, ni las corrientes ni las mareas presentaron modificación alguna. Como se explicó en el capítulo II, esa arena está destinada a perderse en la zona profunda, por lo que no se está afectando ningún ecosistema, o playa en el SAR.
***ARTÍCULO OCTAVO**. El uso y aprovechamiento de los recursos naturales dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, se realizará de conformidad con la sub-zonificación correspondiente y se sujetará a las siguientes modalidades:* *I. 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;* *II. 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;* *III. 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;* *IV. La pesca y acuacultura en todas sus modalidades se realizarán manteniendo el equilibrio ecológico de la sub-zona en la que, conforme al programa de manejo, dicha actividad esté permitida y siempre que se cuente con la autorización respectiva de la dependencia correspondiente, conforme a la legislación aplicable, respetando las épocas y zonas de veda;* *V. La pesca de consumo doméstico sólo podrá efectuarse con redes y líneas manuales que pueda utilizar individualmente el pescador;* *VI. 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;* *VII. La agricultura y ganadería se realizarán únicamente en las sub-zonas en que, conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 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;* *VIII. 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 eco-sistémicos o propiciar, en su caso, la recuperación de ambos;* *IX. La erradicación o control de especies de vida silvestre que se tornen perjudiciales, se realizará conforme a las medidas que para tal efecto autorice la Secretaría, con la finalidad de prevenir la afectación en la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, o de los servicios eco-sistémicos o propiciar, en su caso, la recuperación de ambos;* *X. 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;* *XI. Respetar la señalización marítima, rutas de navegación y áreas de fondeo ya establecidas por las autoridades competentes y por el programa de manejo;* *XII. El mantenimiento y construcción de infraestructura se realizarán únicamente en las sub-zonas en las que el programa de manejo lo permita y se ejecutarán conforme a las reglas específicas que dicho programa prevea;* *XIII. 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, y* *XIV. Las demás modalidades que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece para las sub-zonas correspondientes.*

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano
Vinculación con el proyecto: Se respetarán las rutas de navegación y zonas de fondeo, durante la extracción y el transporte de la arena al sitio desde donde se inyectará la arena a la playa. No se realizarán otro tipo de actividades.
ARTÍCULO NOVENO. Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, queda prohibido: *I. Arrojar, verter, almacenar, descargar o depositar desechos derivados de actividades altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, radioactivas, 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;* *II. Construir confinamientos o terminales de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas;* *III. Construir sitios de disposición final o rellenos sanitarios de residuos sólidos, salvo el mantenimiento y mejoramiento de los existentes;* *IV. Emplear equipos y artes de pesca fijas permanentes o de arrastre sobre el fondo marino, salvo para 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;* *V. 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 Oficial Mexicana que la sustituya;* *VI. Introducir especies exóticas invasoras;* *VII. Alimentar, tocar o perseguir a los ejemplares de la vida silvestre, salvo que se cuente con la autorización correspondiente;* *VIII. 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;* *IX. 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;* *X. Usar explosivos, salvo para las actividades que en el ejercicio de sus atribuciones requiera la Secretaría de Marina;* *XI. Realizar exploración y explotación tanto minera como de hidrocarburos y extracción de material pétreo;* *XII. Carga, descarga, recarga y almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales;* *XIII. Verter aguas de lastre y achicar sentinas, salvo en situaciones de emergencia cuando se trate de embarcaciones mayores, y* *XIV. Las demás que ordenen las leyes generales del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; de Vida Silvestre; de Pesca y Acuacultura Sustentables, y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.*
Vinculación con el proyecto: Se acatará cada una de las prohibiciones, las cuales se comunicarán a la tripulación y responsables de la embarcación que extraerá la arena y la transportará al sitio del proyecto.
ARTÍCULO DÉCIMO. Quienes realicen actividades dentro de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, estarán obligados a conservar el área de acuerdo con lo dispuesto en el presente Decreto, el programa de manejo a que se refiere el Artículo Décimo Quinto del presente instrumento y las disposiciones jurídicas aplicables.
Vinculación con el proyecto: El proyecto respetará las reglas correspondientes del Programa de manejo, como se analiza en el presente apartado.
ARTÍCULO DÉCIMO SEGUNDO. Cualquier obra o actividad pública o privada que se pretenda realizar dentro de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano deberá sujetarse a las modalidades y lineamientos establecidos en este Decreto, en el programa de manejo del área y en las demás disposiciones jurídicas aplicables. *Asimismo, quienes pretendan realizar dichas obras o actividades 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,*

Vinculación con el Decreto del ANP RB Caribe Mexicano
independientemente del otorgamiento de permisos, licencias y autorizaciones que deban expedir otras autoridades, conforme a las disposiciones jurídicas que correspondan.
Vinculación con el proyecto: A través de la presente MIA-R se pretende obtener la autorización en materia de impacto ambiental, para la obtención de arena, actividad permitida en la zona de amortiguamiento de la ANP.

III.4.2 PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA RBCM

Con relación al ACUERDO por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Reserva de la Biosfera la región conocida como Caribe Mexicano, se realiza el análisis de las reglas que se vinculan con las actividades de extracción de arena y transporte a la zona marina frente al sitio del proyecto:

El proyecto se ubica en la sub-zona de *USO PÚBLICO DE PLAYA DEL CARMEN.*

Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an	*En esta sub-zona se incluyen dos polígonos marinos: el primero, Playa del Carmen, polígono totalmente marino con una superficie de 1,027.36 hectáreas, de aproximadamente 600 metros de ancho y 15 kilómetros de largo, ubicado frente al centro de población de Playa del Carmen, y el segundo, Tulum-Sian Ka'an con 1,091.49 hectáreas, de aproximadamente 2 km de ancho, totalmente marino, ubicado a la altura del límite sur del Parque Nacional Tulum hasta la colindancia con las Reservas de la Biosfera Sian Ka'an y Arrecifes de Sian Ka'an.*

SUBZONA DE USO PÚBLICO PLAYA DEL CARMEN Y TULUM-SIAN KA'AN	
Actividades permitidas	*Actividades no permitidas*
1. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre *2. Colocación e instalación de arrecifes y hábitats artificiales* *3. Educación ambiental* *4. Extracción de arena siempre y cuando cuente con la autorización en materia de impacto ambiental, únicamente en el polígono de Playa del Carmen* *5. Filmaciones, actividades de fotografía, captura de imágenes o sonidos* *6. Investigación científica* *7. Mantenimiento y desarrollo de infraestructura portuaria* *8. Monitoreo del ambiente* *9. Navegación* *10. Pesca comercial* *11. Pesca deportivo-recreativa en su modalidad captura y liberación, únicamente en el polígono de Playa del Carmen* *12. Pesca de fomento* *13. Turismo de bajo impacto ambiental:* • *Banana y parasail, únicamente en el polígono de Playa del Carmen* • *Buceo autónomo* • *Buceo tipo scuba* • *Buceo libre en su modalidad esnórquel* • *Kayak, kitesurf, paddle board, velerismo, tabla vela o similares*	*1. Acuacultura* *2. Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de especies silvestres, flujos hídricos, hábitats de pastos marinos y de humedales y manglares* *3. Capturar, tocar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre, salvo para colecta e investigación científica, pesca comercial de escama, pesca deportivo-recreativa en su modalidad captura y liberación, pesca de fomento y monitoreo del ambiente* *4. Construcción de infraestructura, salvo para la instalación de hábitats artificiales* *5. Interrumpir, desviar, rellenar o desecar flujos hídricos* *6. Introducir especies exóticas, incluyendo las invasoras* *7. Realizar actividades comerciales (venta de alimentos y artesanías)* *8. Realizar cualquier actividad de limpieza y achicamiento de sentinas de embarcaciones* *9. Remover el fondo marino o generar la suspensión de sedimentos, salvo para recuperación de playas y colocación e instalación de arrecifes y hábitats artificiales* *10. Usar explosivos o cualquier otra sustancia que pueda ocasionar alguna alteración a los ecosistemas* *11. Usar lámparas o cualquier otra fuente de luz directa para la observación de especies de fauna, salvo para colecta científica y monitoreo del ambiente*

• *Observación de vida silvestre*	*12. Verter o descargar cualquier tipo de desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante, al medio natural marino*

Vinculación con el proyecto: La actividad que se realizará dentro del ANP Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, es la extracción de arena y el transporte hasta el sitio de bombeo de arena desde la Chalana hacia la playa.

Esta es una actividad permitida, qué si bien generará suspensión de sedimentos de forma fugaz, es decir únicamente mientras se realiza la extracción, esto se justifica, ya que se utilizará para la recuperación de la amplitud de la playa colindante al desarrollo BAHÍA DEL CARMEN, por lo que se ajusta a la salvedad de la prohibición, que señala: "*Remover el fondo marino o generar la suspensión de sedimentos, salvo para recuperación de playas y colocación e instalación de arrecifes y hábitats artificiales*".

En este caso, se espera cierta suspensión de sedimentos durante la extracción, de forma muy puntual, ya que se tomarán las medidas preventivas, como es la colocación de la malla geotextil, para evitar que se forma una pluma de sedimento que se vaya hacia otras áreas.

Aunado a lo anterior, se comunicará de las prohibiciones a todos los involucrados en el proyecto, incluyendo a la tripulación de la embarcación.

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano
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.*
Vinculación con el proyecto: Se solicitarán las autorizaciones pertinentes para la circulación de la Chalana en el área y el aviso de los días que se realizaran las obras como lo indiquen las autoridades competentes como son la SCT, SEMAR y la dirección de la ANP-RBCM. Se portará la autorización y permisos en la embarcación y en los frentes de trabajo.
Regla 13. *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 aplicables:* *I. Colecta de ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre con fines de investigación científica y propósitos de enseñanza, en todas sus modalidades;* *II. Colecta de recursos biológicos forestales, con fines científicos;* *III. Aprovechamiento extractivo de ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre;* *IV. Aprovechamiento no extractivo de vida silvestre;* *V. Obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas de competencia de la Federación, que requieren de una manifestación de impacto ambiental;* *VI. Manejo, control y remediación de problemas asociados a ejemplares y poblaciones que se tornen perjudiciales, y* *VII. Registro de Unidades de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento de la Vida Silvestre*
Vinculación con el proyecto: no se realizarán actividades de los incisos I, II, III, IV, VI y VII. El proyecto es vinculante con la fracción V, y en cumplimiento del artículo 28 de la LGEEPA y 5 del REIA, se somete al escrutinio de la autoridad a través de la ´presente MIA-R. El proyecto que se propone tiene un sustento científico y técnico. Los estudios hidrográficos (A**nexo 1**), batimetría, topografía, caracterización de corrientes, caracterización del oleaje, caracterización de sedimento de la playa, estudio granulométrico, exploración de bancos

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano
de material de arena, estudio granulométrico brindaron los datos para la realización de los modelajes de las diferentes propuestas para restituir la playa. La caracterización biológica determino donde podrían ir colocadas las estructuras a fin de no ocupar espacios con pastos, octocorales o corales. La estrategia que se eligió es la que se consideró genera menos impactos ambientales negativos y más impactos positivos. Al restituir la playa se está protegiendo la vida que se desarrolla en la franja de manglar en el predio Bahía del Carmen, se generará un arrecife artificial con su laguna arrecifal, donde especies que ya habitan en la zona pueden encontrar un sitio de refugio, alimentación y reproducción, la biodiversidad se verá favorecida. Se está restituyendo la duna incluyendo vegetación halófita.
Regla 15. *Para la obtención de las autorizaciones a que se refiere este capítulo, el interesado deberá cumplir con los términos y requisitos establecidos en las disposiciones legales aplicables.*
Vinculación con el proyecto: Se solicitarán las autorizaciones, licencias y permisos pertinentes para las actividades en la zona marina, como son los permisos de navegación de la Chalana en el área ante las autoridades competentes SCT, SEMAR y se harán los trámites correspondientes ante la dirección de la ANP-RBCM. Se cumplirá con los Términos y condicionantes que señale la SEMARNAT quien toma en cuenta y vierte la opinión de la CONANP en el resolutivo de la MIA-R.
Regla 82. *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.*
Vinculación con el proyecto: A través de la presente MIA-R se solicita la autorización en materia de impacto ambiental conforme lo determina el artículo 28 de la LGEEPA y 5 del REÍA. La promoverte supervisará que la embarcación encargada de la extracción de arena cuente con una copia de la autorización, aunado a que se dará aviso del inicio de actividades a la SEMARNAT, CONANP, SEMAR y Capitanía de puerto (SCT).
Regla 5. *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* *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.* *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.*
Vinculación con el proyecto: No se requiere introducir materiales desechables a la ANP, y no se generarán residuos en las actividades de extracción y transporte de arena. • Se retirarán todos los materiales y herramientas que se utilicen. • Se contará con un supervisor ambiental en los frentes de trabajo, que verifique la adecuada colocación de las mallas antidispersión, que verifique que funcione

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano
adecuadamente o se reacomode si es necesario, tanto en las labores en el banco de arena como en la inyección de arena en la playa. • Se tendrán conversaciones con los contratistas, así como con todo el personal que vaya a laborar en el proyecto para darles a conocer esta prohibición junto con las de la *Regla 87*.
Regla 6. *Los usuarios y visitantes deberán cumplir, además de lo previsto en las presentes Reglas Administrativas, con las siguientes obligaciones:* *I. Cubrir, en su caso, las cuotas establecidas en la Ley Federal de Derechos;* *II. Hacer uso exclusivamente de las rutas y senderos establecidos para recorrer la Reserva de la Biosfera;* *III. Respetar la señalización, rutas de navegación, áreas de fondeo, boyas o balizas y las sub-zonas de la Reserva de la Biosfera;* *IV. Atender puntualmente las observaciones y recomendaciones formuladas por la Dirección de la Reserva relativas a la protección de los ecosistemas;* *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* *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.*
Vinculación con el proyecto: Se cumplirá con las reglas y con estas obligaciones la promovente brindará el apoyo al personal de supervisión que se presente.
Regla 7. *La Dirección de la Reserva de la Biosfera podrá solicitar a los visitantes o prestadores de servicios turísticos la información que a continuación se indica, con la finalidad de brindarles información o hacer recomendaciones en materia de residuos y protección de los elementos naturales existentes:* *a) Descripción de las actividades a realizar;* *b) Tiempo de estancia;* *c) Lugares a visitar, y* *d) Origen del visitante.*
Vinculación con el proyecto: Si bien no se realizaran actividades turísticas, si se dará un aviso cuando se inicien las actividades del proyecto a la dirección de la RBCM.
CAPÍTULO V *De las embarcaciones* ***Regla 34.*** *En la Reserva de la Biosfera se deberá respetar la señalización marítima, rutas de navegación y áreas de fondeo establecidas por las autoridades competentes.* ***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****. 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.*** *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.*** *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.*

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano

Regla 44. *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. *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.*

Vinculación con el proyecto: La embarcación anclará en arenales, no realizará otro tipo de actividades, únicamente la extracción de arena, se comunicarán estas reglas a la tripulación y al responsable legal de la embarcación.

Al momento de dar el aviso a la SEMAR, capitanía de puerto y dirección de la RBCM, se les indicará la ruta de navegación así como el sitio de anclaje.

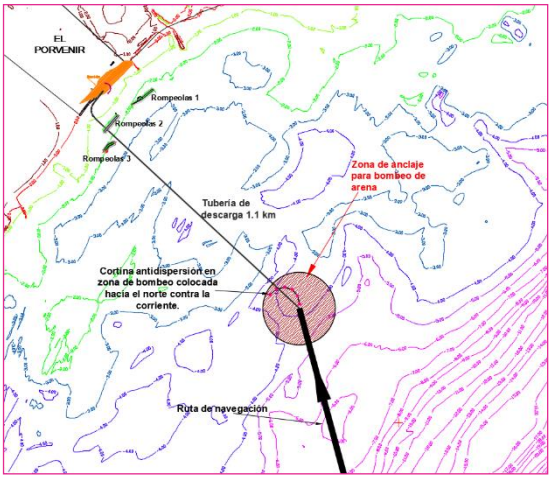


Figura 61. Zona de anclaje frente al desarrollo a una distancia de aproximadamente 1100 m.

Regla 87. *Dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Caribe Mexicano, queda prohibido:*

I. *Arrojar, verter, almacenar, descargar o depositar desechos derivados de actividades altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, radioactivas, 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;*

II. *Construir confinamientos o terminales de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas;*

III. *Construir sitios de disposición final o rellenos sanitarios de residuos sólidos, salvo el mantenimiento y mejoramiento de los existentes;*

IV. *Emplear equipos y artes de pesca fijas permanentes o de arrastre sobre el fondo marino, salvo para la pesquería de camarón en la zona de Isla Contoy, y para la instalación del arte de pesca conocida como "casita cubana" para la pesca de langosta en la Laguna Chacmochuch;*

V. *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 Oficial Mexicana que la sustituya;*

VI. *Introducir especies exóticas invasoras;*

VII. *Alimentar, tocar o perseguir a los ejemplares de la vida silvestre, salvo que se cuente con la autorización correspondiente;*

VIII. *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;*

IX. *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;*

X. *Usar explosivos, salvo para las actividades que en el ejercicio de sus atribuciones requiera la Secretaría de Marina, incluido el hundimiento de pecios;*

XI. *Realizar exploración y explotación tanto minera como de hidrocarburos y extracción de material pétreo y de hidrocarburos;*

XII. *Carga, descarga, recarga y almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales;*

XIII. *Verter aguas de lastre y achicar sentinas, salvo en situaciones de emergencia cuando se trate de embarcaciones mayores, y*

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano
XIV. *Las demás que ordenen las leyes generales del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; de Vida Silvestre; de Pesca y Acuacultura Sustentables, y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.*

Vinculación con el proyecto: No se realizará ninguna actividad prohibida. Para la extracción de arena, su transporte y bombeo se solicita la autorización en materia de impacto ambiental, a través de la presente MIA-R.

Se hará firmar a todas las empresas externas o contratistas un reglamento que incluirá todas las prohibiciones señaladas en este artículo.

I. No se arrojará ningún tipo de material contaminante o ajeno al mar. Para la conformación de los rompeolas se vigilará que los cubos, tetrápodos o las estructuras a utilizar lleguen enjuagadas, es decir sin excesos de materiales con los que se fabricaron que pudieran quedar suspendidos en el mar. La arena que se trasladará de un lugar a otro, en caso de que cuando se esté acomodando en la playa se encuentre residuos en ella se seleccionaran y retiraran del mar para ser manejados como residuos sólidos urbanos;

II. No se construirán confinamientos;

III. No se construirán sitios de disposición final o rellenos sanitarios de residuos sólidos,

IV. No sé emplearán equipos y artes de pesca fijas permanentes o de arrastre sobre el fondo marino;

V. No sé utilizarán sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en la pesca, se les comunicará a todos los involucrados en el proyecto incluyendo la tripulación de las embarcaciones la prohibición de pescar con estos métodos en la zona, y en las horas de trabajo de ningún tipo de pesca;

VI. No sé introducirán especies exóticas invasoras, en los monitoreos anuales que se proponen en seguimiento de la flora y fauna que se asocia a los arrecifes artificiales (rompeolas) se prestará especial atención a la presencia del pez león (*Peteoris volitans o P. miles*) Para hacer campañas de eliminación en los rompeolas;

VII. En el reglamento de trabajo que todos los contratistas tendrán que comunicar a sus trabajadores se incluirá la prohibición de alimentar, tocar o perseguir a los ejemplares de la vida silvestre, salvo que se cuente con la autorización correspondiente;

VIII. No se colocará iluminación dirigida hacia el mar y las playas, que altere el ciclo reproductivo de las tortugas marinas, así como su ingreso o tránsito; durante la etapa de preparación y construcción, las actividades se realizaran en horario diurno para no requerir iluminación;

Posteriormente para la operación o permanencia de los rompeolas se colocarán los señalamientos marítimos solares conforme lo indique la marina y/o SCT;

IX. No se removerán aguas fangosas o limosas, el fondo marino en el sitio y en el banco de arena, es arena fina se presenta la granulometría en el capítulo IV de la presente MIA-R y en el documento *estudios hidrográficos* del **anexo 1;**

Al remover la arena durante su extracción y posteriormente en su inyección, al ser arena fina se generará la suspensión de arena, se ajusta a la salvedad de la prohibición por tratarse de la restitución o recuperación de una playa;

Se tomarán las medidas de prevención para evitar la dispersión de arena como es la colocación de las barreras antidispersión, cuya colocación se planeó considerando la

Vinculación con el Programa de Manejo del ANP RB Caribe Mexicano
granulometría y dirección de las corrientes, aunado a esto sé contará con supervisión para verificar que dicha medida está siendo eficiente al momento de las actividades o ajustarse si se requiere una mejor ubicación o extensión; X. No se usarán explosivos, en ninguna de las etapas del proyecto; XI. No se realizará exploración y explotación tanto minera como de hidrocarburos y extracción de material pétreo o de hidrocarburos. La arena se aprovechará para la restitución de una playa, como se ha mencionado de no utilizarse esta arena se perderá en las profundidades del mar; XII. No se realizará carga, descarga, recarga y almacenamiento de hidrocarburos en zonas arrecifales. Las embarcaciones llevarán su provisión si se considera necesario, ninguna embarcación se acercará a las zonas arrecifales; XIII. No se verterá aguas de lastre o se achicarán sentinas, se utilizarán lanchas y la única embarcación mayor es la draga de tolva, a quien se le hará saber y firmar del conocimiento de estas prohibiciones; XIV. A través de la presente MIA-R se hace el análisis de cumplimiento de la normatividad en materia ambiental del proyecto, el cual se ajusta a la legislación ambiental vigente.

III.5 ÁREAS PRIORITARIAS.

El predio se ubica en la *Región hidrológica prioritaria No. 105. CORREDOR CANCÚN – TULUM,* y en la Región marina cuyas fichas técnicas señalan:

Región hidrológica prioritaria No. 105. CORREDOR CANCÚN – TULUM
Estado(s): Quintana Roo *Extensión: 1,715 km2* *Polígono: Latitud 21°10'48" - 20°20'24" N* *Longitud 87°28'12" - 86°44'24" W* *Recursos hídricos principales* *lénticos: lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales* *lóticos: aguas subterráneas* *Limnología básica: ND* *Geología/Edafología: suelos tipo Litosol, Rendzina y Zolonchak. Los suelos se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza.* *Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1000-2000 mm.* *Principales poblados: Cancún, Playa del Carmen, PTO. Morelos, Tulum, Akumal, Xel-ha* *Actividad económica principal: turismo, forestal y pecuaria* *Indicadores de calidad de agua: ND*
Biodiversidad: *tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, manglar, sabana, palmarinundable y vegetación de dunas costeras. Diversidad de hábitats: estuarios, humedales, dunas costeras, caletas, cenotes y playas. Flora característica: Acacia globulifera, tasiste Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Atriplex cristata, Bactris balanoidea, ramón Brosimumalicastrum, Bucida buceras, chaca Bursera simaruba, Caesalpinia gaumeri, Cameraria latifolia, Capparis flexuosa, C. incana, Coccoloba reflexiflora, C. uvifera, palma nakax Coccothrinax readii, Cordia sebestena, Crescentia cujete, Curatella americana, Cyperus planifolius, Dalbergia glabra, Eugenia lundellii, palo de tinte Haematoxylum campechianum, Hampea trilobata, Hyperbaena winzerlingii, Ipomoea violacea, chicozapote Manilkara zapota, chechén Metopium brownei, Pouteria campechiana, P. chiricana, palma Pseudophoenix sargentii, mangle rojo Rhizophora mangle, palma chit Trinax radiata. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por*

Región hidrológica prioritaria No. 105. CORREDOR CANCÚN – TULUM

diatomeas como Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna y Terpsinoe musica. Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo Antromysis (Antromysis) cenotensis; el anfípodo Tulumella unidens; el palemónido Creaseria morleyi; los decápodos Typhlatya mitchelli y T. pearsei; los copépodos Arctodiaptomus dorsalis, Eucyclops agilis, Macrocyclops albidus, Mastigodiaptomus texensis, Mesocyclops edax, Mesocyclops sp., Schizopera tobae cubana, Thermocyclops inversus, Tropocyclops prasinus mexicanus, T. prasinus s.str.; los ostrácodos Candonocypris serratomarginata, Chlamydotheca mexicana, Cypridopsis niagrensis, C. rhomboidea, Cyprinotus putei, C. symmetricus, Darwinula stevensoni, Eucypris cisternina, E. serratomarginata, Herpetocypris meridiana, Metacypris americana, Stenocypris fontinalis, Strandesia intrepida, S. obtusata; de peces como los cíclidos Archocentrus octofasciatus, Cichlasoma friedrichsthali, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Petenia splendida y Thorichthys meeki; los poecílidos Belonesox belizanus, Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia mexicana, P. orri y P. petenensis; la anguila americana Anguilla rostrata, el carácido Astyanax aeneus y el bagre Rhamdia guatemalensis. Endemismos del isópodo Bahalana mayana; de los anfípodos Bahadzia bozanici, Mayaweckelia cenoticola, Tuluweckelia cernua; del ostrácodo Danielopolina mexicana; del remípedo Speleonectes tulumensis; del termosbenáceo Tulumella unidens, los cuales habitan en cenotes y cuevas; de los peces Astyanax altior, la brótula ciega Ogilbia pearsei, la anguila Ophisternon infernale, Poecilia velifera; de aves el pavo ocelado Agriocharis ocellata, el loro yucateco Amazona xantholora, que junto con el manatí Trichechus manatus se encuentran amenazados por lo reducido y aislado de sus hábitats, por la contaminación y navegación respectivamente. Zona de reproducción de tortugas caguama Caretta caretta, blanca Chelonia mydas, laúd Dermochelis coriacea y el merostomado Limulus polyphemus. Todas estas especies amenazadas junto con los reptiles boa Boa constrictor, huico rayado Cnemidophorus cozumela, garrobo Ctenosaura similis, iguana verde Iguana iguana, casquito Kinosternon scorpioides, mojina Rhinoclemmys areolata, jicotea Trachemys scripta; las aves loro yucateco Amazona xantholora, garceta de alas azules Anas discors, carao Aramus guarauna, aguililla cangrejera Buteogallus anthracinus, hocofaisán Crax rubra, el trepatroncos alileonado Dendrocincla anabatina,garzita alazana Egretta rufescens, halcón palomero Falco columbarius, el gavilán zancudo Geranospiza caerulescens, el bolsero yucateco Icterus auratus, el bolsero cuculado I. cucullatus, zopilote rey Sarcoramphus papa, golondrina marina Sterna antillarum, Strix nigrolineata y los mamíferos mono aullador Alouatta pigra, mono araña Ateles geoffroyi, grisón Galictis vittata y oso hormiguero Tamandua mexicana.

Aspectos económicos: pesquerías de caracol y langosta. Cultivo de peces en la laguna de Nichupté. Turismo y ecoturismo. Porcicultura en PTO. Morelos.

Problemática:

- Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.

- Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.

- Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco Cocos nucifera tasiste.

***Conservación:** se necesita restaurar la vegetación, frenar la contaminación de acuíferos y dar tratamiento a las aguas residuales. Se desconoce la influencia de afloramientos de agua en la zona de la laguna de Nichupté. Están considerados Parques Nacionales Punta Cancún, Punta Nizuc y Tulum. El Parque Nacional Tulum está siendo afectado por la construcción urbana, el saqueo de material vegetal, la construcción de un tren turístico, la presencia de puestos comerciales de artesanías para los turistas y la gran cantidad de basura arrojada a las zonas de manglar y de selva mediana subperennifolia.*

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; PRONATURA; DUMAC; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP.

Cita: Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez (coordinadores). Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Análisis respecto al proyecto: El proyecto no contribuirá a la problemática en la región hidrológica, al contrario, al proteger el manglar con la recuperación de la amplitud de la playa, se contribuye a su conservación. El proyecto no constituye un riesgo de contaminación a las aguas subterráneas, y no se afecta ninguna población de las especies registradas en la región.

63. PUNTA MAROMA-PUNTA NIZUC

Estado(s): Quintana Roo

Extensión: 1 005 km2

Polígono: Latitud. 21°11'24" a 20°32'24"

Longitud. 87°7'48" a 86°40'12"

Clima: cálido subhúmedo con lluvias en otoño. Temperatura media anual 22-26°C. Ocurren tormentas tropicales, huracanes, nortes. Geología: placa de Norteamérica, rocas sedimentarias, plataforma amplia. Descripción: arrecifes, lagunas, playas, dunas costeras, estuarios. Oceanografía: predomina la corriente de Yucatán. Oleaje variable. Aporte de agua dulce por lagunas. Hay giros y contracorriente. Biodiversidad: moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, esponjas, corales, artrópodos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares, selva baja inundable. Zona de reproducción de tortugas y merostomados. Aspectos económicos: zona de poca pesca organizada en cooperativas y libres. Se explotan crustáceos y peces. Crianza de peces en la laguna Nichupté. Turismo de alto impacto, ecoturismo y buceo. Hay porcicultura en Puerto Morelos, Quintana Roo

Problemática:

- *Modificación del entorno: por tala de manglar, relleno de áreas inundables (pérdida de permeabilidad de la barra), remoción de pastos marinos, construcción sobre bocas, modificación de barreras naturales. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras, mercantes y turísticas. Existe desforestación (menor retención de agua) e impactos humanos (Cancún y otros desarrollos turísticos). Blanqueamiento de corales.*
- *Contaminación: por descargas urbanas y falta de condiciones de salubridad.*
- *Uso de recursos: presión sobre peces (boquinete) y langostas. Pesca ilegal en la laguna Chakmochuk; campamentos irregulares en el área continental del Municipio de Isla Mujeres.*
- *Especies introducidas de Cassuarina spp y Columbrina spp.*

Conservación: *ya están protegidos los arrecifes de Puerto Morelos; se recomienda dar impulso a su plan de manejo y a su bonificación.*

La laguna de Nichupté debería estar sujeta a normas de uso y protección. Grupos e instituciones: UNAM (ICMyL-Pto. Morelos), INP (CRIP-Pto. Morelos), IPN (Cinvestav-Mérida), Ecosur, CICY, Amigos de Sian Ka´an A.C, Gema

Cita: Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones Marinas Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Análisis respecto al proyecto: El proyecto contribuirá a la protección del manglar, al crecimiento de pastos marinos y otras especies marinas que encontraran un sitio de refugio, alimentación y reproducción en los rompeolas que se constituirán como arrecifes artificiales, en la laguna arrecife que se generará, la cual al disminuir el embate de las olas y el movimiento de arena, favorece el crecimiento de algas calcáreas, gorgonaceos y vertebrados e invertebrados que encuentran refugio e y alimento entre los pastos marinos, que también se ven favorecidos por los rompeolas.

III.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL PROYECTO Y LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS:

Se advierte que el proyecto se apega a los instrumentos normativos de las actividades a realizar y a los instrumentos de regulación de uso de suelo, al tomar en consideración que se está realizando un proyecto cuyo objetivo es la restitución de una playa que ha sido afectada por obras y actividades realizadas por terceros en las colindancias del proyecto, las cuales han modificado severamente la dinámica de la playa y que pone en riego una zona de manglar de 9 hectáreas y mangles aislados en el litoral.

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

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (**Figura 65**) que corresponde con el área de estudio, se estableció con un enfoque sistémico, considerando la necesidad de definir la unidad geográfica-administrativa de referencia, objetiva, que debe tomarse en cuenta para decidir lo necesario con relación al proyecto denominado ***Restitución de la playa Bahía del Carmen***.

Para ello, fue necesaria la identificación de los ecosistemas en los cuales incidirá el proyecto y sus delimitaciones naturales, se buscó identificar el área territorial que sistémicamente es homogénea, que conforma una unidad ambiental de referencia en el que el proyecto Bahía del Carmen, se encuentra inserto, lo cual representa una unidad natural práctica de referencia en donde los componentes y procesos ecosistémicos se interrelacionan formando una continuidad funcional. Por la naturaleza del proyecto, el SAR tiene dos grandes componentes, la parte terrestre al que denominamos SART y el medio marino al cual denominamos SARM, este último es el componente mayor, ya que las obras y actividades ahí se llevan a cabo.

En el SART, que corresponde con el ambiente terrestre destacan tres componentes ecosistémicos, ordenados de oeste a este y estas orientaciones corresponden en lo general con el relieve que va de mayor a menor altitud. Así en donde originalmente se distribuía la selva mediana, actualmente es un acahual con un buen grado de desarrollo, de más de 30 años, se encuentra en el extremo oeste del SART y en una zona topográficamente más alta que todos los demás componentes ecosistémicos, justo cuando se pierde esta altura, se genera un área de inundación en la que prospera el manglar conteniendo las cuatro especies de mangle características de esta zona. Hacia el Este, se encuentra la barra arenosa, en este caso muy delgada y sujeta erosión continua. Posteriormente, el Mar Caribe es un gran sistema en el extremo Este y es la parte más baja el cual es catalogado en este SAR, como un gran componente al que se denomina SARM y se describe con mayor detalle posteriormente.

En este SART existen procesos que van de Este a Oeste generados por los vientos dominantes de sureste a noroeste que soplan, de manera perpendicular a la línea de costa, que en conjunto con la intrusión salina de forma subterránea desde la línea de costa hacia tierra adentro, hacen una influencia marítima hacia tierra, formando gradientes salinos tanto en la atmosfera por el aerosol marino, como en el agua subterránea por la dinámica natural de intrusión salina que se da por las grietas de la matriz rocosa, estos procesos son importantes al conformar los ecosistemas en bandas paralelas a la línea de costa, lo cual se observa en la **Figura 62**, la existencia de estas bandas.

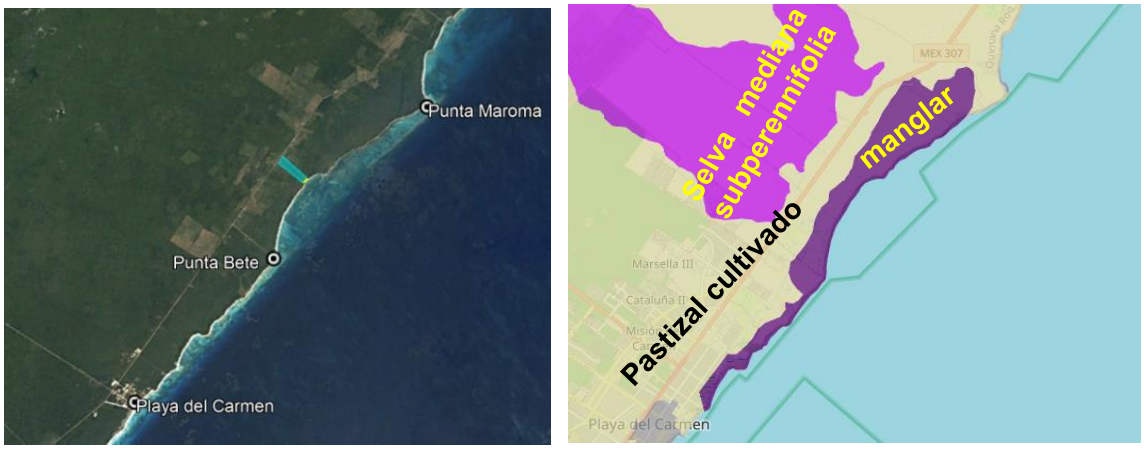


Figura 62. A la izquierda imagen de Google earth con fecha de 1988 de Playa del Carmen al sur y Punta Maroma al norte, a la derecha imagen de la carta de Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie II (continuo nacional INEGI) donde se observan las franjas de vegetación a grandes rasgos, ya que no se marcaba la delgada línea de la duna y matorral costero por la escala de la imagen, que está marcado como parte del manglar en morado.

Actualmente las construcciones de los desarrollos turísticos interrumpen la continuidad de estas franjas (**Figura 63**):

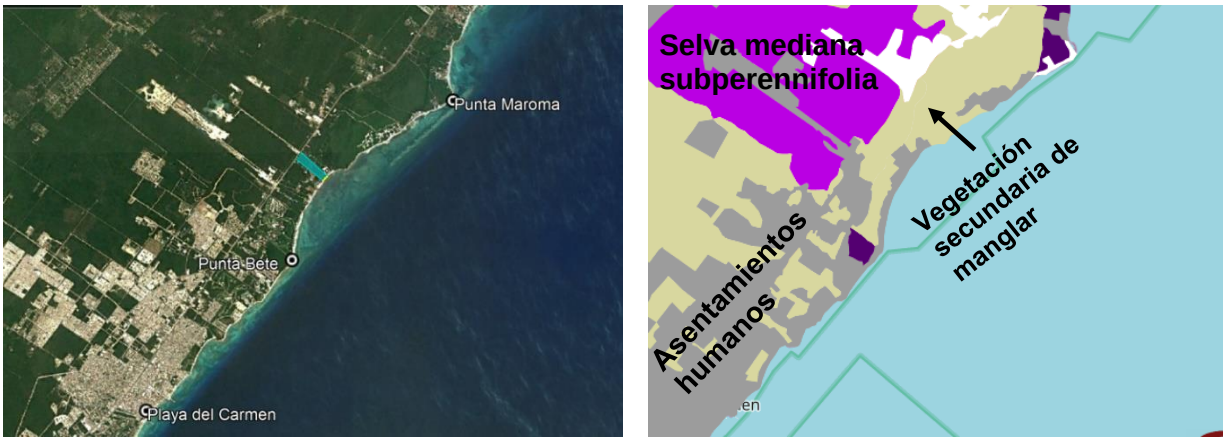


Figura 63. A la izquierda imagen de Google earth con fecha de 2020 de Playa del Carmen al sur y Punta Maroma al norte, a la derecha imagen de la carta de Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional INEGI) donde se observan las franjas de vegetación actual, aunque sigue son marcarse la delgada línea de la duna y matorral costero, que está marcado como parte del uso de suelo colindante.

En el SARM, que corresponde con el ambiente **marino,** es relevante la topografía del fondo (batimetría) y además los factores que inducen el movimiento del agua, tales como; la marea, el oleaje producido por el viento, los efectos de estos factores, son influenciados por la topo forma de la costa, con arrecifes, laguna arrecifal, puntas y bahías. Particularmente en el sito que nos ocupa, es posible delimitar una celda marina con hidrodinámica aislada cerca de la línea de costa y con características de sitio, entre Punta Maroma y Coco beach, es por ello que estas serán dos referencias para el establecimiento del SARM.

Para el **SARM**, se dividió para su estudio en tres celdas costeras litorales

Concepto de Celda Costera[6]

Las celdas litorales o celdas costeras son áreas costeras que contienen compartimentos naturales que ayudan a definir la flexibilidad de las playas en cuanto a su estabilidad se refiere. Las celdas costeras, están constituidas por componentes de entrada y salida. Dentro de los componentes de entrada existen los aportes de sedimentos, ya sea por parte de un río, erosión de dunas, estrán o acantilados y transporte litoral.

En los componentes de salida podemos considerar a los cañones submarinos, acumulación en dunas y estrán, bocas y lagunas, entre otros. Podemos encontrar también componentes de entrada y salida inducidos por el hombre, tal es el caso de rellenos y dragados.

Para definir las diferentes celdas litorales en una áreas determinada, se debe identificar todos los componentes de entrada y salida; por ejemplo, se tienen que identificar todos los ríos que desembocan en esa área, el comportamiento de los deltas de los ríos, las dunas, los cañones submarinos, los acantilados, investigar la presencia de vientos y sus direcciones, si han existido en algún momento algún relleno o dragado, la existencia de obras de protección que han modificado el comportamiento de la línea de costa, las formas costeras, etc.

En la celda puede existir una depositación de sedimento en la zona que abarca el área de la celda o en su caso una erosión provocada por alguna corriente litoral o por la colocación de algún tipo de obra de protección. Desde una percepción remota, podemos identificar cuantas celdas sean necesarias, con todos los componentes de entrada y salida que se decida considerar.

Línea de costa; Estos dos grandes sistemas (marino y terrestre), tienen una zona de contacto en la que se influencian mutuamente formando una línea de costa, compuesta por la denominada zona infralitoral (playa sumergida), la zona intermareal que es la franja que cubre y descubre el agua con las mareas y la zona Supralitoral (playa seca). Esta última es precisamente el objetivo del proyecto, que se verá influenciada directamente por las actividades y obras propuestas que se proponen en la cercanía del predio denominado Bahía del Carmen y que se describen con detalle a lo largo de la presente MIA-R, por lo anterior esto es un criterio para delimitar el sitio de influencia del proyecto, que es mucho más pequeño y está incluido en el SAR y proporciona elementos para delimitar este último.

El proyecto se ubica en la línea de costa frente al predio Bahía del Carmen, el relleno de arena para recuperar el ancho de playa original conlleva la dispersión de la arena desde la zona seca hasta la zona sumergida de la playa. Las protecciones contempladas para el mangle y el vertedero o boca de desfogue quedaran entre la zona seca e intermareal de la línea de costa, mientras que los rompeolas se proponen en la zona de arenal somero y pedacería de rocas, evitando la zona de pastos.

IV.1.1 Criterios de delimitación del SAR.

El SAR se delimito considerando límites físicos y de la microcuenca en la zona terrestre y en la zona marina las salientes o puntas de la geoforma costera, así como la batimetría. Tal como a continuación se detalla:

1. **Sistema Ambiental Regional Terrestre (SART).** Este componente del SAR, Se delimitó considerando los límites físicos en tierra, los cuales corresponden como sigue:

   Al oeste se ubicó como límite la Carretera Federal 307, la cual representa una barrera física que delimita la unidad sistémica terrestre mencionada (selva - manglar –barra arenosa– línea costera). Debido a que para su construcción y ampliación se ha modificado el relieve y se interrumpieron los flujos hídricos superficiales naturales, por lo que

[6] www.amip.org.mx/htm/RevAMIP/A4NUM15/AMIP41513.pdf

constituye una barrera tanto para el paso de fauna como para el escurrimiento del agua y es un elemento que fragmenta el paisaje de forma muy importante

Al norte la microcuenca que se encuentra, delimitada por la vialidad y los canales que transcurren por el desarrollo denominado tres ríos; los canales son una fractura natural del terreno por donde desfoga el agua proveniente de los ríos subterráneos que se originan en el centro de la Península, ;

Al sur por el camino que transcurre desde la carretera federal 307 hasta la playa a la altura del espigón norte del desarrollo denominado *Ocean Maya Royal*, el camino transcurre por el desarrollo denominado *Blue Bay* y desemboca en la vialidad que delimita estos dos predios hoteleros, y que al igual que tres ríos representa una barrera física en tierra que delimita los procesos, este límite sur del SART, continua por este camino hasta la carretera federal 307.

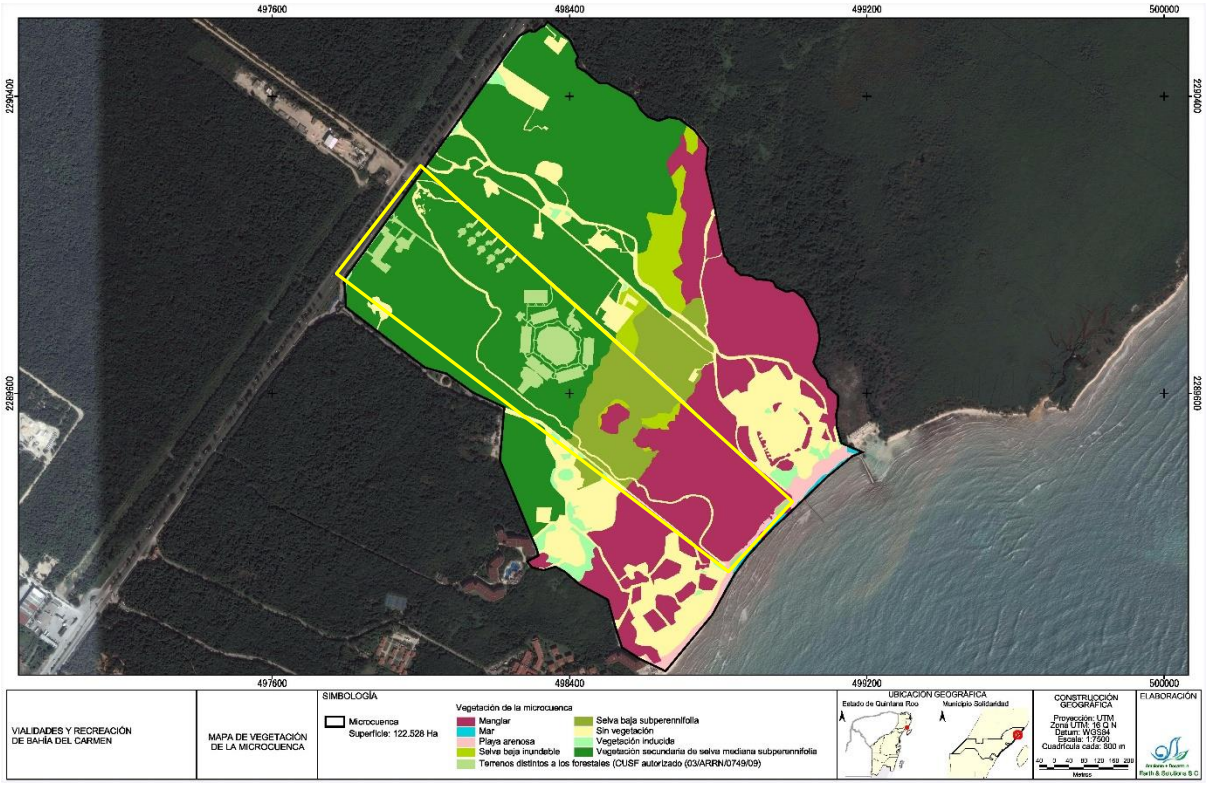


Figura 64. Sistema Ambiental Regional en su componente Terrestre (SART), delimitado por las estructuras físicas que delimitan una microcuenca en la que se encuentra inserta el predio Bahía del Carmen (polígono amarillo).

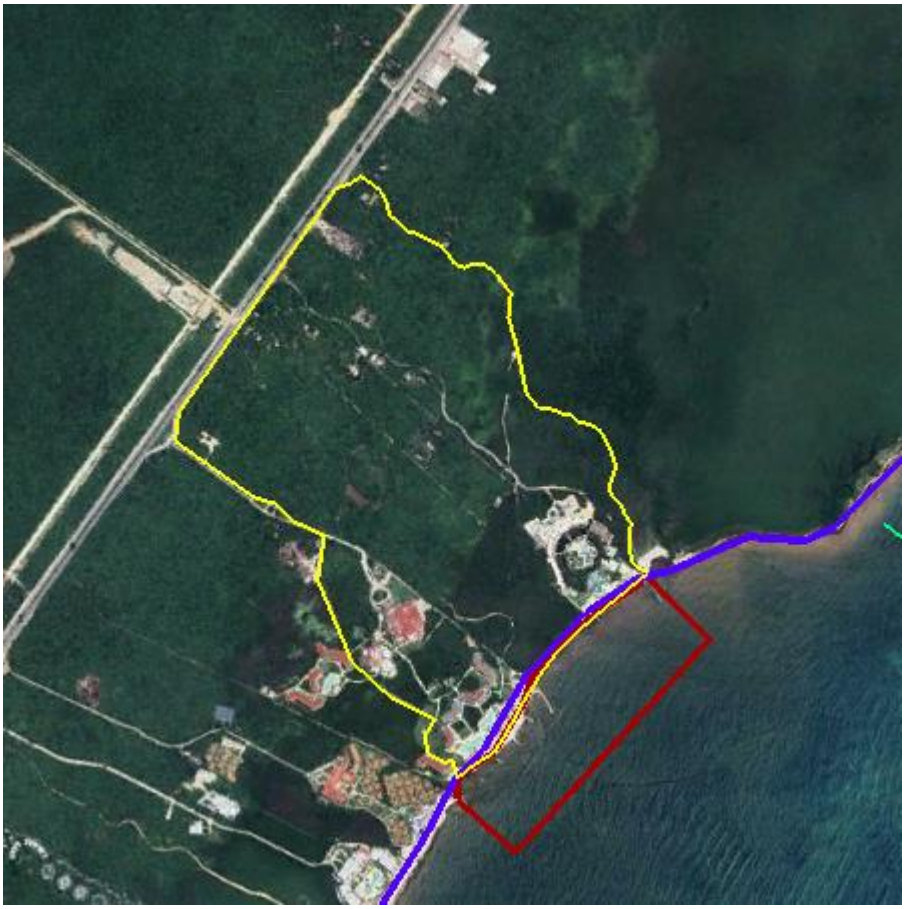


Figura 65. Vista del SART delimitado por el polígono amarillo en relación con la microcelda del SARM

2. **Sistema Ambiental Regional Marino (SARM)**. Este componente del SAR, Se delimitó considerando los límites funcionales que producen los fatores marinos, los cuales corresponden como sigue:

Al Este se ubicó como límite, la línea del arenal profundo, que representa el límite practico de los procesos costeros que funcionan como unidad desde la costa, procesos.

Al oeste el límite del SARM se encuentra en la pleamar sobre la línea de costa.

Al Norte, se ubicó el límite, a la altura de Punta Maroma donde se modifica el movimiento del agua y con ello en los procesos de transporte litoral y corrientes.

Al Sur con la Punta coco Beach, en donde se observa el límite de la macrocelda.

Por lo extenso del SARM se delimitaron 3 celdas: la macro, meso y micro celda, las cuales se pueden observar en la **Figura 66**

- La **microcelda** que está delimitada al norte por un espigón artificial en el desarrollo de Tres Ríos y al sur por otro espigón artificial que interfieren con el transporte litoral de manera local. En esta celda se encuentra el sitio de aplicación de las obras y actividades del proyecto, así como la zona de influencia. Este es el sistema ambiental donde está inmersa la playa a restituir y el área donde se colocarán los rompeolas. (Esta microcelda se considera el área de influencia), mide 0.8 Km de frente de playa entre los que se

encuentra el frente de playa del predio Bahía del Carmen y tiene una superficie de 24.11 ha.

- La **mesocelda** está delimitada al norte del hotel Tres Ríos también en una punta que además tiene un afluente de agua dulce y al sur por Punta Bete, ambos entorpecen el movimiento de sedimento bilateral y son los límites de celdas contiguas. esta zona es un tamaño de área intermedio entre la Macrocelda y la microcelda, tiene 3.7 km de frente de playa y ocupa una superficie de 606.70 ha, se encuentra al interior de la macrocelda
- La **macrocelda** está delimitada al norte por Punta Maroma y al sur por Playa Coco Beach; ambas puntas se consideran límites naturales porque en ellas el transporte litoral se ve disminuido, no se interrumpe, sin embargo, la velocidad a la que se mueve es más lenta que en las partes lineales. (Cabe destacar que las actividades en la microcelda no llegarían a modificar las condiciones de la macrocelda, en ella se incluye el área de banco de arena y el área por donde circulará la embarcación que extraerá la arena y la trasladará al sitio del proyecto. esta zona es la mayor y comprende todo el SARM, contiene la mesocelda y la microcelda, se encuentra conformada un área de 2256.05 ha., comprende 16.01 km de frente de playa. Por lo extenso de esta macrocelda las obras y actividades del proyecto en comparación, son pequeñas y localizadas

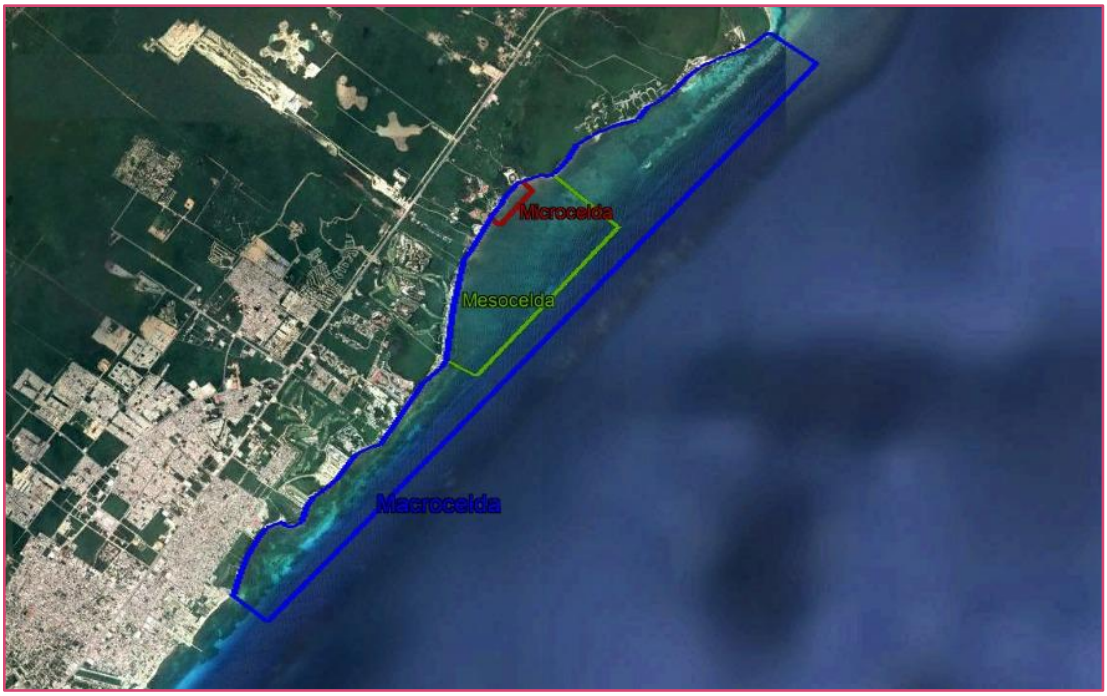


Figura 66. Vista SAR delimitado por la macrocelda (Polígono azul), y se muestra la mesocelda (Polígono verde) y la microcelda, (Polígono rojo).

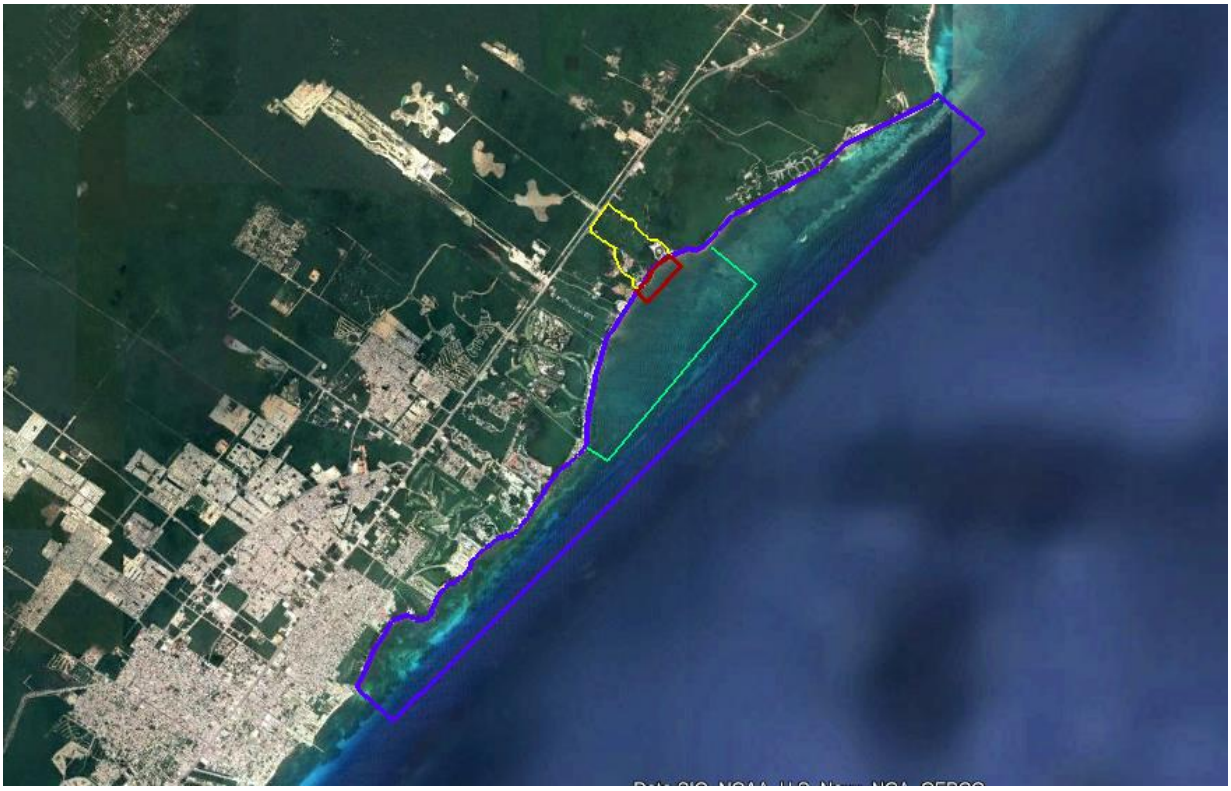


Figura 67. Sistema Ambiental Regional del proyecto; en amarillo el SART (Sistema Ambiental Regional Terrestre), en azul el SARM (sistema Ambiental Regional Marino) que corresponde con la Macrocelda, en verde la Mesocelda y en rojo la Microcelda.

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Para la caracterización del SAR, se realizaron diversos estudios, dando énfasis en los sistemas, con mayor interrelación, los cuales se integran en los diferentes apartados de este capítulo y se toman en cuenta a lo largo de la presente MIA-R, estos estudios se anexan en forma completa y corresponden con los siguientes:

1. **ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (ANEXO 1), CON LOS DATOS DE ESTOS ESTUDIOS SE ALIMENTÓ EL PROGRAMA DONDE SE REALIZÓ LA MODELACIÓN DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS PARA RESTITUIR LA PLAYA:**
    - Batimetría
    - Topografía
    - Caracterización de corrientes
    - Caracterización del oleaje
    - Caracterización de sedimento de la playa, estudio granulométrico
    - Exploración de bancos de material de arena, estudio granulométrico y recuperación de la arena
2. **CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA MARINA (ANEXO 2) DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR), EL ÁREA DE INFLUENCIA Y DEL SITIO DEL PROYECTO INCLUYENDO EL BANCO DE ARENA, CONTEMPLÓ:**
    - Tipos de ambientes por tipo de sustrato y cobertura.

- Caracterización de Macroalgas y pastos, Escleractinios, Gorgonaceos, otros invertebrados, Ictiofauna y otras especies de vertebrados.
  - Distribución y composición de especies
  - Abundancia y riqueza especifica
  - Diversidad y equitatividad
  - Estructura de tallas
  - Condiciones de los organismos
- Caracterización del Banco de arena (Anexo 2.2.b)

3. Proyecto Ejecutivo (Anexo 3)

- Evaluación de la problemática
- Estudios de campo
- Cálculo de los elementos constructivos
- Procedimiento constructivo
- Dinámica litoral esperada
- Medidas de monitoreo

4. Estudio de riesgo ante ciclones tropicales (Anexo 4)

- Antecedentes de los eventos históricos
- Modelación
- Resultados
  - Tirante de agua
  - Oleaje

5. Memoria Técnica de Modelaje (Anexo 5)

- Evaluación del oleaje (Actual vs Proyecto)
- Evaluación de tormentas (Actual vs Proyecto)
- Evaluación de hidro-morfología (Actual vs Proyecto)
- Proyección por cambio climático (para el 2100)

6. Estudio Geohidrológico del predio (Anexo 6)

- Estructura de la roca del subsuelo que contiene al agua subterránea,
- Dirección preferencial del flujo del agua subterránea,
- Espesor y volumen del lente de agua aprovechable,
- Profundidad de la interfaz salina o inicio del lente de agua salada,
- Variación del nivel del agua subterránea por influencia de las mareas; y
- Volumen de agua que drena por debajo del predio en estudio

7. Evaluación de Impacto Visual y Paisajístico de la Rehabilitación de Playa y Protección del Sistema de Manglar. (Anexo 7)

- Evaluación del paisaje
- Análisis de la compatibilidad ambiental, sensibilidad visual del paisaje, magnitud de los impactos, generación de visualizaciones de los distintos escenarios, identificación de efectos acumulativos y medidas de mitigación.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR

IV.3.1 MEDIO ABIÓTICO TERRESTRE

A) Clima y fenómenos meteorológicos

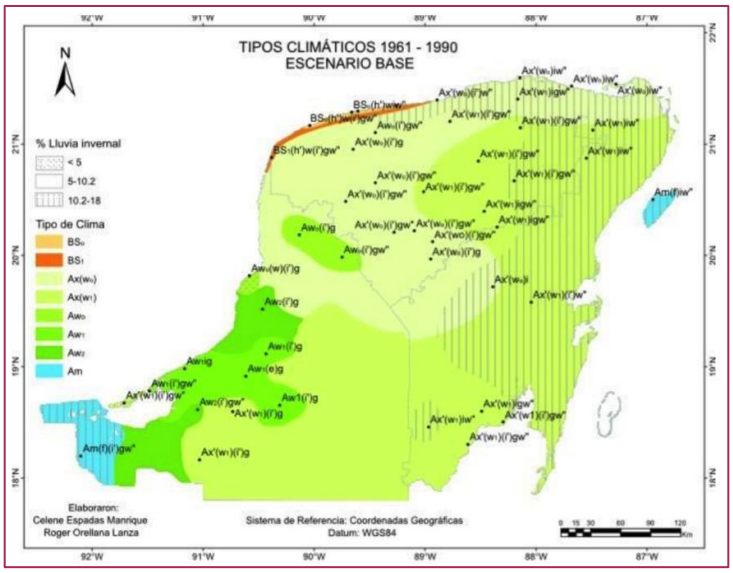


Figura 68. Clima en la Península de Yucatán y en el SAR2.

En el SAR, el clima es de tipo AW1 (x')iw"g[1], corresponde al clima cálido subhúmedo (P/T menor de 43.2). Régimen de lluvias en verano e intermedias en invierno, sequía interestival y pequeñas variaciones estacionales en evaporación, precipitación y temperatura. La temperatura varía con la época del año, la temperatura media anual es de 26° C, las temperaturas más bajas se registran en el mes de enero con 14º C y las máximas se alcanzan en el mes de agosto con 33º C. Los vientos predominantes son los del sureste. La precipitación pluvial anual oscila entre los 1,300 y los 1,500 milímetros, con estación de lluvia de marzo a noviembre.

Los factores climáticos en el sitio son altamente relevantes para el proyecto, la temperatura y el régimen de lluvias, no lo es tanto, como la velocidad y dirección del viento, que causa el oleaje y corrientes marinas (los cuales se describen con detalle más adelante), que en conjunto erosionan o acrecientan la playa, y que es la causa del presente proyecto.

De los factores atmosféricos, es de gran importancia la presencia de las tormentas tropicales, que con gran intensidad se tornan en huracanes, en los cuales se combinan fuertes vientos, lluvias, marea de tormenta y oleaje intenso. Según su intensidad los huracanes se dividen en diferentes categorías en la escala Saffir-Simpson y tienen un importante impacto sobre la zona costera. La temporada de Huracanes se extiende del 1 de junio al 30 de noviembre de cada año, la época de "Nortes" es de menor duración, abarcando de noviembre a mayo, y no causa daños significativos.

Para el proyecto que se presenta, se realizó un estudio donde se evalúa el impacto que causaría el paso de huracanes con categoría 1, 3 y 5 en la escala Saffir-Simpson sobre la costa, el cual se presenta en el **Anexo 4**. *Análisis de Riesgo*.

En la **Figura 69** se muestra la trayectoria de los huracanes que han pasado a una distancia igual o menor de100 km del SAR, así como el grafico que relaciona, dirección e intensidad, en donde el azul más claro representa la velocidad del viento más alta que va de 8 a 12 m/s, la azul más oscura representa la velocidad de viento más baja que va de 0 a 4 m/s, mientras que el tono intermedio también denota una velocidad intermedia que va de los 4 a 8 m/s, es evidente que la dirección predominante es el Este y también predomina la velocidad intermedia.

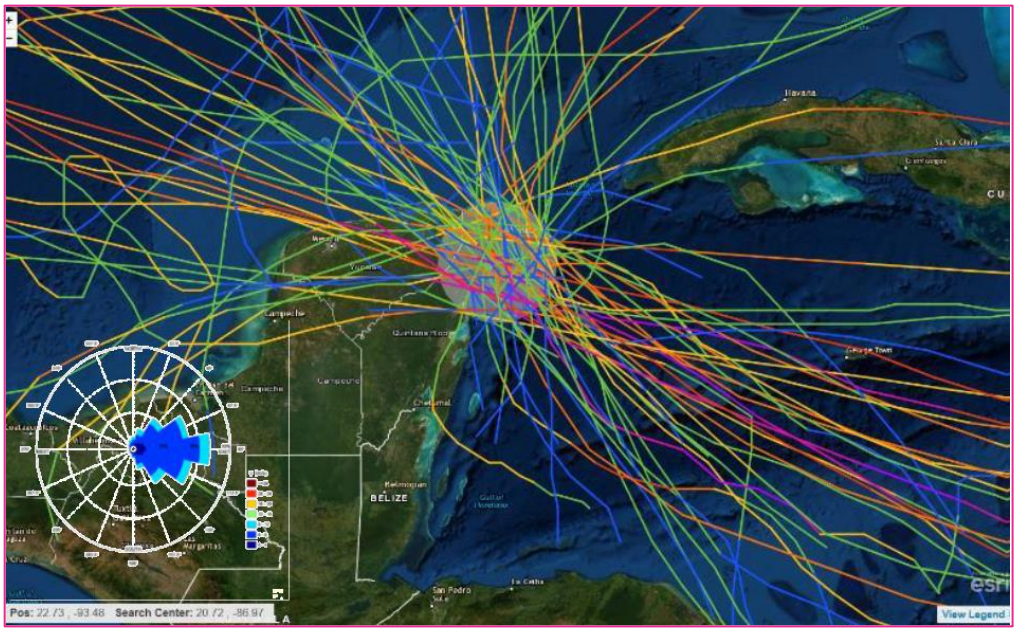


Figura 69 Trayectoria de huracanes ocurridos a menos de 100 km del SAR y grafico de dirección e intensidad del viento (azul claro= 8 a 12 m/s, azul oscuro= 0 a 4 m/s, tono intermedio= 4 a 8 m/s, es evidente que la dirección predominante es el Este

B) Geomorfología

La geomorfología en la parte terrestre del SAR, pertenece y es típica de la provincia geomorfológica denominada Zona Costera, y se caracteriza por una topografía plana con micro relieves con pendientes de 0 a 10% (Fragoso-Servón P., et. Al. 2014).

De este a oeste inicia como un cordón litoral angosto producto de acarreos marinos, separado de tierra firme por la zona de manglar en la cual se tienen lodos calcáreos, arcillas y arenas acumuladas con fracturamientos. Paralelo a la línea costera y en dirección norte sur se encuentra una elevación de entre 2 y 4 metros de altura, que es suficiente para diferenciar las zonas bajas ocupadas por manglares y lagunas intermitentes con la selva mediana.

En el SAR y toda la zona norte de Quintana Roo afloran arenas calcáreas del pleistoceno coronadas por una capa de caliche compacto de espesor variable. Este caliche presenta algunas discontinuidades en superficie como depresiones cársticas y/o fracturas. En las zonas bajas se encuentran lodos calcáreos, arcillas y arenas no consolidadas acumuladas en lagunas someras y se encuentran separadas por un cordón litoral. PNUMA (2008).

Las fracturas con orientaciones NW-SE descargan agua subterránea en costa con manifestaciones de ojos de agua y/o manantiales este relieve y composición de las rocas es crucial en el funcionamiento de la zona, ya que determina el movimiento del agua, que en las

cuencas es pluvial formando lagunas someras e intermitentes, mientras las fracturas ocasionan un sistema subterráneo, formando sistemas kársticos.

En el SAR y especialmente para la zona de influencia del proyecto, esto es importante ya queda forma a las estructuras propuestas, y precisamente al encontrarse estos afloramientos de agua subterránea en la zona litoral, contribuyen a la erosión costera, por el acarreo de materiales.

Al norte en lo que se conoce como “tres ríos” son este tipo de afloramientos del agua subterránea.

C) Suelo

Por definición, el concepto de suelo se ubica en el ambiente terrestre, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso y tiene una connotación relevante en los procesos de vegetación y agricultura, para el caso del proyecto –dada su naturaleza predominantemente marina-, no representa un elemento relevante, sin embargo se puede señalar que en el SAR el suelo es predominantemente de tipo Solonchak en el humedal, Leptosol en la vegetación de selva, y Arenosol en la zona de matorral costero, estos tipos de suelos tienen las siguientes características:

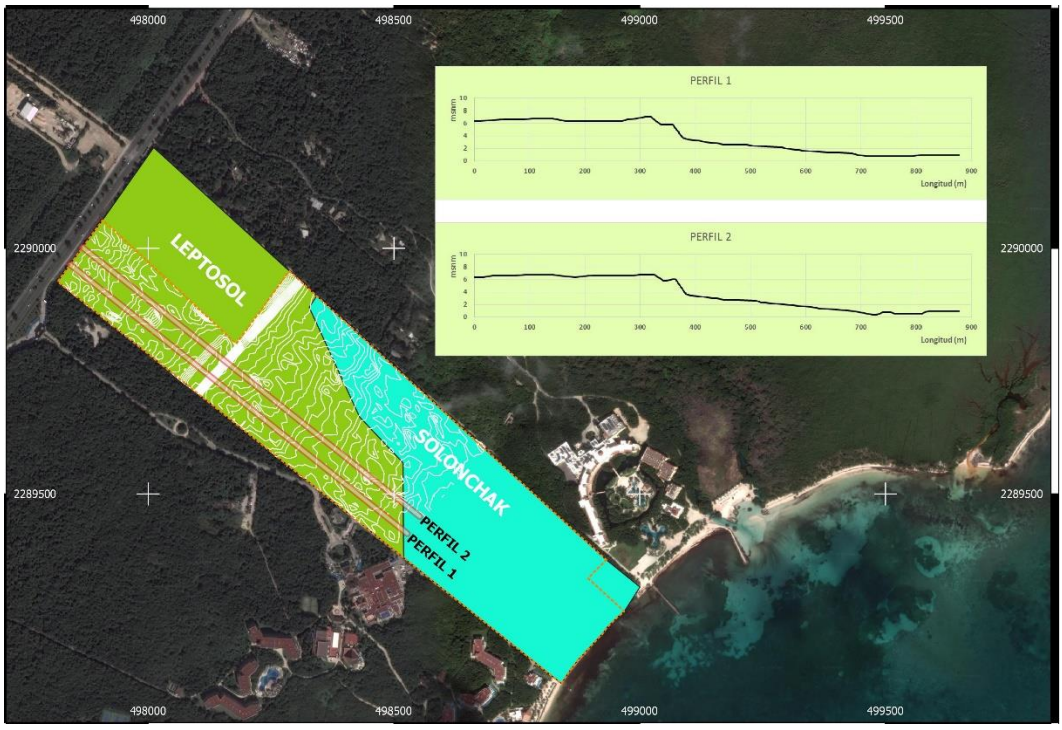


Figura 70. Tipos de suelo en el SAR en la parte terrestre, aunque en el plano no se aprecia el arenosol, este se ubica en la lí1nea de costa.

Leptosol (LP). - Del gr. *leptos*: delgado; connotativo de suelos poco profundos, poco desarrollados. Nombres equivalentes: Litosol y Rendzina (FAO), Tzek'el y Pus-Lu'um (Maya).Estos tipos de suelos son los más extensos en este sistema ambiental. Son suelos originados por la acumulación de materia orgánica y humus sobre la superficie mineral y por la mínima solución y meteorización de las rocas calcáreas subyacentes. Su modo de formación es in situ. Son suelos jóvenes y presentan un color negro a café oscuro con menos de 20 cm de espesor, que yacen sobre rocas calcáreas que afloran frecuentemente. Presentan un pH

ligeramente alcalino y composición humífera. Su drenaje interno y superficial es eficiente. Debido a esta textura, se favorece el almacenamiento de elementos nutritivos en su delgado perfil. Son suelos muy ricos en materia orgánica. En estos suelos se desarrolla fundamentalmente la selva mediana subperennifolia.

Solonchaks (SC). - Del ruso sol, sal y chak; connotativo de área salina. Nombres equivalentes: suelos salinos; Salorthids (USDA). Son suelos coluviales derivados de materiales acarreados que son depositados en los bajos, generalmente a manera de manchones distribuidos entre los litosoles y en las zonas de pantanos en donde hay depositación de materia orgánica logrando una concentración muy rica, se inundan durante los meses de junio a noviembre. Su color representativo es el negro parduzco en los horizontes superficiales, y con una gama de gris agris olivo en los inferiores, estos tipos de suelos presentan un drenaje interno y superficial lento. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en algunos horizontes, o en toda su superficie; son poco susceptibles a la erosión, no presentan carbonatos y tienen un pH ligeramente ácido. Este tipo de suelos se encuentra en la zona costera. En estos suelos se desarrollan los manglares.

Arenosol. - Del latín arena: arena. Literalmente, suelo arenoso. Suelos que se localizan principalmente en zonas tropicales o templadas muy lluviosas del sureste de México. La vegetación que presentan es variable. Se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del65%de arena. Estos suelos tienen una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes este suelo se encuentra en los límites de la barra arenosa con el humedal y permite el crecimiento del matorral costero.

D) Hidrología

En el área comprendida dentro del SART se carece de corrientes de agua superficiales y presenta índices de escurrimiento en la zona costera que van de 0 a 5% o de 10 a 20 % debido a la presencia de arcillas y limo.

Los cuerpos de agua superficiales más representativos en el SART se refieren principalmente a afloramientos de agua subterránea alumbrados por procesos naturales de disolución de la roca caliza por efecto del agua de lluvia que se infiltra al subsuelo y erosiona, química y físicamente, la roca formando grutas y cavernas, algunas de las cuales presentan desplomes en su techo formando los denominados cenotes, y reholladas, así como cavernas-

Los cenotes, lagunas y aguadas son las únicas manifestaciones de agua superficial. Las dos últimas tienen su origen en zonas donde se forman llanuras de inundación, que permanecen temporal o permanentemente inundadas, el origen de los aportes de agua en las cuencas de los manglares es pluvial, o bien como consecuencia del flujo subterráneo a través de la boca o cuello de cavernas que afloran en el suelo. La micro-topografía juega un papel importante en el estancamiento de estos cuerpos de agua.

Por otra parte, la descarga del agua subterránea a través de manantiales costeros(denominados localmente "ojos de agua") en el interior de la cuenca es una contribución importante que hay que tomar en cuenta para efectos del balance anual del agua en estos sistemas los cenotes son parte muy importante en el comportamiento hidrodinámico del acuífero cárstico de la Riviera Maya. Forman parte del sistema que conforma la estructura o aparato que gobierna el flujo del agua subterránea. Entre otras geoformas típicas existentes en la Riviera Maya se tienen: dolinas o depresiones cársticas, fracturas, conductos de

disolución, las cavernas, pasajes subterráneos, caletas, manantiales submarinos u ojos de agua y las cuevas submarinas.

Debe de entenderse por sistema cárstico a todo el conjunto de geoformas en las cuales cada una cumple con una función específica, esto es: los cenotes, las dolinas o depresiones cársticas y las fracturas en el terreno funcionan como medios de infiltración de agua al acuífero; los conductos de disolución, las cavernas y los pasajes subterráneos son las formas de conducción a través de las cuales se mueve y circula el agua subterránea hacia las zonas de descarga; y las caletas, manantiales submarinos u ojos de agua, las cuevas submarinas y toda fractura o fisura dentro del mar o en las partes bajas inundables cercanas a la costa son las formas de emisión o descarga del sistema cárstico.

Este sistema cárstico costero es relevante para el presente proyecto, ya que es la influencia que llega desde la parte continental a la marina, y que obliga para la protección de la línea de costa, el establecimiento de estructuras que encausen y dirijan el torrente de agua que se proyecta podría generarse en eventos de lluvias extraordinaria que inunden la zona baja donde se desarrolla el manglar.

En el predio se realizó el estudio Geohidrológico el cual se presenta en el **Anexo 6,** y que indica que se trata de un acuífero cárstico con un nivel freático entre 0.709m y 7.04 m por debajo del nivel del terreno. El agua subterránea circula en un medio dominado por conductos de disolución (calizas arrecifales) por debajo de los 10 m y en la parte más somera a través de los planos de estratificación de las calcarenitas, se infiere una red de fracturas con orientación preferencial NW-SE cuyo conducto descarga en la costa con manifestaciones de ojos de agua y/o manantiales.

La interface salina del acuífero se ubica entre -7.0 y -10.0 m. bajo el nivel medio del mar en los puntos más cercanos a la costa y entre -12 y -15 m para los puntos más alejados. En general en la porción oeste del predio se encontró una capa de agua salobre somera con espesores entre 4 y 5 m, a mayor profundidad se muestran zonas asociadas a la presencia de agua marina que intrusión sobre áreas continentales. Las altas eficiencias (63 y 45 %), infiere un acuífero cárstico semiconfinado o semilibre. La cuantificación del volumen de agua subterránea que descarga hacia el mar utilizando redes de flujos arrojo un valor de 54 l/s. en 600 m de costa.

En el modelo conceptual de acuífero de la zona a la que pertenece el predio, la recarga de acuífero se localiza a 35 Km al oeste y 25 Km al Noroeste desde las fallas de la Depresión Central y del Levantamiento Central Vallarta respectivamente y pasando a través de la Depresión Costera Sur.

El acuífero principal que descarga a través de la zona estudiada para el geohidrológico, consiste de calizas compactas a masivas a veces arcillosas con excelente permeabilidad producto del fracturamiento y desarrollo cárstico; el cual termina debajo del cordón del Pleistoceno que conforma el acuífero clástico costero formado por una secuencia de depósitos recientes de calizas arrecifales en la parte inferior y arenas calcáreas finas poco compactas, y con algunos horizontes cementados en la parte superior que presentan buena permeabilidad. El perfil geológico en el sitio se muestra en la **Figura 71**.

Se evidencia que no hay conexión superficial con el manglar el cual se desarrolla en la zona baja del predio cuya lente de agua depende totalmente de la temporada de lluvia.

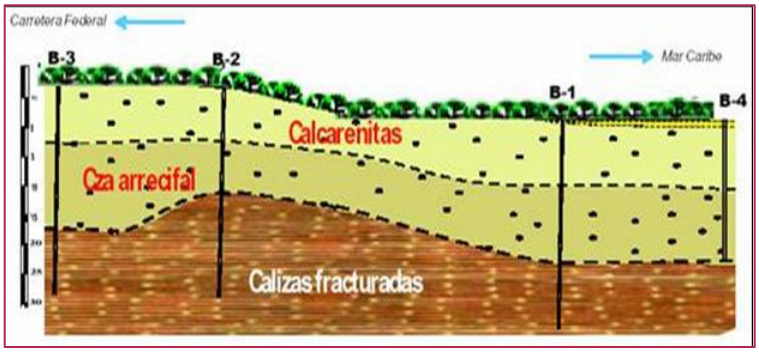


Figura 71. Perfil geológico en el sitio.

IV.3.2 MEDIO ABIÓTICO MARINO.

El medio Abiótico marino en el SAR fue caracterizado a detalle, debido a la naturaleza del proyecto que se propone, se encuentra en este sistema y que se espera impacte positivamente la zona mesolitoral, acrecentándola. Mediante los estudios realizados se encontró que el SAR, tiene las siguientes características abióticas

A) Perfil costero, levantamientos de secciones de playa de costa.

La costa entre Cancún y Tulum ha sido caracterizada como ensenadas de playas arenosas, puntas rocosas y ocasionalmente caletas con agua dulce y salobre.

En esta zona el acuífero subterráneo es muy activo y disuelve intensamente el subsuelo por lo que son abundantes los cenotes. Los ríos subterráneos que llegan al mar, al disolver la roca caliza forman cavernas, que al colapsarse dan origen a las caletas. Las caletas se erosionan y acumulan arena dando lugar a las típicas playas en forma de medialuna.

La forma natural de las playas y dunas difiere a lo largo de la costa en función del ambiente terrestre adyacente y de la presencia o ausencia del rompiente o laguna arrecifales, la costa en el SAR se delimitó tomando en cuenta este sistema de puntas y ensenadas. En este caso las puntas se encuentran conformadas por barras arenosas, resultado de la protección que les brinda al norte el arrecife de coral, que se encuentra frente a Punta Maroma, en donde se observa la franja más ancha de la barra arenosa, evidenciada por el matorral costero.

Al centro del SAR en donde se encuentra la mesocelda incluyendo la microcelda, es posible observar que la cresta arrecifal se interrumpe, generando un espacio en el que la energía del mar al no tener barreras llega hasta la línea de costa y genera una bahía por erosión.



Figura 72. Se observan las zonas con rompientes de arrecifes de coral señaladas con las flechas amarillas, en la imagen inferior con el Relieve Submarino de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche - Xcalak. 2018[7].

[7] Cerdeira-Estrada, S., L.O. Rosique-De La Cruz, P. Blanchon, A. Uribe-Martínez, R. Martell-Dubois, M.I. Martínez-Clorio, M.I. Cruz-López, R. Ressl, (28/06/2018). 'Relieve Submarino de los Ecosistemas Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche - Xcalak. 2018', escala: 1:8000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Universidad Nacional Autónoma de México. México.

En la Zona Sur del SAR se observa una rompiente, de menores dimensiones que en el norte, sin embargo.

Se realizó un diagnóstico detallado de la playa que abarcó la zona supralitoral, la mesolitoral y la infralitoral, mediante el cual se obtuvo la microtopografía del terreno, hasta la zona donde se colocaran los rompeolas. Se presentan en el **Anexo 9** en el **plano xx**.

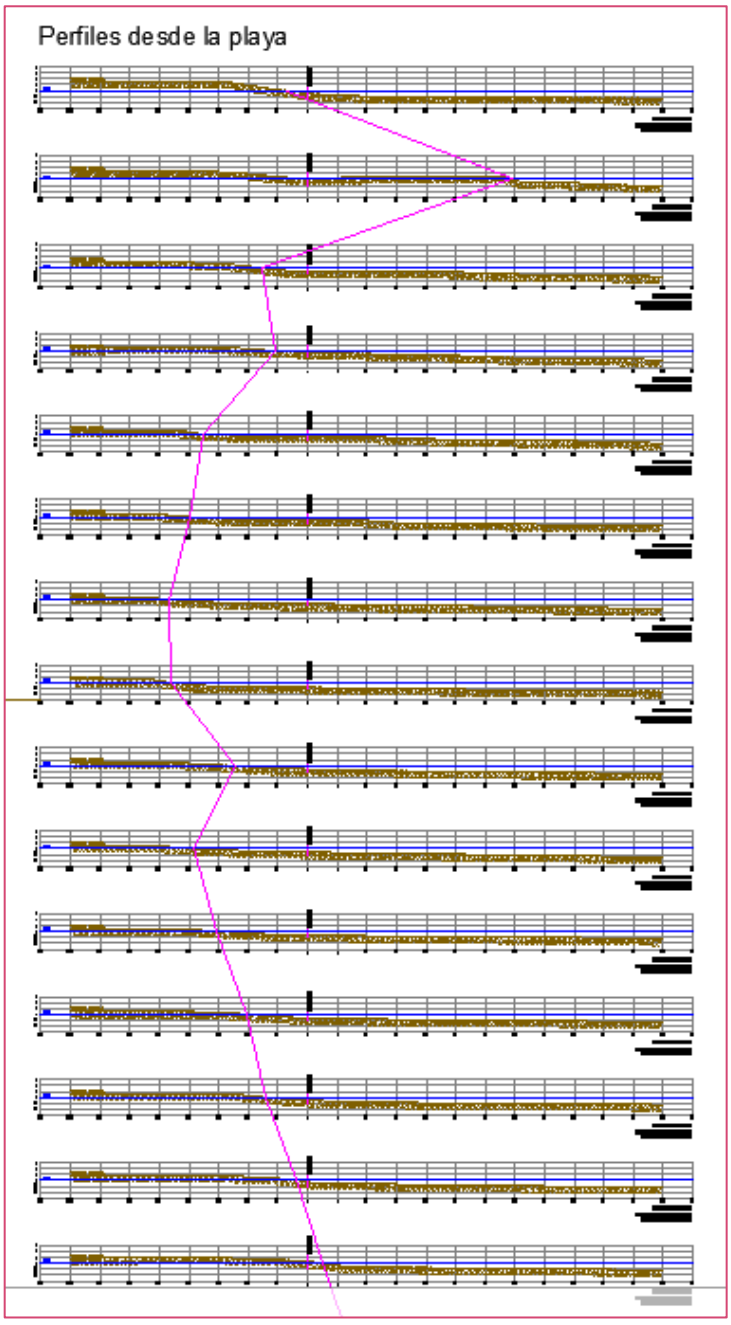


Figura 73. Perfiles de playa actual, ordenadas de norte a sur por lo que la línea rosa genera la forma aproximada de la línea de costa actual.

Para los sedimentos en la playa se realizaron pruebas de densidad aparente y velocidad de infiltración en los sedimentos. En donde se encontró una gran cantidad de materia orgánica en la zona meso e infra litoral, identificada por tener poca densidad y escasa velocidad de infiltración.



Figura 74 Materia orgánica en el litoral de la zona de influencia del proyecto.

Caracterización del estado de conservación de la playa y duna costera

La playa del predio Bahía del Carmen está en exceso reducida, la zona de dunas ha perdido extensión significativamente, la zona de manglar ha sido reducida históricamente ante el avance del mar, lo cual es evidenciado por los manchones de manglar, que han quedado expuestos a las olas de mar, por lo que este sitio se caracteriza como una playa con erosión fuerte que no genera escarpes pronunciados, esto se evidencia en el análisis de línea de playa que se ilustra en **Figura 2** y **Figura 3**.

B) Levantamiento batimétrico.

Para realizar el levantamiento batimétrico, nos auxiliamos 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 (ver siguiente Figura).

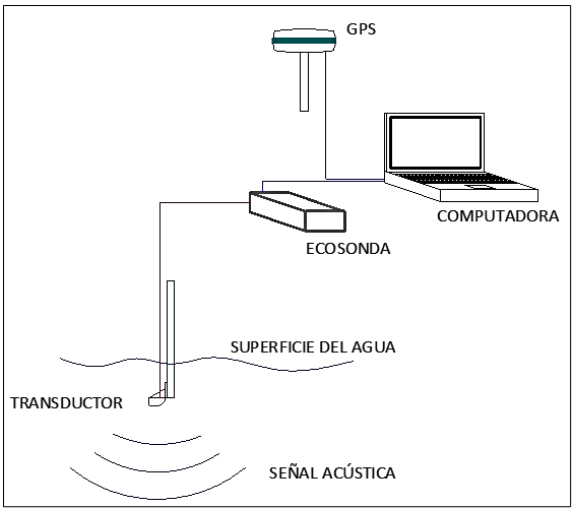


Figura 75. Diagrama de conexiones del equipo para el levantamiento batimétrico.

Todo el equipo se monta en una embarcación de bajo calado 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 fue:

Tabla 17. 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. Más detalles del equipo usado puede verse en el **Anexo 1.**

Datos iniciales.

Se carga las cartas marinas disponibles y fotografías satelitales calibradas del sitio, las cuales nos ayudan a ver detalles que puedan ser importantes para la modelación y estos se verifican durante el levantamiento en sitio. Posteriormente se trazan líneas perpendiculares a la costa de acuerdo al plan de trabajo y al detalle requerido. Se identifican las zonas de arrecifes someros para evitarlas durante el levantamiento batimétrico.

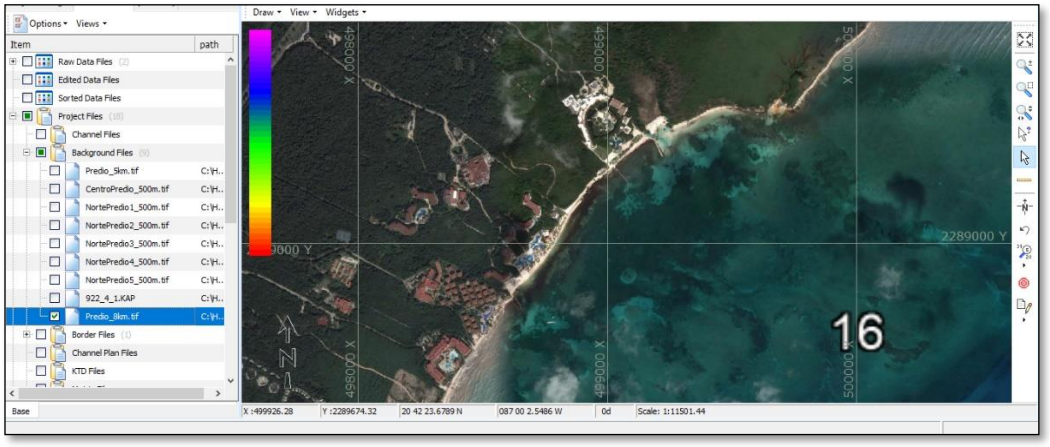


Figura 76. Imágenes satelitales calibradas.

Información geodésica.

Se introdujeron los datos del geoide para la zona en estudio en el programa. El **Elipsoide** (Datum) y **Proyección** utilizados son los siguientes:

Tabla 18. Características geodésicas.

Datos del Geoide	
Zona	16 (90W-84W)
Elipsoide	WGS-84
Proyección	Mercator Transversal (UTM)

Mareas.

El comportamiento de la marea es muy importante para el levantamiento, la edición de los datos obtenidos y el procesamiento final de la información de profundidades ya que los datos finales serán referidos a **Nivel Medio del Mar.** Las mareas de cada día de levantamiento se deben tener para realizar la edición de los datos obtenidos en cada sesión de levantamiento; para esto se descargaron las tablas de marea, del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada).

Para adicionar precisión a los datos de marea; durante el levantamiento se sumergió un equipo especializado que contiene la capacidad de determinar las mareas más sujetas a la realidad, dicho elemento se conoce como RBR.

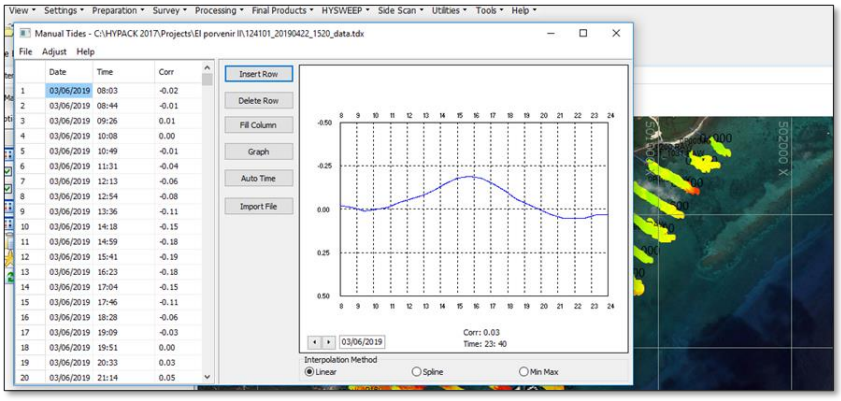


Figura 77. Datos obtenidos con medidor de presión RBR

Líneas auxiliares.

Se realiza el plan de levantamiento con base en los rasgos de interés sobre la imagen satelital, en donde para el levantamiento general se trazaron líneas perpendiculares a la línea de costa con una extensión de 1,500 m en promedio, con una separación entre ellas de 200 m, con lo que se pretende abarcar 6,000 m de frente de costa. Para hacer un levantamiento más detallado de la zona de playa frente a las instalaciones del desarrollo, se trazan líneas perpendiculares con una longitud de 500 m desde la playa y 20 m de separación entre ellas a lo largo de 700 m.

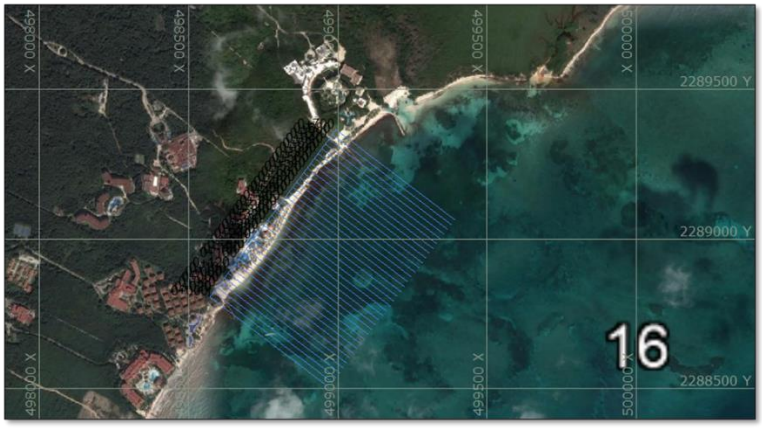


Figura 78. Líneas auxiliares del levantamiento batimétrico.

Levantamiento batimétrico.

Se realiza el plan de levantamiento con base en los rasgos de interés sobre la imagen satelital,

Una vez cargada la información básica en el programa de hidrografía se monta el equipo en la lancha. Utilizando una cinta métrica y con un peso muerto se verifica que la profundidad leída sea la real (procedimiento conocido como “bar check”). A continuación, se inician los recorridos siguiendo las líneas planeadas.

Se realizaron dos tipos de levantamientos:

1. Transectos cada 20 m.
2. Transectos cada 200 m.

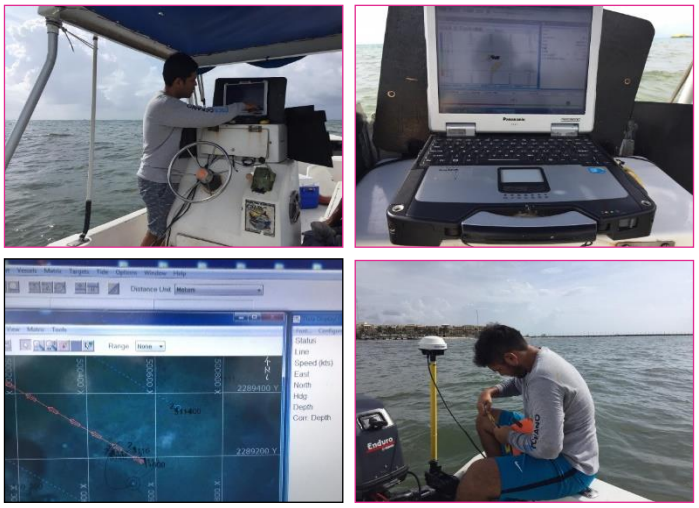


Figura 79. Laptop de uso rudo frente al volante de embarcación (sup. Izq.), Survey para levantamiento cargado (Sup. Der.), Líneas para batimetría general en sitio (Inf. Izq.), Conexión de GPS y Transductor en sitio (Inf. Der.).

El levantamiento se realizó en una embarcación con las características ideales para aproximarse lo más posible a la orilla y tener datos que puedan ser ligados con el levantamiento topográfico en la costa. Es importante seleccionar un día con oleaje bajo para que poder navegar de forma segura



Figura 80. Condiciones climatológicas el día del levantamiento.

Edición general de batimetría.

Después del trabajo en campo se realiza una extensa revisión de los datos y se realizó el proceso que se describe a continuación.

Carga de mareas.

Dentro del programa de hidrografía se crea un archivo de mareas con la fecha del levantamiento, las mareas se obtienen de los datos corregidos al nivel de marea media con los datos del predictor de mareas del Departamento de Oceanografía Física del CICESE y con apoyo del RBR se reafirman las mareas que se hayan considerado para el día de levantamiento.

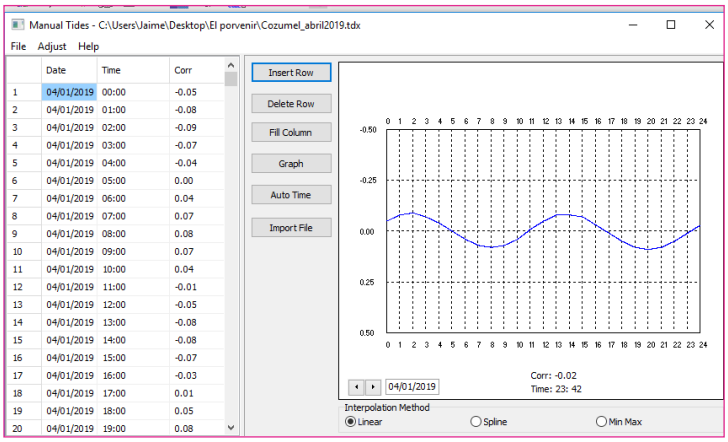


Figura 81. Tabla de mareas obtenida de los datos medidos por el medidor de presión RBR y comparados con las predicciones del CICESE.

El programa compensará la diferencia por mareas y referirá todas las mediciones a nivel de **Marea Media.**

Editor de lecturas individuales.

Al desplegar la información recolectada en campo con la corrección de mareas se pueden visualizar gráfica y numéricamente las profundidades reportadas por la ecosonda, así como el recorrido de la embarcación en un pequeño plano. La gráfica muestra las planicies, bordes y depresiones en el fondo.

También se observa si la gráfica oscila hacia arriba y hacia abajo en un día de alta marejada lo cual se puede corregir en el editor de señales individuales (Single Beam Editor).

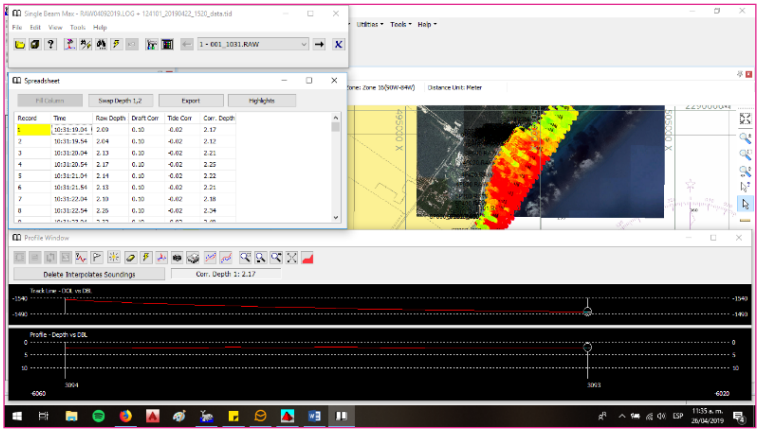


Figura 82. En el editor de lecturas individuales se puede ver la coordenada de cada lectura, los recorridos de la embarcación en planta y en perfil del fondo marino.

Obtención de un sort.

Teniendo el archivo editado de un área se puede obtener el Sort de esta zona, es decir, una depuración de datos. El proceso para obtener el Sort consiste en indicar un radio de análisis al programa, el programa realiza un promedio de las lecturas y le asigna este valor al punto establecido para trazar el radio deseado. El valor del radio se asigna de acuerdo a las condiciones en que se hizo el levantamiento, el tamaño del área de estudio y la experiencia en

el manejo del programa. En las imágenes siguientes se puede apreciar el Sort final del área de estudio.

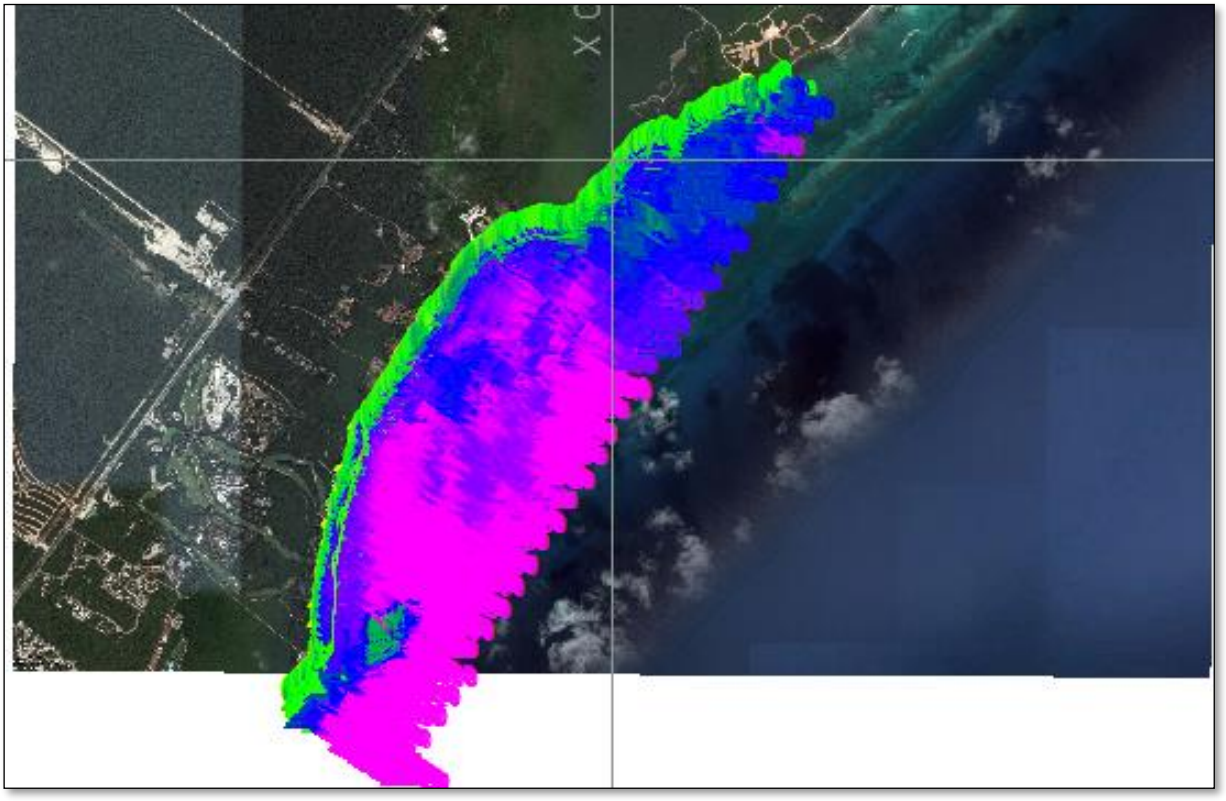


Figura 83. Archivo sort (depurado) sobre la imagen satelital.

Obtención de un modelo 3D.

El archivo Sort se empleará para obtener productos finales como modelos en tercera dimensión, contornos o isobatas con líneas batimétricas que se pueden procesar rápidamente con la computadora y que pueden ser exportados a programas CAD o analizados en la pantalla, con ayuda del zoom y la rotación del modelo.

Es importante hacer la observación de que el programa utiliza los datos del archivo Sort y hace una triangulación donde interpola los datos existentes para obtener las profundidades en los sitios que no fueron cubiertos durante el levantamiento, y así genera una red en tres dimensiones con base en un archivo de tipo XYZ el cual puede proyectarse en 2 o 3 dimensiones.

La imagen en 3D ayuda a verificar la veracidad de los datos obtenidos y detectar formaciones o desniveles importantes; el código de colores ayuda a detectar fácilmente zonas profundas y someras.

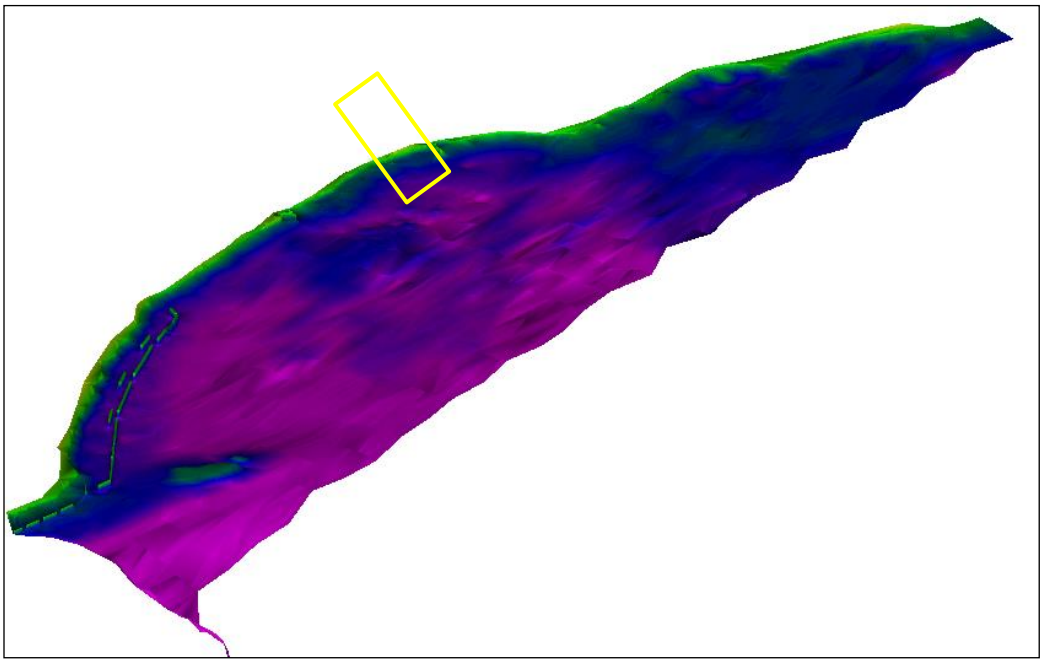


Figura 84. Imagen que muestra la topobatimetría completa de la mesocelda, y la ubicación del área del proyecto.

La imagen en 3D ayuda a verificar la veracidad de los datos obtenidos y detectar formaciones o desniveles importantes; el código de colores ayuda a detectar fácilmente zonas profundas y someras.

Obtención de contornos o isobatas.

Usando el archivo Sort se obtiene un archivo de contornos o isobatas, las cuales son curvas batimétricas que tienen la misma profundidad a todo lo largo y son ampliamente usadas en cartas marinas para navegación, son muy útiles para localizar áreas de desplante y calcular volúmenes de relleno en caso de recuperación de playas o construcciones marinas.

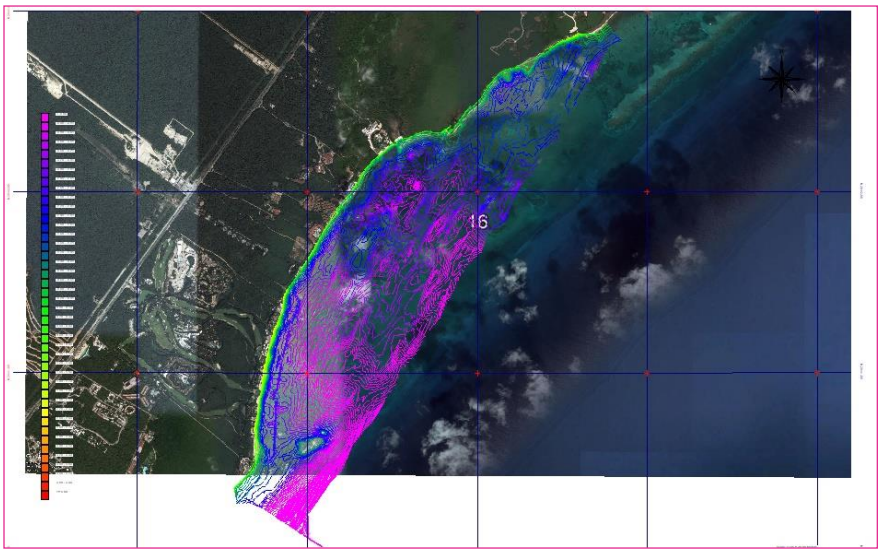


Figura 85. Plano con isobatas en la mesocelda del proyecto.

C) Topografía.

Con el uso de un banco de nivel se configura un 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 de +/- 12 mm en horizontal y de 25 mm en vertical.

Banco de nivel.

Para referenciar el levantamiento topográfico se colocó un Banco de Nivel denominado **T-1**, el procedimiento consiste en colocar una antena de GPS de alta precisión en un tripié estático por al menos 3 horas para hacer una recolección de datos, después descargar el archivo generado por la antena, este archivo se procesa para ligarlo a la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA) de INEGI. La elevación se obtiene con mediciones directas de la superficie del mar a marea alta y baja de ese día.



Figura 86. Mojonera localizada cerca del acceso al predio.

El post-proceso se realizó con el software Magnet tools, se utilizó el Datum WGS 84 y el geoide EGM 96. (Se entregará el reporte de post-proceso)

Tabla 19. Coordenada base y coordenada de control.

Nombre del Banco	Coordenada X (UTM)	Coordenada Y (UTM)	Elevación NMM (m)
T-1	498836.81	2289148.29	1.18

Topografía de playa.

Para obtener la topografía de la playa se realizó un levantamiento con líneas a cada 200 m de separación entre ellas desde la orilla de la costa hasta la vegetación, así como secciones a cada 20 m en frente del predio para la obtención de la topografía detallada que se solicitó, esto para qué tener una precisión aceptable. Para la topografía de la playa se utilizaron los mismos transectos preparados para la batimetría ya que estos datos posteriormente se unirán para así obtener un plano completo del sitio. El primer levantamiento se realizó el mes de abril del 2019 y se realizó otro levantamiento en marzo del 2023, a continuación, se muestra la diferencia de líneas de costa de 2019 a 2023, en la cual se nota un retroceso de línea de costa del año 2019 al año 2023, este retroceso es de 6 m en sólo 4 años.



Figura 87. Imagen comparando las líneas de costa de 2019 y 2023.

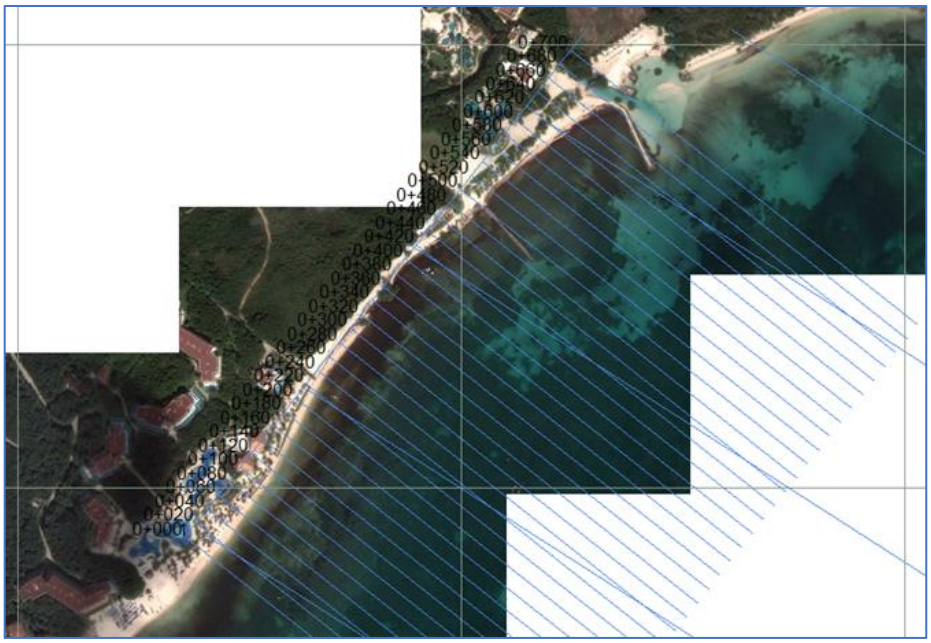


Figura 88. Líneas del levantamiento a detalle en la microcelda.

D) Levantamiento de fotogrametría con dron 2019.

Se utilizó un Drone phantom 3 professional flying camera, el cual permite tomar fotografías con un ángulo perpendicular al terreno a una altura de 100 m. El drone cuenta con un GPS propio el cual lo hace muy conveniente para la realización de la ortofoto, y una cámara de 12 megapíxeles el cual deja como resultado imágenes muy nítidas que ayudan a detectar los arrecifes y áreas de posible conflicto durante el levantamiento del proyecto. Con las imágenes, se inicia el trabajo de procesamiento de datos. Para este trabajo se usa la herramienta de Pix4D que es un programa que nos ayudará a calibrar la orto foto, cabe mencionar que al momento de pasar las fotos estas deben de tener coordenadas en longitud y latitud así como la elevación. La finalidad es que el mismo programa tenga en cuenta en qué lugar se tomaron las imágenes.

El primer paso que realiza es crear una nube de puntos del terreno, el programa toma de distintas fotografías un mismo patrón o un mismo punto e interpola, esto hace con todos los puntos que encuentre en todas las fotografías, después empieza con la realización de la orto foto que ya es la combinación de esta nube de puntos para crear una imagen georreferenciada.



Figura 89. Fotogrametría del área de estudio 2019.

E) Levantamiento de fotogrametría con dron 2023.

Adicionalmente se realizó un levantamiento fotogramétrico de actualización a marzo del 2023 con un Dron DJO Air 2s para obtener una orto-foto que ayude a visualizar los cambios que ha tenido la costa durante el tiempo. El dispositivo permite tomar fotografías aéreas con un ángulo

perpendicular al terreno a una altura de 100 m continuamente, el dispositivo cuenta con un GPS propio que optimiza los trabajos, además de una cámara de 20 megapixeles, sensor 1” CMSOS con un tamaño de pixel de 2.4 µm. Dentro del software del dron se programa la misión en donde el dispositivo sigue las líneas planeadas para el levantamiento del área de estudio.

Una vez obtenidas todas las imágenes se procede con el post proceso de los datos, para este trabajo se utiliza la herramienta Pix4D, que es un programa que mediante procesamiento de imagen calibra cada una de las imágenes generando un mosaico, con sus coordenadas de Latitud, Longitud y Elevación. El objetivo de contar con su información de localizacion es que el programa cuente con los datos suficientes para georeferenciar la fotogrametría.

El primer paso que realiza consiste en crear una nube de puntos del terreno, el programa toma distintas fotografías de un mismo patron o un mismo punto y las interpola, el proceso se realiza fotografía por fotografía con todos los puntos que localice. Después comienza a realizar un mosaico (Orto-Foto) que ya es la combinación de la nube de puntos para crear la imagen georeferenciada.

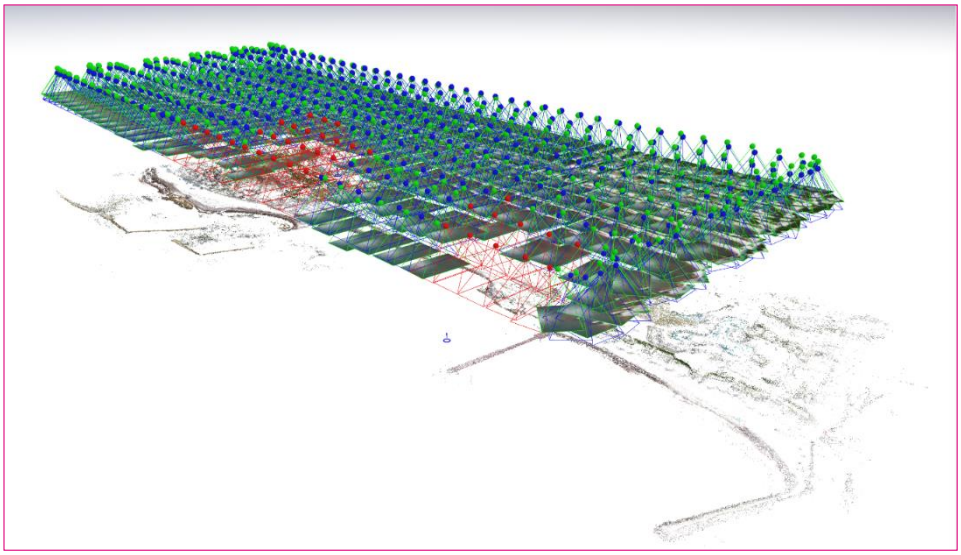


Figura 90. Procesamiento de Fotogrametría de la zona de estudio Marzo del 2023.

Una vez finalizado el procesamiento, se obtiene una imagen en diferentes formatos que se puede utilizar en programas de posicionamiento, hidrografía o tipo CAD, donde claramente se pueden visualizar los rasgos del terreno mejor que en imágenes satelitales de uso libre y con una precisión real para todo tipo de proyectos por la calibración con puntos de control topográficos.



Figura 91. Procesamiento de fotogrametría con puntos de control topográficos.



Figura 92. Fotogrametría de la zona de estudio para Marzo 2023.

En la siguiente Figura se puede visualizar como el retroceso de costa ha continuado desde 2019, se presenta un comparativo de líneas de costa del 2006 al 2023.

Es importante observar que en el año 2019 no había estructuras en el lado sur de la Playa Bahía del Carmen y en 2023 ya hay unas estructuras en el predio vecino, las cuales visiblemente han afectado la Playa Bahía del Carmen, ya que han bloqueado el transporte de arena, el transporte de arena en esta costa se mueve principalmente de Sur a Norte.

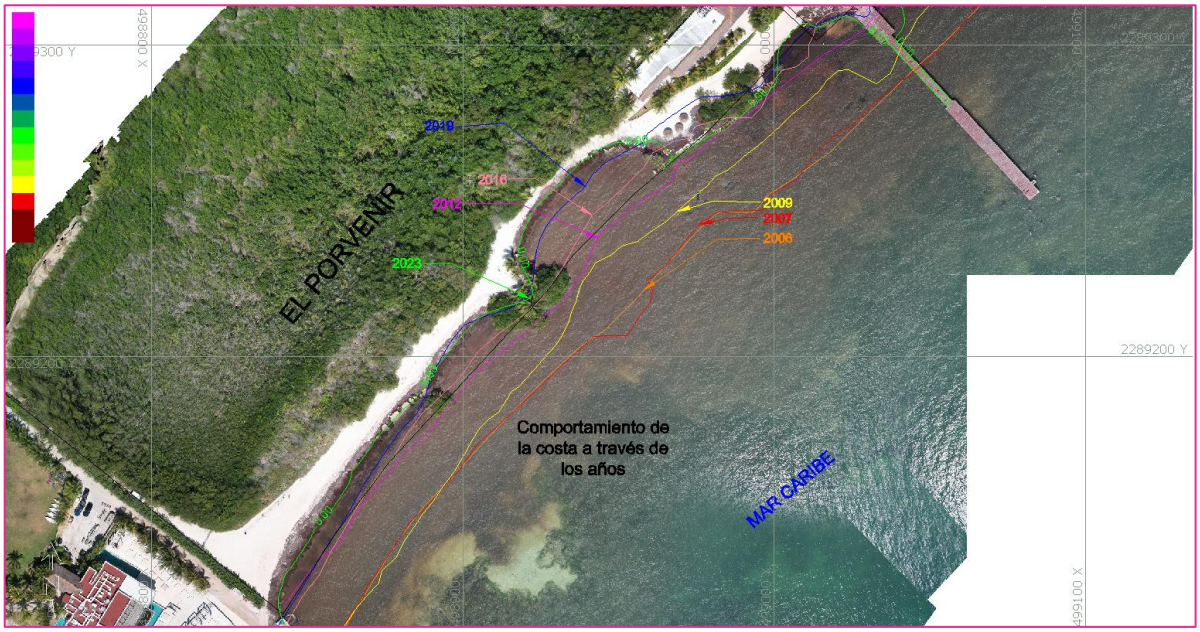


Figura 93. Comparativo de líneas de costa del 2006 al 2023 y fotogrametría actualizada en marzo del 2023.

F) Caracterización de corrientes con ADCP.

El ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) es capaz de medir oleaje y corrientes en toda la columna de agua. Esto lo logra mediante la emisión de señales acústicas que rebotan en las partículas que están suspendidas en la columna de agua. El sistema es capaz de reconocer el tiempo de rebote del tiempo de emisión de la señal, a partir de esto se puede calcular la velocidad de la corriente. Por otro lado el oleaje se mide correlacionando la señal de presión y las velocidades medidas, es decir, puede discriminar que velocidades pueden ser asociadas a las oscilaciones del oleaje y de que dirección proviene del tren de oleaje.

ADCP estático.

Es conocido que la costa este de la Península de Yucatán ha tenido eventos de erosión costera en las últimas dos décadas. Para poder entender la dinámica de sedimento es fundamental estudiar la interacción con las corrientes marinas y el oleaje. Para esto se introdujo un Correntómetro Doppler (ADCP) en el fondo marino. El aparato fue colocado el 7 de mayo del 2019 en la zona marina frente de la Playa Bahía del Carmen en las coordenadas UTM (X=500435, Y=2288057) a una profundidad de 14.5 m durante un ciclo lunar. Este tiempo garantiza tener un ciclo completo de mareas en donde se tienen mareas vivas y muertas. Este tipo de mediciones provee una serie temporal de las condiciones hidrodinámicas en un punto de interés.

La figura siguiente muestra la elevación del nivel del mar y la corriente medida durante 30 días, en donde los colores del gráfico central indican corrientes máximas de 0.5 m/s y colores azules corrientes nulas. Por otro lado, los colores azules del gráfico inferior indican corrientes que van hacia el noreste (NE), de forma dominante, lo cual es totalmente consistente con la corriente del canal de Yucatán, y colores verdes indican corrientes que van hacia el sureste (SW), pero

esto sólo ocurre en pequeñísimos lapsos de tiempo que aparecen 3 veces durante el período de medición.

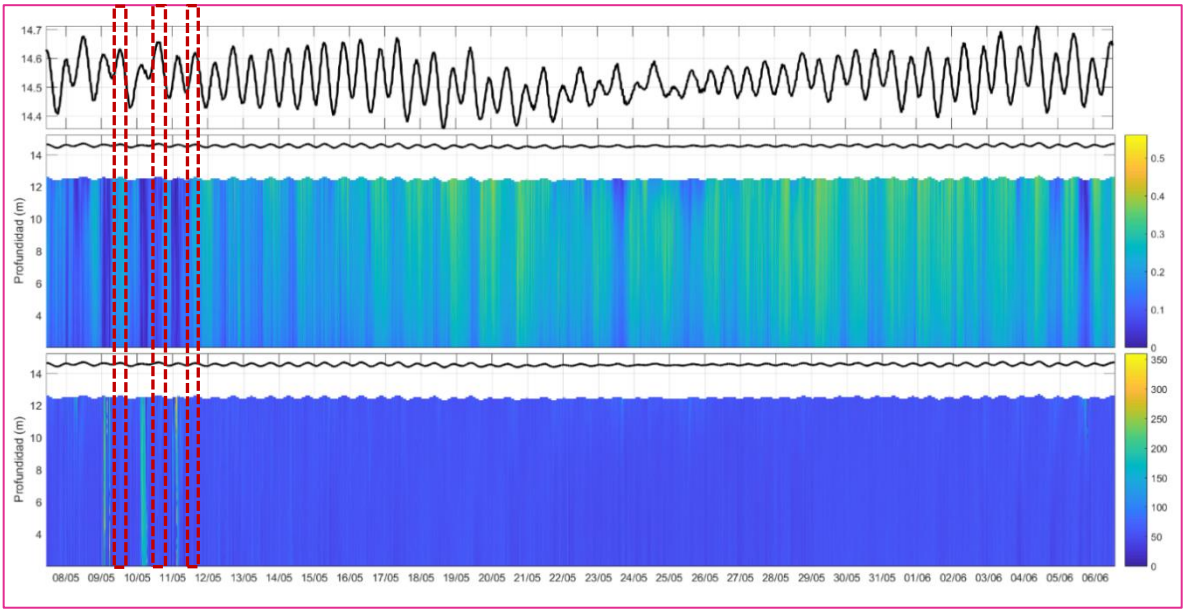


Figura 94. Serie temporal del nivel del mar (superior) y magnitud (central) y dirección (inferior) de la corriente.

Así también, se presenta una rosa de corrientes que establece las direcciones preferenciales de hacia dónde se dirige la corriente y el porcentaje de intensidades para cada dirección (figura post siguiente).

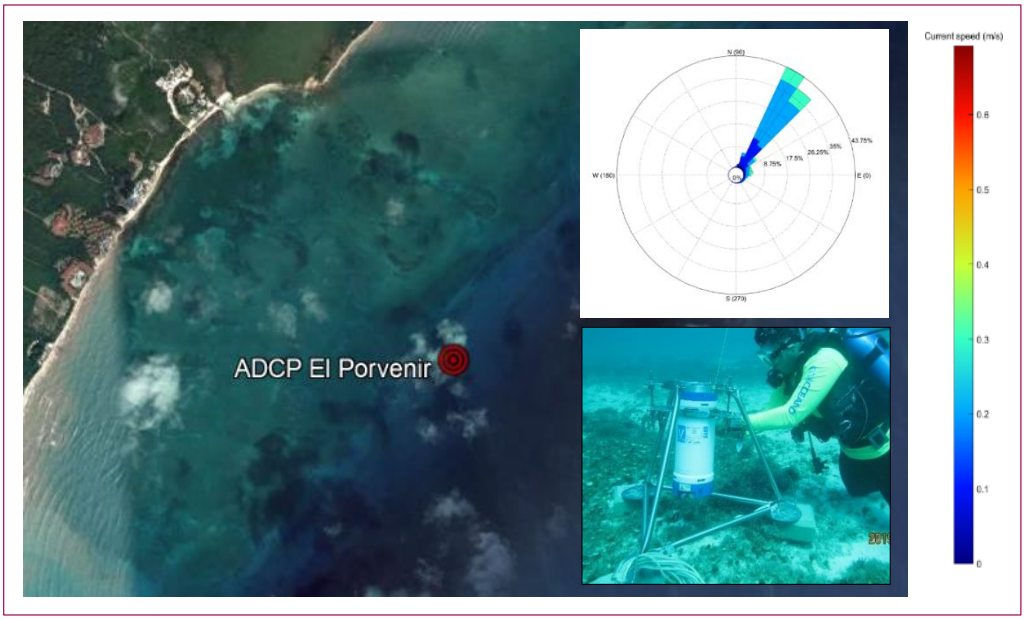


Figura 95. Ubicación del ADCP. Rosa de corrientes medidas (superior derecha) e instalación del Doppler estático en el fondo marino frente de la Playa Bahía del Carmen.

ADCP dinámico.

Además de la ventana temporal que provee la instalación de un ADCP estático, se puede tener conocimiento de cómo varían las corrientes de la zona cercana a la costa hacia afuera. Para esto se monta un ADCP en la embarcación con los sensores hacia abajo y se miden las corrientes de forma dinámica navegando despacio costa afuera (figura siguiente).



Figura 96. Montaje de equipo para medición de corrientes en modo dinámico. Doppler (superior izquierda), gps (superior derecha) y computadora de uso rudo (inferior).

Este tipo de medición provee una “fotografía” de un momento determinado y proporciona una mejor idea de cómo se comporta el sitio. A continuación, se presentan los resultados de las mediciones realizadas el 20 de junio del 2019. El levantamiento se hizo en condiciones de tiempo óptimas.

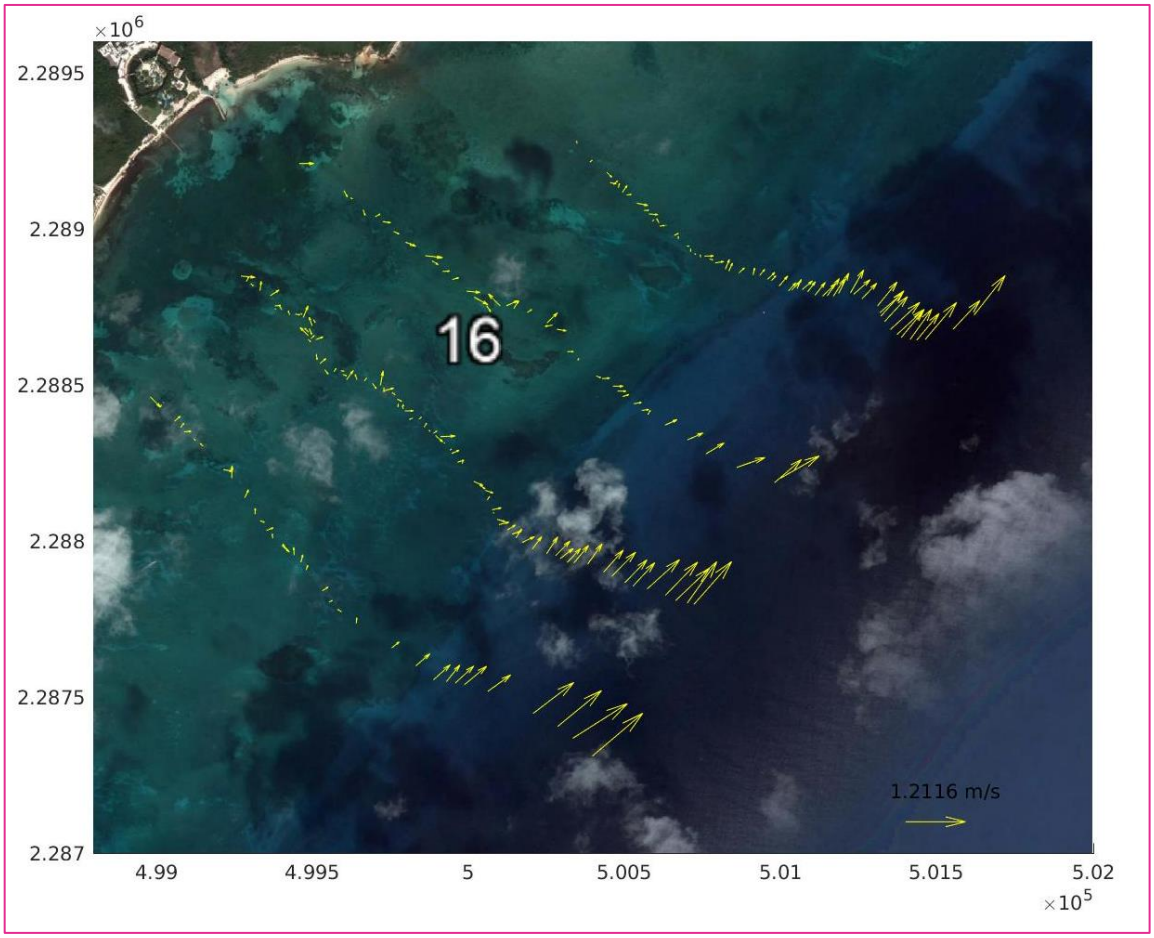


Figura 97. Resultados de la medición de corrientes en modo dinámico. Doppler.

A estas mediciones se les hizo una estadística básica de rosa de corrientes por cada transecto. Estos gráficos representan mejor el comportamiento de la magnitud y dirección de la corriente promediada en la columna de agua sobre los primeros 1.5 km de costa, siendo el primer transecto el que se encuentra más al norte y en último, el transecto más al sur (figura siguiente). Los resultados mostraron que las corrientes van en dirección noreste, especialmente las más fuertes y cercanas al talud continental. Esto es consistente con la circulación de la región debido a la corriente del canal de Yucatán la cual gobierna mucho de los procesos hidrodinámicos en la zona. Sin embargo, hay velocidades dentro de la laguna que no coinciden con la corriente principal, esto puede ser debido a recirculaciones en las partes someras o por efectos de fricción del fondo.

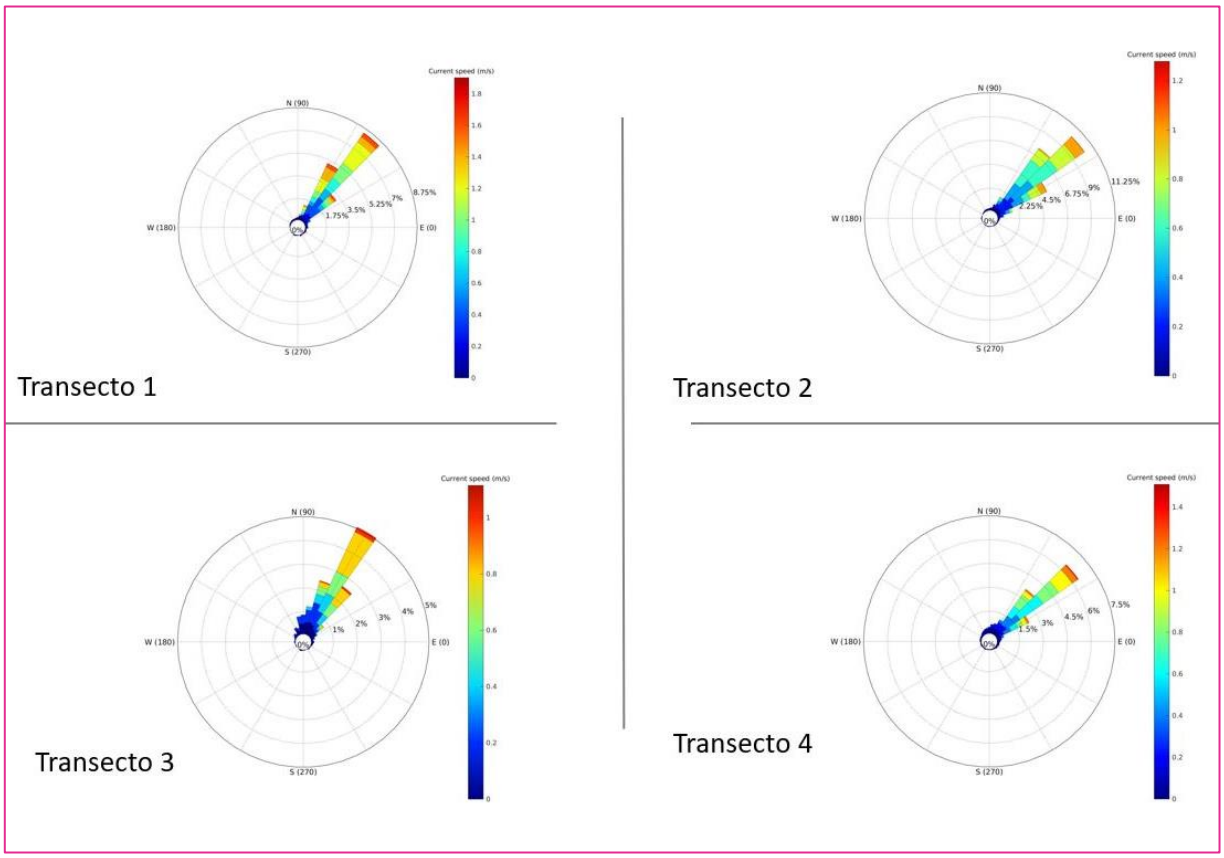


Figura 98. Rosa de oleaje por transecto medido en la Playa Bahía del Carmen.

G) Caracterización de oleaje.

El oleaje es uno de los forzantes que más incide en la dinámica de sedimentos en la costa, medir con precisión para posteriormente poder validar modelos de predicción es fundamental para un buen resultado.

Las mediciones obtenidas con el Doppler estático coinciden con los periodos típicos del Caribe Mexicano, (6s > T > 10s). Las alturas de ola tuvieron un promedio de 0.6 m con un evento de oleaje intenso de 1.2 m. La dirección del oleaje fue principalmente del este-sureste y en algunos eventos esporádicos del noreste.

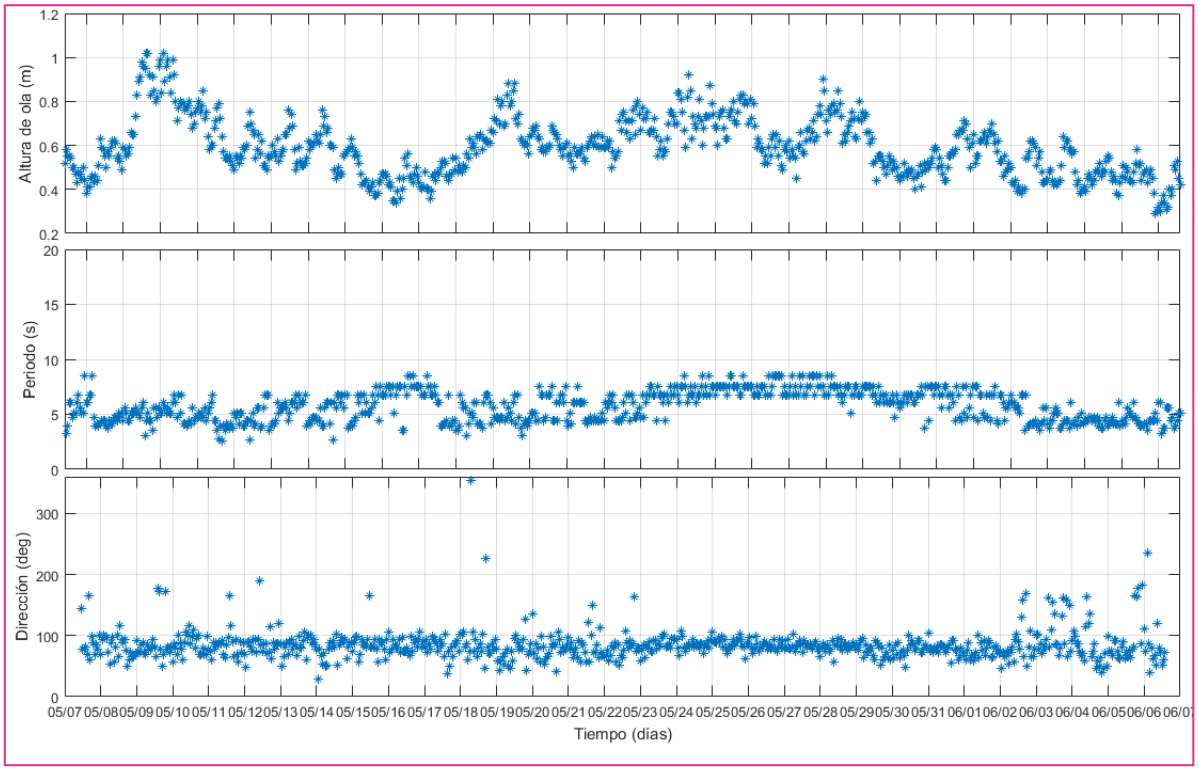


Figura 99. Altura (arriba), periodo (centro) y dirección (abajo) del oleaje en la zona.

Nota: la profundidad de colocación del equipo ADCP fue de 14.5 m.

H) Caracterización de sedimento de playa.

Para obtener las características físicas del sedimento de la Playa Bahía del Carmen se obtuvieron 2 núcleos en 2 zonas de la playa (zona seca y zona húmeda).





Figura 100. Recolección de muestras de arena en la Playa Bahía del Carmen. Playa húmeda imagen izquierda y playa seca a la derecha.

Posteriormente las muestras fueron "lavadas" con el fin de retirar materia orgánica y calcular el tamaño promedio del sedimento en el litoral costero de la Playa Bahía del Carmen. Para ver más detalles de las características del sedimento ver **ANEXO 4.**

Tabla 20. Coordenadas de las muestras de sedimento en la Playa Bahía del Carmen.

Muestra	Coordenada X	Coordenada Y
Playa Húmeda	498851.00	2289118.00
Playa Seca	498838.00	2289128.00

Tabla 21. Resumen de las muestras granulométricas del sedimento de la playa seca y húmeda en la Playa Bahía del Carmen.

Muestra	D_{50} (mm)	Cu (mm)	Cc (mm)	SUCS (SP)	Detalle de Resultados
Playa Húmeda	0.28	0.27	3.6	ARENA MAL GRADUADA	Página 42
Playa Seca	0.24	0.36	0.89		Página 43

Los resultados mostraron una arena clasificada de tamaño medio (D_{50}=0.26 mm) y de origen calcáreo.

l) Exploración de bancos de arena.

Con el fin de conocer la cantidad de arena disponible a explotar, se realizó una medición del grosor de la capa de sedimento haciendo uso de dos métodos de exploración: sonda neumática y perfilador de estratos (sub bottom profiler, por sus siglas en inglés). La exploración se realizó en un banco de arena que se encuentra a aproximadamente 10 km del predio, frente a playa mamitas.

i. Buceos de exploración en bancos de arena (Banco Mamitas #4).

Inicialmente se trazaron líneas a fin de tener transectos que seguir para navegar y medir a lo largo de ellas. Se realizaron buceos con equipo autónomo de buceo y se midieron grosores de arena para calibrar el perfilador de estratos, en dichas mediciones se utilizó un tubo de cobre de 2 m de largo conectado al sistema de inflado automático del regulador de buceo para poder inyectar aire y poder hincar el tubo hasta encontrar la roca, el tubo de cobre fue marcado cada 10 am para poder medir los grosores de arena.



Figura 101. Exploración con sonda neumática.

ii. Medición de estratos arenosos (sub bottom profiler).

EL perfilador de estratos es una ecosonda que usa ondas de baja frecuencia que penetran fondos suaves tales como arena o lodo, rebota en la laja y regresa, y así arroja una gráfica en la que se puede ver el perfil del estrato y medir la parte suave que en este caso es arena. El perfilador se maneja por medio de un software el cual está conectado a un GPS, de manera que se conoce y se graba la posición de cada perfil.

Las líneas planeadas trazadas se siguen durante la navegación para tener una guía y grabar todo lo que se mida sobre estas.

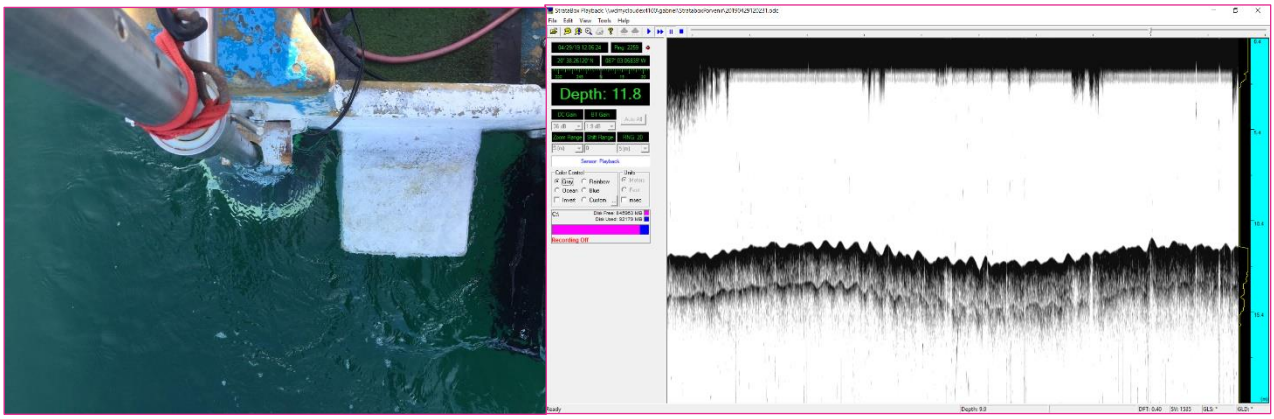


Figura 102. Imagen del perfilador de estratos montado en la embarcación (izquierda) y perfil de estratos (derecha).

A continuación, se muestran los transectos trazados y navegados.

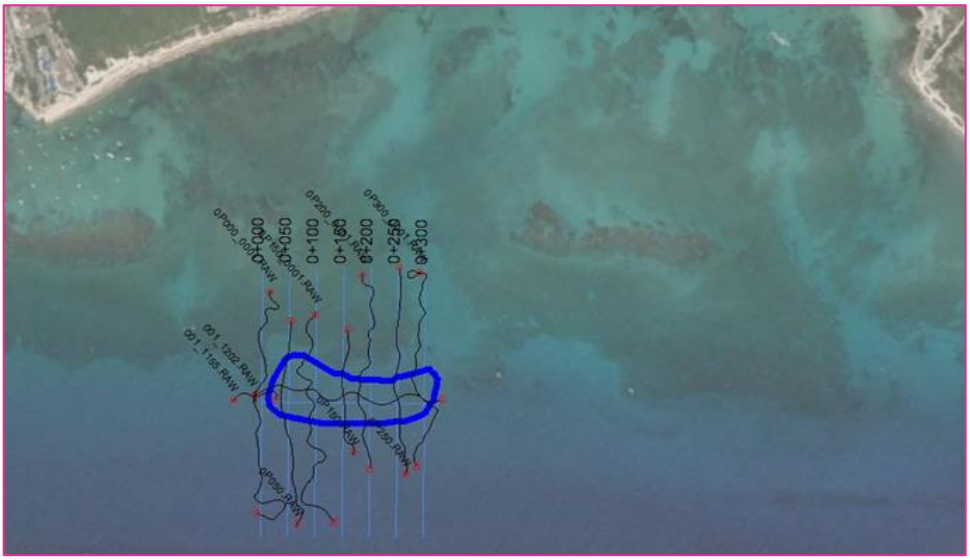


Figura 103. Líneas planeadas (azul claro) y transectos seguidos con la embarcación.

Una vez recopilada la información se reúne y se puede calcular un volumen aproximado de arena explotable dentro del banco. Esto se hace interpolando la información obtenida por el Stratabox (grosor del banco) y la información del GPS (localización en el espacio), esto logra un polígono de espesor del cual se puede obtener el volumen de arena. A continuación, se muestran las isolíneas de espesores del banco de arena en cuestión.

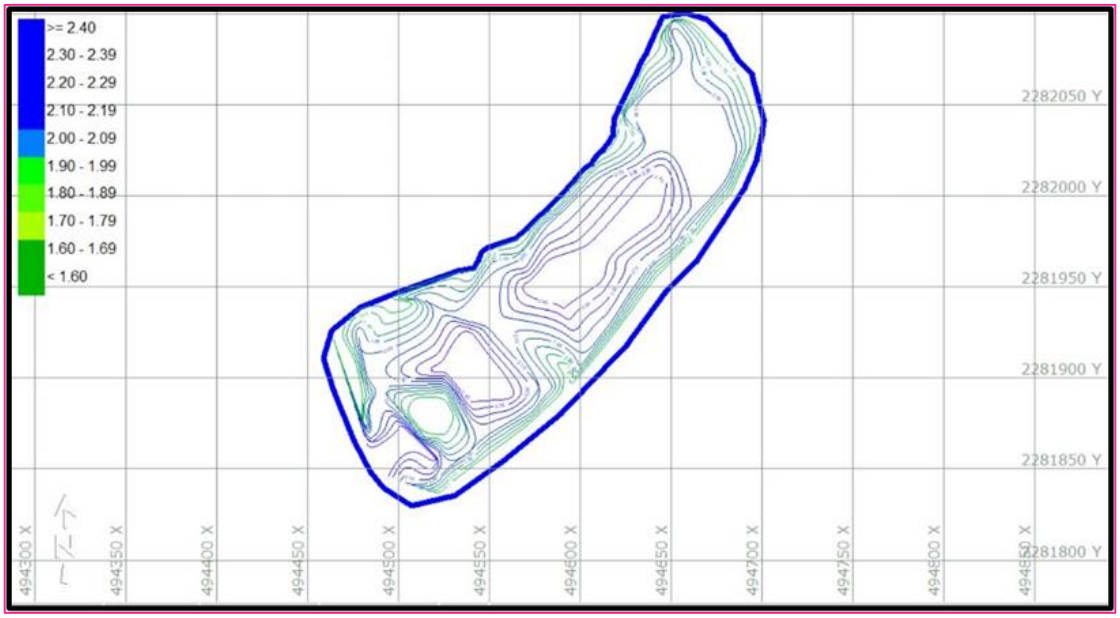


Figura 104. Grosores de arena en el banco de arena

Los valores del volumen calculado y el volumen aprovechable se muestran en siguiente tabla. Se estima que para propósitos de textura y estética sólo el 70% del volumen total del banco es aprovechable para el relleno de playa.

Tabla 22. Volumen total y aprovechable del banco Mamitas Norte

	Volumen aproximado (m^3)
Volumen en banco de arena Mamitas 4	49,511.00

iii. Muestreos con recuperación de núcleos.

Además de los sondeos y de estratigrafía por métodos acústicos se obtuvieron muestras de sedimentos con recuperación de núcleo. Esto consiste en hincar tubos de PVC de 2'' cédula 40 de 1.5 m de largo en la arena, colocar una tapa en el extremo libre, sacar el tubo con la arena en su interior y posteriormente en el laboratorio cortar el tubo y tomar la muestra representativa de arena, o en su caso tomar dos muestras una superficial y una de la parte más profunda del banco de arena.

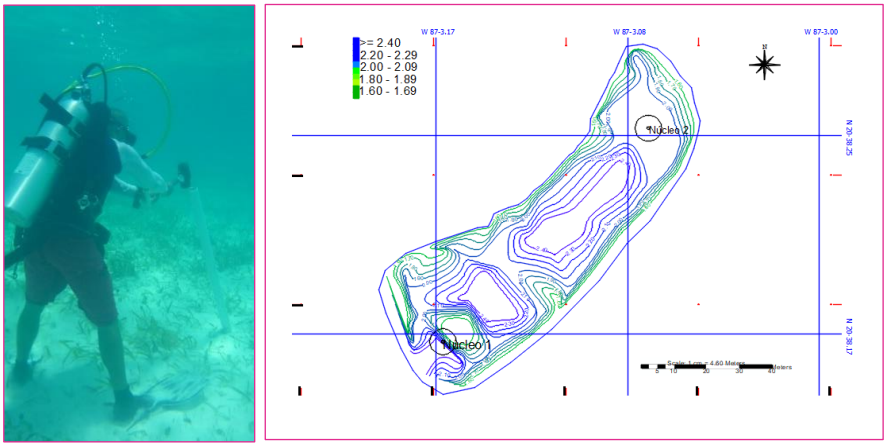


Figura 105. Localización de la toma de núcleos de sedimento.

Los núcleos se extrajeron en los extremos de la parte central del banco de arena Mamitas 4. A continuación se muestran las coordenadas.

Tabla 23. Coordenadas de las muestras de sedimento

Muestra	Coordenada X	Coordenada Y
Núcleo 1	494507.050	2281870.960
Núcleo 2	494662.070	2282036.070

A las muestras obtenidas se les realizó un análisis granulométrico para saber las características de la arena para propósitos de textura y su uso apropiado para el relleno y recuperación de playas. El procedimiento que se siguió se basa en las normas emitidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes: M-PRY-PUE-1-07-003-06 (Caracterización Mineralógica y Granulometría de los Sedimentos), M-MMP-1-06-03 (Granulometría de materiales compactables para terracerías), M-MMP-1-08-03 (Masas volumétricas y coeficientes de variación volumétrica).



Figura 106. Pasos para análisis granulométrico.

El principio de este análisis es separar la muestra por tamaño de partícula por medio de varias mallas con diferentes aberturas. Se coloca la muestra y se agita para hacer pasar el sedimento en cada una de las rejillas, una vez terminado esto se pesa el sedimento que queda en cada rejilla, y se calcula el porcentaje de peso de la muestra que pasó por esa una, de esta manera se puede clasificar el tipo de arena por su distribución en peso como en función del tamaño de partícula. Cada núcleo obtenido fue separado en dos estratos (fondo y superficie), de esta manera se realizaron cuatro estudios de granulometría.

A continuación, se muestran un resumen de los resultados granulométricos con lo cual se obtuvo la distribución según el peso que deje pasar cada malla en función de la apertura de la malla, la información detallada de cada muestra se encuentra en el Anexo 5. Las muestras de fondo son las marcadas con la letra “A” y las de superficie por la letra “B”.

Tabla 24. Clasificación de muestras según SUCS

Muestra	D_{50} (mm)	Cu (mm)	Cc (mm)	SUCS	Detalle de Resultados
M-1A	0.22	0.43	0.91	ARENA MAL GRADUADA (SP)	Página 44
M-1B	0.21	0.39	0.90		Página 45
M-2A	0.16	0.43	0.86		Página 46
M-2B	0.2	0.38	0.86		Página 47

Los resultados del análisis granulométrico de las muestras de sedimentos obtenidas del banco de arena Mamitas 4, arrojan que es arena mal graduada con un tamaño de partícula promedio ente 0.2 y 0.22 mm.

iv. Impacto de la extracción del banco de arena

En su tesis Determinación de los umbrales de movimiento de arenas de la península de Yucatán, Alcérreca Huerta sugiere que el origen posible del suministro de sedimento en la zona sumergida proviene de zonas al sur de las costas de Quintana Roo.

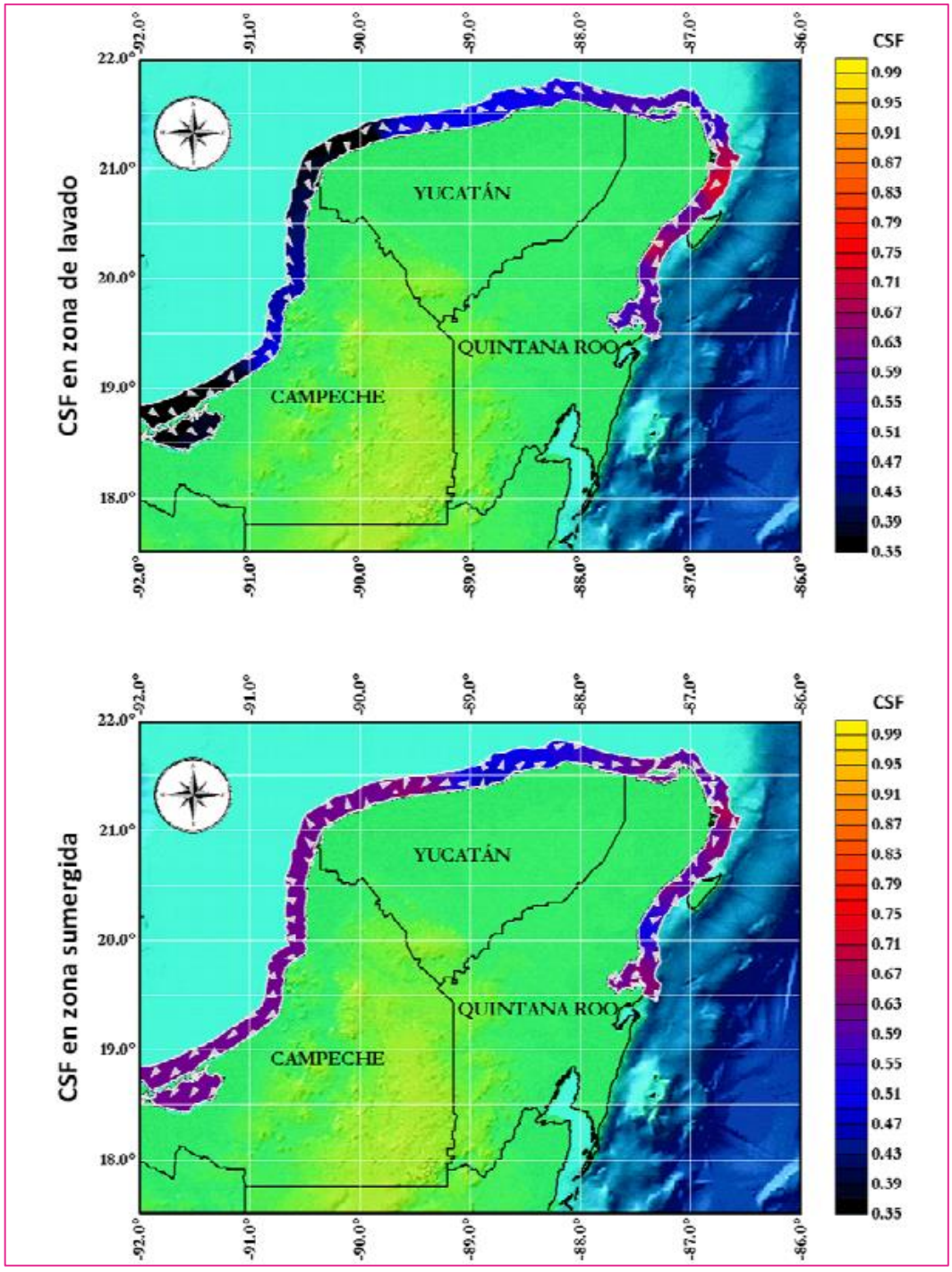


Figura 107. Mapas de distribución de la arena que puede encontrarse a lo largo de la península de Yucatán, en flechas grises, el comportamiento del transporte de sedimento.

En el estudio la zona con mayor dificultad para determinar el factor que distribuye el sedimento, son las costas de Quintana Roo, pero se sugiere que los factores determinantes son transporte

por fondo y el de suspensión, por lo cual es conveniente utilizar la velocidad de caída y con la velocidad del inicio de movimiento, la descripción del transporte de sedimento se describe con flechas blancas en la figura anterior. En nuestro caso de estudio, se utilizó esta información y la caracterización del sedimento obtenida descrita en el reporte de estudios hidrográficos para generar un modelo que nos pueda ayudar a visualizar el comportamiento del banco de arena. En la siguiente figura observamos el banco de arena delimitado con una línea roja, y el área que representaría la extracción del material necesario propuesto para la zona del proyecto en color naranja, ***esta representa menos del 5 %*** del polígono rojo.



Figura 108. Banco de arena (polígono rojo) y área a extraer (polígono naranja)

Con el fin de evaluar el impacto por extracción de banco de arena tanto en el oleaje como en el transporte de sedimentos, nos dimos a la tarea de comparar un modelo con y sin banco. La siguiente figura muestra el campo de oleaje en donde en colores rojos indican alturas de ola mayores a 1 m y colores azules indican olas de poca altura. Los números indican el valor de la altura de ola. Como se puede observar la diferencia alrededor del banco es mínima, sin embargo, el oleaje que llega a la costa es el mismo con o sin la extracción del banco de arena.

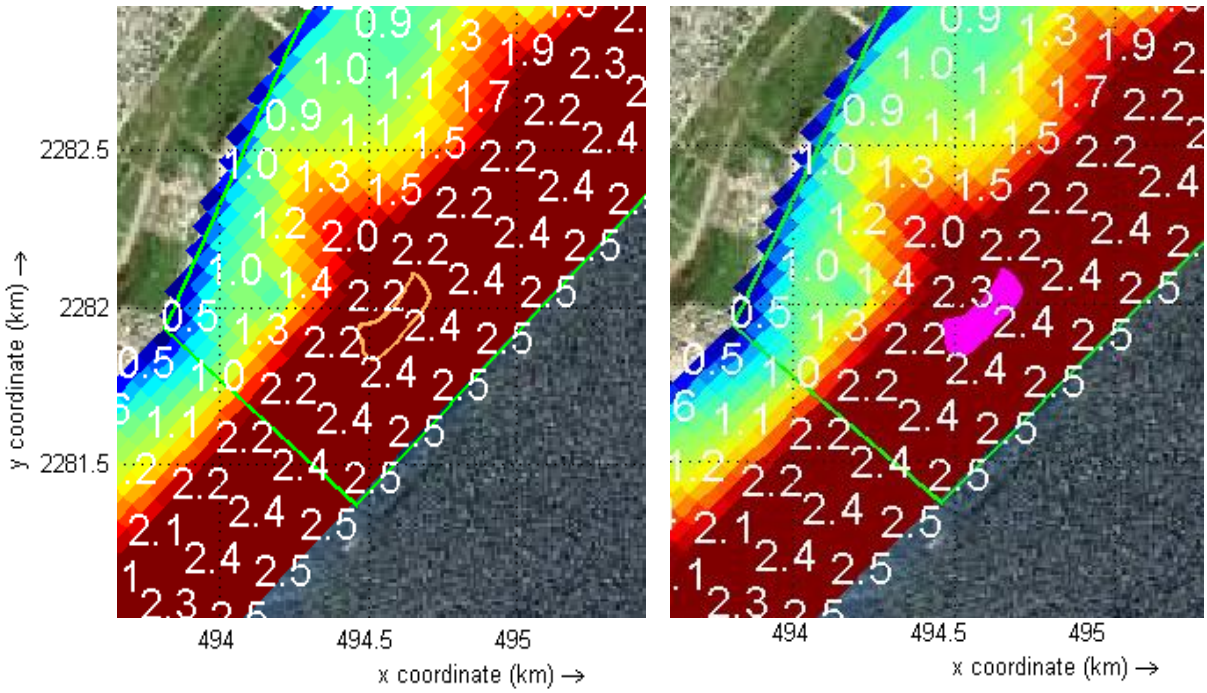


Figura 109. Campo de oleaje en el banco y alrededores considerando la presencia del banco de arena (izquierda) y el banco sin arena (derecha) del banco de arena, el cual se encuentra a 9 m de profundidad.

En cuanto al impacto en la alimentación de playas vecinas, la tesis de Dubois (2013), en donde evalúa la profundidad de cierre en la costa de Quintana Roo (10 a 15 m), se menciona que entre más profundo esté el material sedimentario, será más difícil que este vuelva a la costa y será más fácil que este se pierda en las profundidades del mar. Dado que el banco de arena se encuentra justo en el límite inferior de este punto de cierre, atribuimos que el material de este banco es perdido y de no aprovecharse, se perderá en las profundidades.

Realizar un cálculo sobre el tiempo que le tomara al banco recuperar la cantidad de sedimento extraída, resulta en un estudio sumamente complejo en el que intervienen demasiados factores para poder determinar dicho periodo, sin embargo, para establecer un tiempo “aproximado” de reposición, se realizó un modelo numérico en el cual se sometió al banco de arena a diversos oleajes, obteniendo como resultado que solo los oleajes de fenómenos extraordinarios son los que pueden remover el sedimento de las diferentes fuentes y llevarlo hacia zonas más profundas.

En específico a partir de oleajes con alturas de ola de 7.2 m, los cuales se generan en presencia de huracanes categoría 3, estos tienen un periodo de retorno de aproximadamente 25 años (siguiente figura).

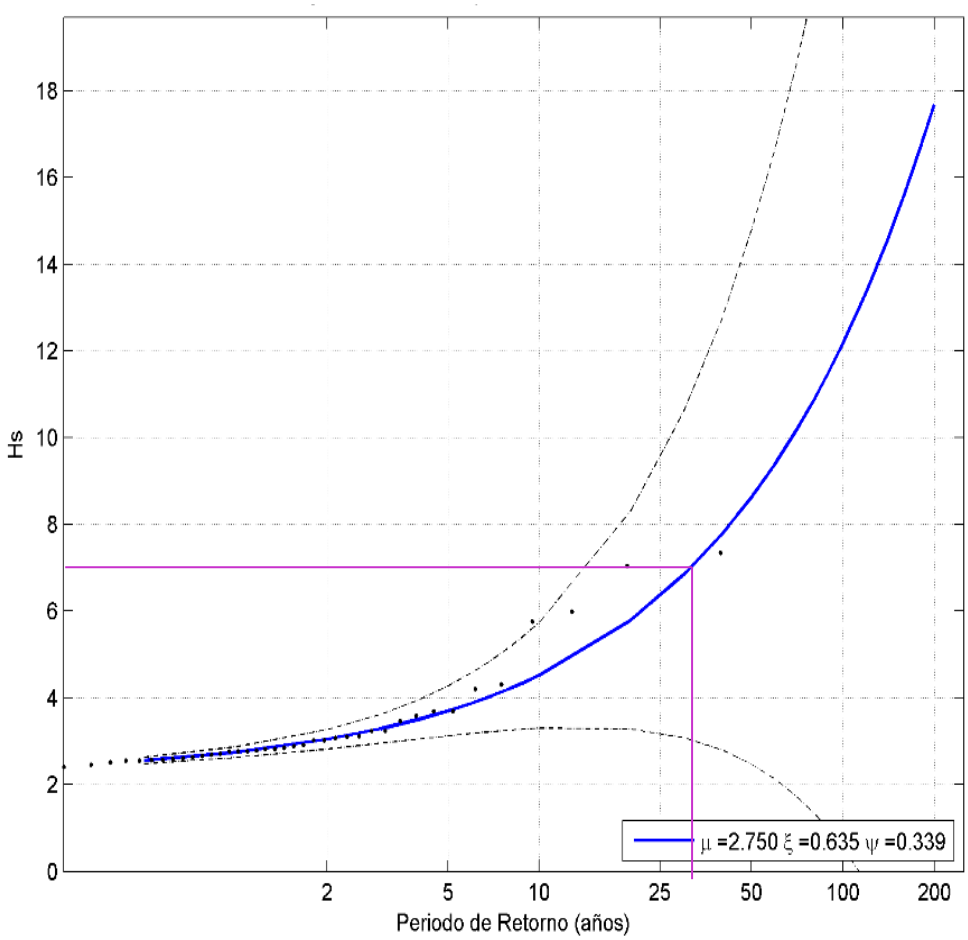


Figura 110. Periodo de retorno obtenido de un nodo del modelo WaveWatch III

En la siguiente figura se pueden observar 3 imágenes, las cuales describen el movimiento del sedimento a lo largo de toda la macrocelda y las zonas cercanas al banco de arena, los colores cálidos que van de amarillo a rojos representan sedimentación (deposición) del sedimento, mientras que los colores fríos que van de azules claro a azules oscuro, describen erosiones, estos valores van desde los 2 m para la sedimentación y -2 m para la erosión, mientras que el color blanco describe el sedimento que se encuentra en suspensión, este puede ir hacia cualquier lugar, dependiendo las condiciones físicas.

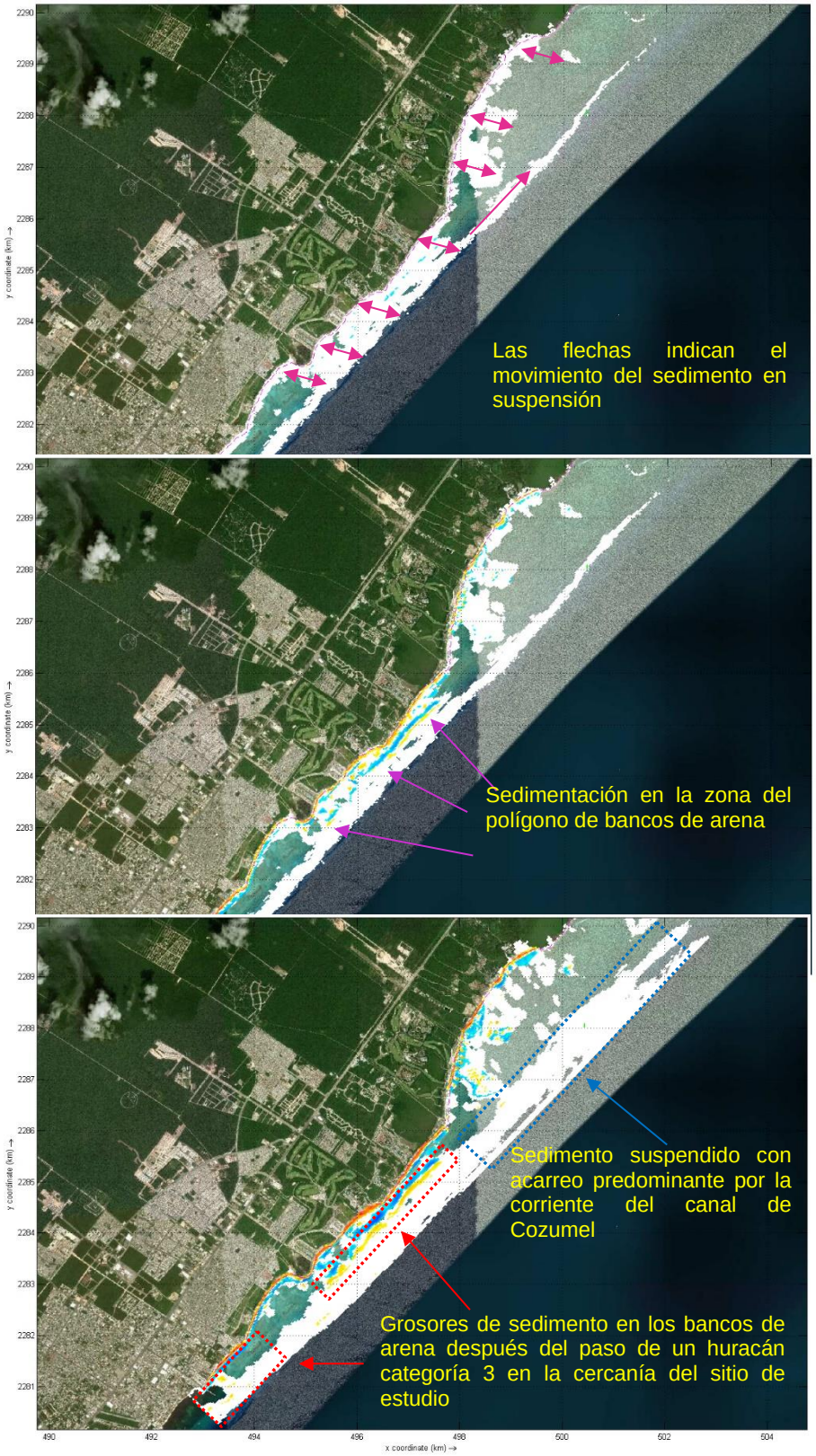


Figura 111. Movimiento de los sedimentos desde la costa hacia los bancos de arena.

De manera que el banco de arena se va a recuperar en 15 años ó al presentarse un huracán de CAT 3, lo que suceda primero.

Nota: dado que los cambios en el relieve son mínimos, ni las corrientes ni las mareas presentaron modificación alguna.

IV.3.2.1 Cambio climático

La modelación mundial a partir de los escenarios de cambio climático (MAGICC, 2009) indica un aumento del nivel del agua de 3.1 mm/año, sin embargo, el margen de error ha incrementado en ±0.7 mm/año. También hace un énfasis que existen factores geológicos que alteran el rango de variación del nivel del mar, como son los fenómenos de hundimiento o procesos acumulativos.

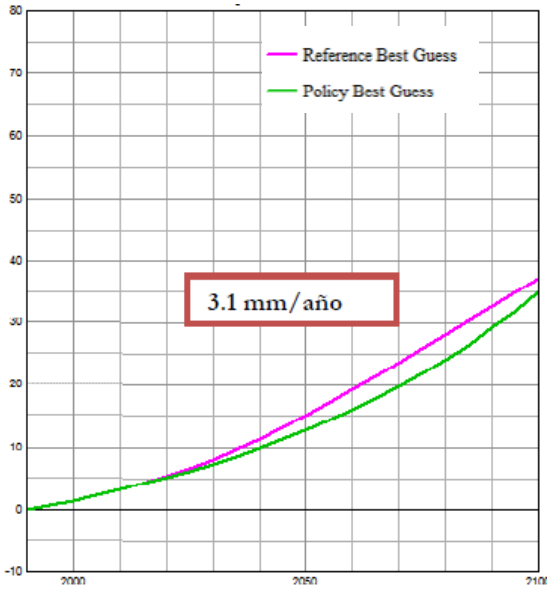


Figura 112. Grafica del cambio de nivel del mar en (cm). Tomado de SRES AIB-AIM (1990).

La recopilación de datos de satélite (TOPEX/POSEIDON, Jason 1 y Jason 2) revela que existe una clara tendencia hacia el incremento en el nivel del mar durante la última década, esto a nivel mundial.

Proyección para el 2100.

Al modelar la proyección del cambio del nivel del mar producto del cambio climático el cual aumentaría 0.24 m sobre el nivel medio del mar actual, se puede observar que la altura de las estructuras de protección es poca, el agua rebasa los rompeolas y estos no alcanzan a reducir la energía de la ola. A continuación, presentamos una sección con los niveles esperados para el 2100 considerando un oleaje y marea de tormenta, el cambio del nivel del mar esperado para el 2100.

Cabe recordad que los modelos numéricos son herramientas que nos ayudan a estimar que sucederá en un futuro próximo y su precisión dependerá de la cantidad de datos disponibles.

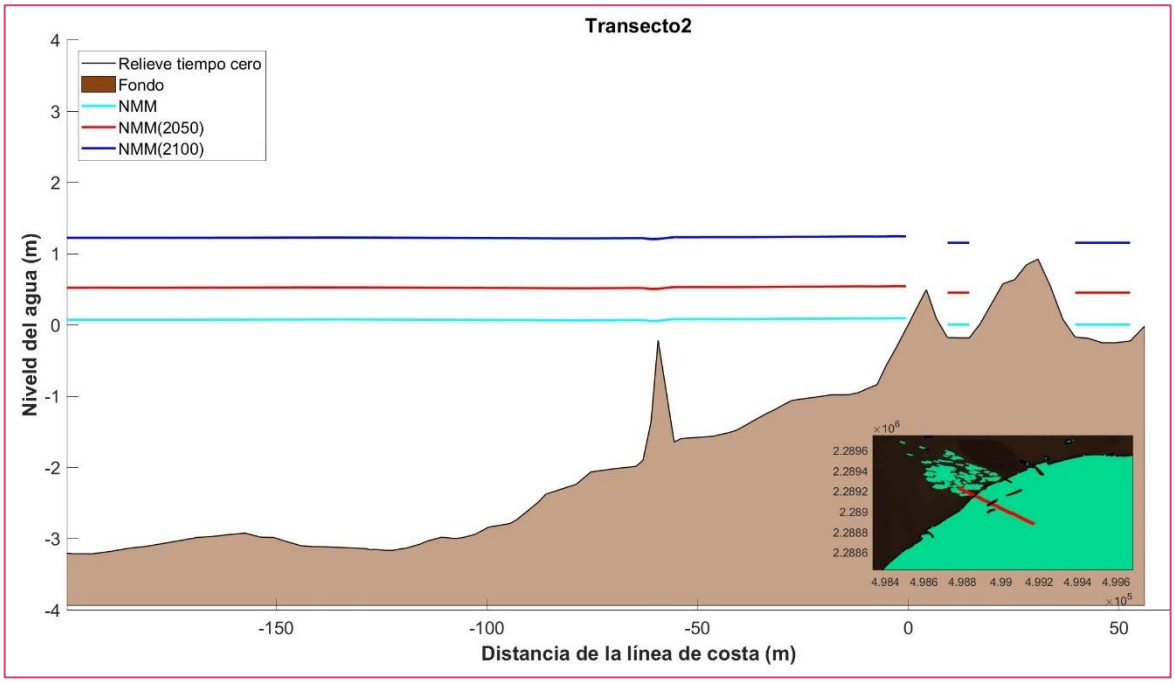


Figura 113. Olaje y marea de tormenta producto de un huracán CAT 1 sobre el transecto T4 de la Playa Bahía del Carmen considerando el aumento del nivel del mar por cambio climático.

Por tanto, todo modelo puede ser mejorado con un programa de monitoreo en el que se coloquen instrumentos de medición para poder realizar un mayor ajuste (calibración) del modelo a lo largo de todas las estaciones del año.

Contemplando lo anterior, el proyecto Restitución de la Playa Bahía del Carmen cuenta con un plan de monitoreo post obra. Para mayores detalles de este referirse al documento Proyecto Ejecutivo.

IV.3.2.2 Observaciones y conclusiones medio abiótico marino

1. Como se puede ver en el plano topobatimétrico la elevación de la playa muy baja, apenas entre 0.5 m y 0.95 m, la pendiente es muy ligera, en la parte húmeda de la playa se tiene una gran parte somera y con talud ligero hasta los 40 m de la costa, después se va ganando profundidad de forma gradual hasta llegar a los 55 m de profundidad, en donde hay una pared y la profundidad se dispara a más de 200 m.
2. La playa está severamente erosionada.
3. Las alturas de ola tuvieron un promedio de 0.6 m con un evento de oleaje intenso de 1.2m., en el sitio donde se colocó en el equipo ADCP.
4. La dirección del oleaje dominante proviene del este-sureste y en algunos eventos esporádicos del noreste.
5. De acuerdo con la exploración realizada en el banco de arena mamitas 4 que se encuentra aproximadamente a 10 km del predio, la arena disponible en este banco es suficiente para explotar y usar para relleno de la Playa Bahía del Carmen.
6. De acuerdo con las características del sedimento en la Playa Bahía del Carmen y del banco explorado, la arena es compatible.

IV.3.3 MEDIO BIÓTICO TERRESTRE.

A continuación, se describen las características de la flora y fauna del polígono terrestre que se limitó como parte del SAR y la biota marina.

IV.3.3.1 Vegetación terrestre.

La zona de estudio en la parte terrestre definida para el SART como ya se mencionó es la superficie del predio el *Rancho El Provenir* donde está autorizado el proyecto *Bahía del Carmen,* así como la superficie de la playa de la microcelda.

La vegetación terrestre se distribuye en bandas paralelas a la línea de costa, formando tres ecosistemas bien definidos entre sí y sus respectivos ecotonos. Este patrón de vegetación fue reportado para el corredor Cancún - Tulum por González-Romero y López-González, (2000) quienes señalaron la vegetación como manglar, selva baja, selva mediana, patrón predominante y típico de la zona Norte de Quintana Roo.

Los tipos de vegetación que se desarrollan dentro del predio se distribuyen a manera de franjas paralelas a la línea de costa, de ancho y bordes irregulares. En sentido de la playa hacia la carretera federal 307, la primera franja la constituye la vegetación halófila costera, seguida por el manglar de cuenca, posteriormente por la selva baja subperennifolia y por último por la vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subcaducifolia. La distribución de estos tipos de vegetación en el predio se presenta en el Plano:

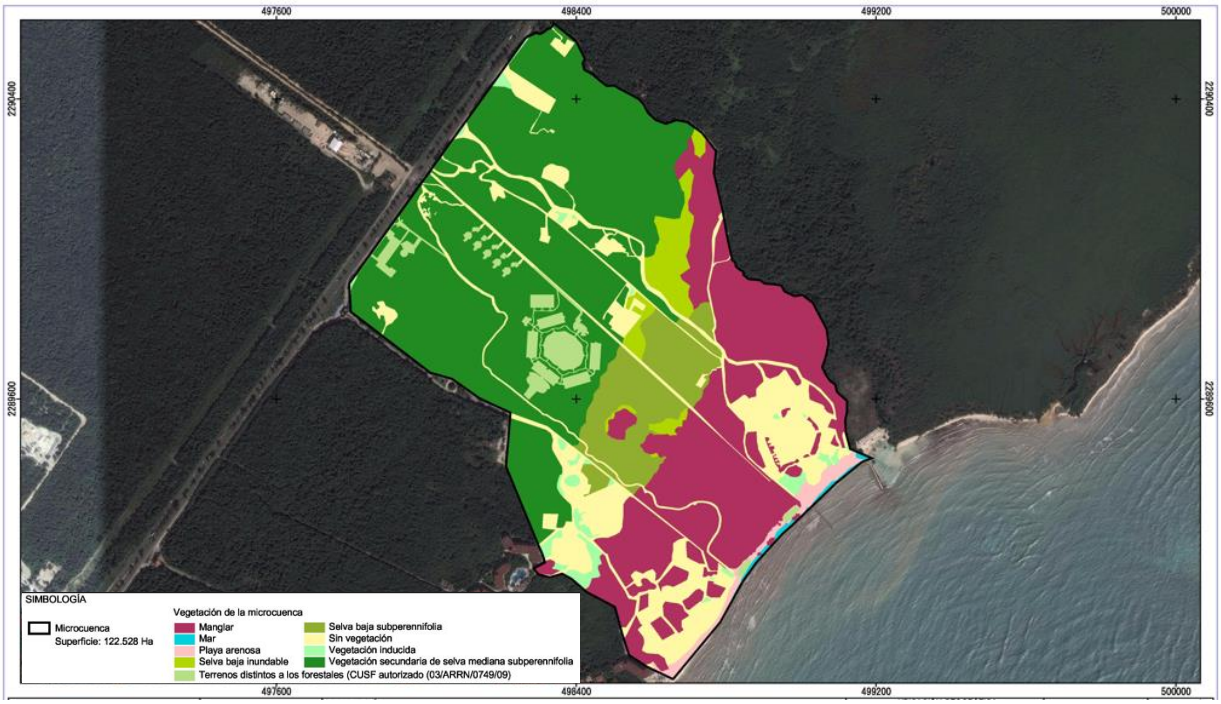


Figura 114. Plano de vegetación del SART, se observa la infraestructura hotelera del sitio, la franja de selva baja subperennifolia, la selva mediana subperennifolia y la franja de manglar, la vegetación de duna costera y la playa arenosa.

Entre el manglar y la selva baja subperennifolia existen zonas de mezcla donde es posible encontrar especies características de ambos tipos de vegetación, denominadas ecotonos, en donde es muy abundante la especie Bravaisia berlanderiana (jurub). La vegetación secundaria

arbustiva/herbácea se ubica entre la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia.

Las superficies ocupadas por cada tipo de vegetación dentro polígono del predio son:

Tabla 25. Tipos de vegetación en el SAR que conforma el SART.

Tipo de vegetación	Superficie (m^2)	Superficie (%)
Mar	4456.66	0.36
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	515832.62	42.10
Selva baja subperennifolia (selva de transición)	93306.08	7.62
Selva baja inundable	38687.02	3.16
Manglar	301027.29	24.57
Playa arenosa con vegetación halófita costeras	16466.38	1.34
Sin vegetación (infraestructura hotelera)	194885.70	15.91
Terrenos distintos a los forestales	38370.60	3.13
Vegetación inducida	22251.22	1.82
Total, general	**1225283.57**	**100.00**

A continuación, se presentan los resultados de los muestreos en el predio Bahía del Carmen:

En total se registraron 89 especies de plantas vasculares en el área de estudio, pertenecientes a 44 familias botánicas. La familia mejor representada en el predio fue la Fabaceae con 15 especies, seguida por la Polygonaceae y la Arecaceae con 4 especies cada una.

Tabla 26. Diversidad de especies florísticas en el predio que conforma el SAR en la parte terrestre.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Acanthaceae	*Avicennia germinans* (L.) L.	mangle negro
Acanthaceae	*Bravaisia berlandieriana* (Nees) T.F. Daniel.	julub
Agavaceae	*Agave* sp.	henequén
Amaryllidaceae	*Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.	lirio de mar
Anacardiaceae	*Metopium brownei* (Jacq.) Urb.	chechén negro
Anacardiaceae	*Astronium graveolens* Jacq.	jobillo
Annonaceae	*Annona glabra* L.	corcho
Annonaceae	*Mosannona depressa* (Baill.) Chatrou.	elemuy
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri* (Hemsl.) Lippold	akits
Arecaceae	*Acoelorraphe wrightii* (Griseb. et H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc.	tasiste
Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii* Burret	xiat
Arecaceae	*Sabal yapa* C. Wright. ex Becc.	huano
Arecaceae	*Thrinax radiata* Lodd. Ex Schult. & Schult. f.	chit
Bignonaceae	*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose	makulix amarillo
Boraginaceae	*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken.	bohom
Brassicaceae	*Cakile lanceolata* (Willd.) O. Schultz.	cakile
Bromeliaceae	*Tillandsia* sp.	bromelia
Burseraceae	*Bursera simaruba* (L.) Sarg.	chacá
Cactaceae	*Acanthocereus tegragonus* (L.) Hummelinck.	tzakam, pitahaya

Familia	Nombre científico	Nombre común
Cactaceae	*Nopalea* sp.	nopal
Cactaceae	*Selenicereus* sp.	cactus
Combretaceae	*Conocarpus erectus* (L.)	botoncillo
Combretaceae	*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.	mangle blanco
Combretaceae	*Terminalia catappa* L.	almendro
Compositae	*Flaveria linearis* Lag.	
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.	riñonina
Cyperaceae	*Cladium jamaicense* Crantz	zacate cortadera
Ebenaceae	*Diospyros* sp.	silil
Erythroxilaceae	*Erytrhoxylum confusum* Britton.	toxó
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus multilobus* (Pax) I. M. Johnst.	chaya
Euphorbiaceae	*Croton icche* Lundell.	p'e'es k'uuch
Euphorbiaceae	*Gymnanthes lucida* Swartz.	yaite
Fabaceae	*Acacia cornigera* (L.) Willd.	subinche
Fabaceae	*Bauhinia divaricata* L.	pata de vaca
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri* (Britton & Rose) Greenm.	kitamche
Fabaceae	*Chloroleucon manguense* (Jacq.) Britton & Rose	yaxek
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis* Jacq.	tsuctsuc
Fabaceae	*Erythrina standleyana* Krukoff.	chac moolche
Fabaceae	*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steudel.	sakiab
Fabaceae	*Lonchocarpus* sp. 1	cola caballo, palo gusano
Fabaceae	*Lonchocarpus* sp. 2	lonchocarpus
Fabaceae	*Lonchocarpus xuul* Lundell.	xuul
Fabaceae	*Mimosa bahamensis* Benth.	katsin
Fabaceae	*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.	jabin
Fabaceae	*Senna racemosa* (Mill.) H.S. Irwin & Barneby. var. racemosa	kanlol
Fabaceae	*Swartzia cubensis* (Britton & Wills) Standl. var. cubensis	katalox
Fabaceae	*Thouinia paucidentata* Radlk.	kanchunup
Flacourtiaceae	*Casearia* sp.	huilote,
Gentianaceae	*Eustoma exaltatum* (L.) Salisb.	
Lamiaceae	*Vitex gaumeri* Greenm.	yaxnik
Lauraceae	*Nectandra salicifolia* (Kunth) Ness.	laurelillo,
Malpighiaceae	*Malpighia* sp.	guayacté
Malvaceae	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertner.	ceiba
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia* Lam.	pixoy
Malvaceae	*Hampea trilobata* Standl.	majagua
Meliaceae	*Cedrela odorata* L.	cedro
Metteniusaceae	*Ottoschultzia pallida* Lundell.	hoja dura
Moraceae	*Brosimum alicastrum* Sw. ssp. alicastrum	ramón
Moraceae	*Ficus cotinifolia* Kunth.	higo copó
Moraceae	*Ficus obtusifolia* Kunth.	amatillo
Myrtaceae	*Calyptrantes pallens* Griseb.	chacni
Myrtaceae	*Myrcianthes fragrans* (Sw.) Mc Vaugh.	guayabillo
Myrtaceae	*Pimenta dioica* (L.) Merril.	pimienta
Nolinaceae	*Beaucarnea pliabilis* (Baker) Rose.	despeinada
Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides* Donn. Sm.	escobeta
Orchidaceae	*Myrmecophyla tibicinis* (Batem.) Rolfe.	orquídea de manglar

Familia	Nombre científico	Nombre común
Poaceae	*Distichlis spicata* (L.) E. Greene. var. spicata	pasto salado
Poaceae	*Eleusine* sp.	
Poaceae	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.	carrizo
Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia* Jacq.	sacboob
Polygonaceae	*Coccoloba* sp.1	boob
Polygonaceae	*Coccoloba* sp.2	
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum* Rolfe.	sisilche
Primulaceae	*Ardisia escallonioides* Schltdl. & Cham.	plomoche
Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch.	helecho de manglar
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle* L.	mangle rojo
Rubiaceae	*Guettarda combsii* Urb.	tastab
Rubiaceae	*Randia aculeata* L.	randia
Rubiaceae	*Randia longiloba* Hemsl.	kaax
Rubiaceae	*Randia* sp.	cruceta
Rutaceae	*Esenbeckia berlandieri* Baill. x Hemsl.	naranjillo
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis* Kunth ssp. *oliviformis*	guaya
Sapindaceae	Sp. 3	
Sapotaceae	*Manilkara zapota* (L.) P. Royen	zapote
Sapotaceae	*Sideroxylon americanum* (Miller) Pennington.	bumelia
Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum* Jacq. ssp. *gaumeri* (Pittier) Pennington.	caracolillo
Solanaceae	*Solanum donianum* Walp.	tomatillo
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	tule
	Sp. 1	

A) Vegetación secundaria arbórea derivada de selva mediana subcaducifolia.

El suelo sobre el que se encuentra es muy delgado, y existen numerosos afloramientos de roca caliza, así como pequeñas grietas y oquedades entre las rocas.



Figura 115. Suelo en el área donde se desarrolla la vegetación secundaria derivada de selva mediana subcaducifolia dentro del predio.

En este tipo de vegetación se registraron 64 especies de 30 familias botánicas distintas. El estrato con mayor riqueza de especies correspondió al arbóreo, en donde se registraron 44

especies diferentes; en el estrato arbustivo se encontraron 36 especies mientras que en el herbáceo se encontraron 25.

Tabla 27. Listado de especies registradas en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo de la vegetación secundaria de selva mediana subcaducifolia.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Arb	Arbu	Herb
Agavaceae	*Agave* sp.	henequén		x	
Anacardiaceae	*Metopium brownei* (Jacq.) Urb.	chechén negro	x		
Anacardiaceae	*Astronium graveolens* Jacq.	jobillo	x		
Annonaceae	*Mosannona depressa* (Baill.) Chatrou.	elemuy			x
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri* (Hemsl.) Lippold	akits	x	x	
Arecaceae	*Chamaedorea seifrizii* Burret	xiat			x
Arecaceae	*Sabal yapa* C. Wright. ex Becc.	huano	x		x
Arecaceae	*Thrinax radiata* Lodd. Ex Schult. & Schult. f.	chit	x		x
Bignonaceae	*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose	makulix amarillo	x		
Boraginaceae	*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken.	bohom	x	x	
Burseraceae	*Bursera simaruba* (L.) Sarg.	chacá	x	x	
Cactaceae	*Acanthocereus tegragonus* (L.) Hummelinck.	tzakam, pitahaya			x
Cactaceae	*Nopalea* sp.	nopal			x
Cactaceae	*Selenicereus* sp.	cactus			x
Ebenaceae	*Diospyros* sp.	silil	x	x	
Erythroxilaceae	*Erytrhoxylum confusum* Britton.	toxó	x	x	
Euphorbiaceae	*Cnidoscolus multilobus* (Pax) I. M. Johnst.	chaya		x	
Euphorbiaceae	*Croton icche* Lundell.	p'e'es k'uuch	x		
Euphorbiaceae	*Gymnanthes lucida* Swartz.	yaite		x	
Fabaceae	*Acacia cornigera* (L.) Willd.	subinche		x	
Fabaceae	*Bauhinia divaricata* L.	pata de vaca	x	x	
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri* (Britton & Rose) Greenm.	kitamche	x	x	x
Fabaceae	*Chloroleucon manguense* (Jacq.) Britton & Rose	yaxek	x		x
Fabaceae	*Diphysa carthagenensis* Jacq.	tsuctsuc		x	
Fabaceae	*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steudel.	sakiab	x		
Fabaceae	*Lonchocarpus* sp. 1	cola caballo, palo gusano	x		
Fabaceae	*Lonchocarpus* sp. 2	lonchocarpus	x	x	
Fabaceae	*Lonchocarpus xuul* Lundell.	xuul	x	x	
Fabaceae	*Mimosa bahamensis* Benth.	katsin		x	
Fabaceae	*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.	jabin	x	x	x
Fabaceae	*Senna racemosa* (Mill.) H.S. Irwin & Barneby. var. racemosa	kanlol	x		
Fabaceae	*Swartzia cubensis* (Britton & Wills) Standl. var. cubensis	katalox	x		
Fabaceae	*Thouinia paucidentata* Radlk.	kanchunup	x		
Flacourtiaceae	*Casearia* sp.	huilote	x	x	
Lamiaceae	*Vitex gaumeri* Greenm.	yaxnik	x	x	
Lauraceae	*Nectandra salicifolia* (Kunth) Ness.	laurelillo	x	x	x
Malpighiaceae	*Malpighia* sp.	guayacté	x		
Malvaceae	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertner.	ceiba	x		
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia* Lam.	pixoy	x		
Malvaceae	*Hampea trilobata* Standl.	majagua		x	x
Meliaceae	*Cedrela odorata* L.	cedro	x		
Metteniusaceae	*Ottoschultzia pallida* Lundell.	hoja dura	x		

Familia	Nombre científico	Nombre común	Arb	Arbu	Herb
Moraceae	*Brosimum alicastrum* Sw. ssp. alicastrum	ramón	x		
Moraceae	*Ficus obtusifolia* Kunth.	amatillo	x		
Myrtaceae	*Calyptrantes pallens* Griseb.	chacni	x	x	x
Myrtaceae	*Myrcianthes fragrans* (Sw.) Mc Vaugh.	guayabillo	x	x	x
Myrtaceae	*Pimenta dioica* (L.) Merril.	pimienta	x	x	x
Nolinaceae	*Beaucarnea pliabilis* (Baker) Rose.	despeinada		x	x
Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides* Donn. Sm.	escobeta	x	x	x
Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia* Jacq.	sacboob		x	x
Polygonaceae	*Coccoloba* sp.	boob	x		x
Polygonaceae	*Coccoloba* sp.		x		
Polygonaceae	*Gymnopodium floribundum* Rolfe.	sisilche	x	x	x
Primulaceae	*Ardisia escallonioides* Schltdl. & Cham.	plomoche		x	x
Rubiaceae	*Guettarda combsii* Urb.	tastab	x	x	
Rubiaceae	*Randia aculeata* L.	randia	x		
Rubiaceae	*Randia longiloba* Hemsl.	kaax		x	
Rubiaceae	*Randia* sp.	cruceta		x	x
Rutaceae	*Esenbeckia berlandieri* Baill. x Hemsl.	naranjillo	x	x	x
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis* Kunth ssp. *oliviformis*	guaya	x	x	x
Sapotaceae	*Manilkara zapota* (L.) P. Royen	zapote	x	x	
Sapotaceae	*Sideroxylon americanum* (Miller) Pennington.	bumelia		x	
Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum* Jacq. ssp. *gaumeri* (Pittier) Pennington.	caracolillo		x	
	Sp. 1				x
			44	36	25

El índice de diversidad H calculado para el estrato arbóreo en este tipo de vegetación fue de 1.35 y el valor de J' fue de 0.89. Para el estrato arbustivo el valor de H fue de 1.24 mientras que el valor de J' [8]fue de 0.83.

En cuanto a la dominancia de las especies según su Valor de Importancia (VI), en el estrato arbóreo la especie dominante fue *P. piscipula* (jabín), seguida por *B. simaruba* (chacá) y *F. obtusifolia* (higo copó). La densidad promedio para el estrato arbóreo fue de 32.14 ind/ha. La estructura de diámetros del estrato arbóreo en este tipo de vegetación evidencia su estado sucesional intermedio, ya que la mayoría de los ejemplares no superan los 15.8 cm de DAP.

[8] El índice de equidad "J" de Pielou posee valores que pueden variar de 0 a 1 siendo cercanos a 1 los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

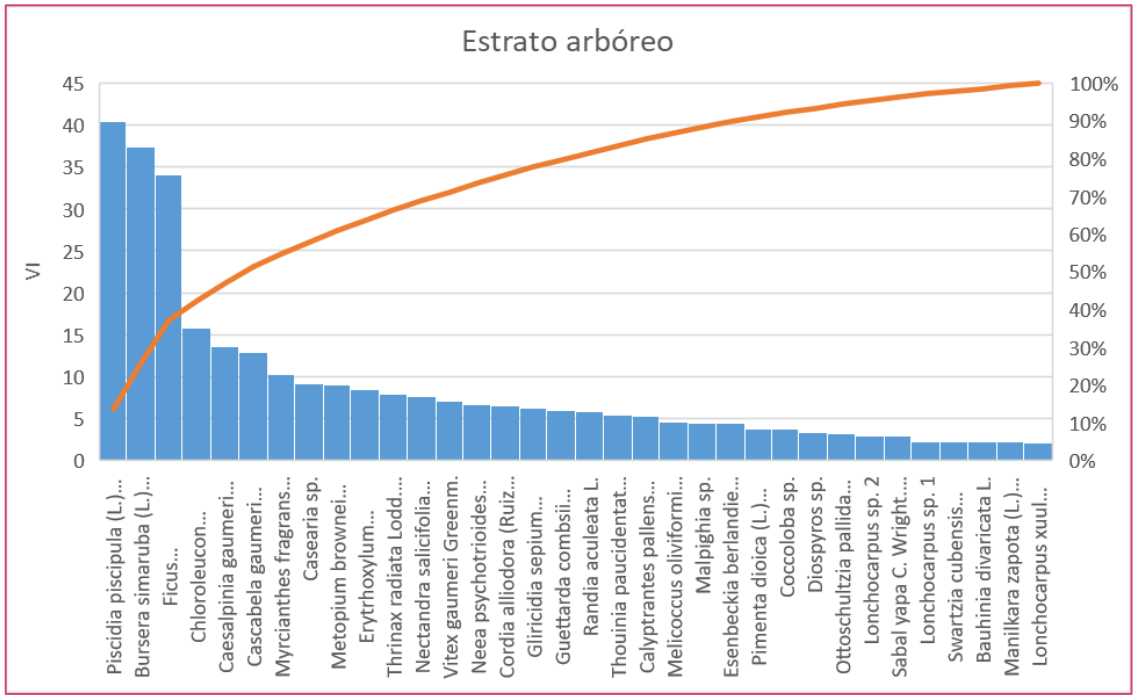


Figura 116. Grafica del valor de Importancia para las especies registradas en el estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia en el predio del proyecto.

En el estrato arbustivo la especie con mayor VI fue *C. pallens*. La densidad promedio para el estrato arbustivo fue de 64.5 ind/ha.

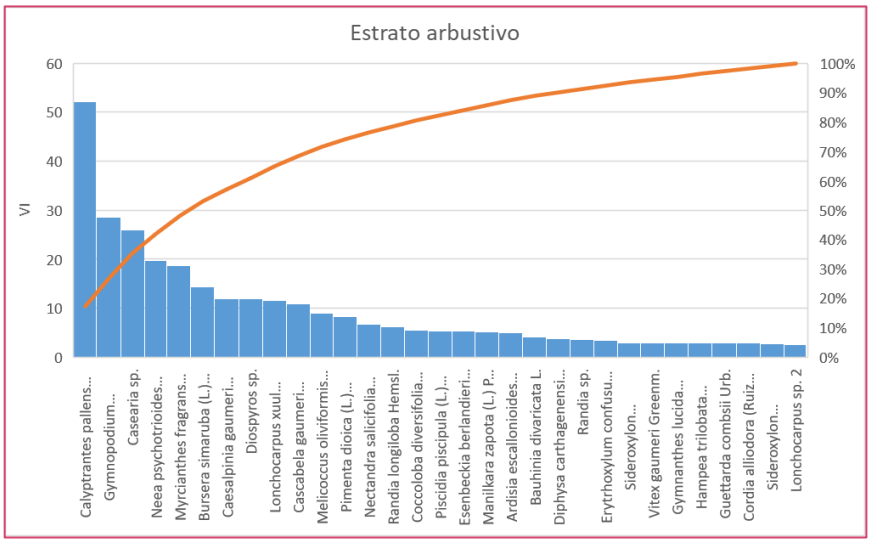


Figura 117. Grafica del valor de Importancia para las especies registradas en el estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia en el predio del proyecto.

El estrato herbáceo se encontró dominado por *S. yapa*, seguido por *C. pallens* y *T. radiata*. La densidad promedio para el herbáceo fue de 147.4 ind/ha

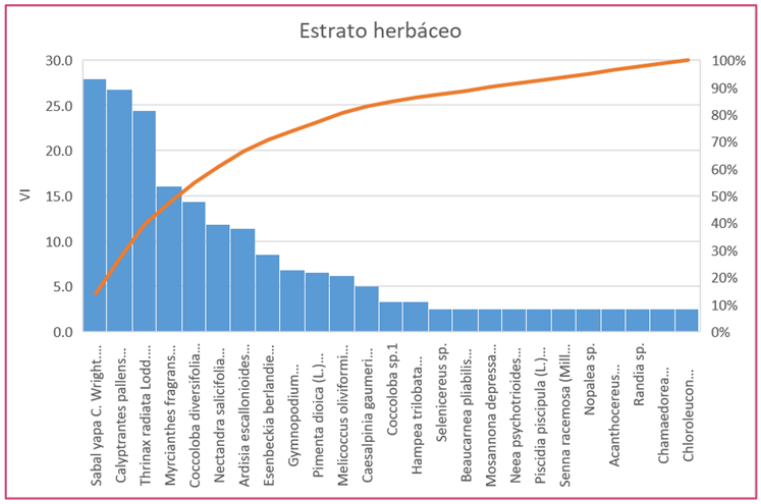


Figura 118. Grafica del valor de Importancia para las especies registradas en el estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia en el predio del proyecto.

B) Selva baja subperennifolia y Selva baja inundable

La selva baja subperennifolia dentro del área de estudio se desarrolla a lo largo de una franja entre la vegetación secundaria de selva mediana subcaducifolia y el manglar, donde el suelo es pedregoso, pero se encuentra más cerca del nivel freático, aflorando en ciertas zonas, en donde el subtipo de vegetación se identificó como Selva baja inundable y por lo tanto presenta mayor contenido de humedad. Esto favorece el desarrollo de ciertas especies como *Bravaisia berlanderiana, Manilkara zapota* y *Thrinax radiata*. En esta zona existen depresiones del terreno localmente conocidas como bajos, aguadas o rejoyadas, que corresponden a dolinas en diferentes estados de formación, y en donde el suelo es poco pedregoso, un poco más profundo y más arcilloso que en las áreas más elevadas que la rodean, y en donde pueden encontrarse especies características de zonas inundables como *Typha dominguensis* o *Annona glabra*.

En este tipo de vegetación dentro del área de estudio se registraron 26 especies pertenecientes a 19 familias botánicas. El estrato arbóreo presentó una riqueza de 20 especies, seguido por el arbustivo con 12 y por último por el herbáceo con 4 especies (**Tabla 28**).



Figura 119. Estrato arbóreo en la selva baja subperennifolia dentro del área de estudio.

Tabla 28. Listado de especies de plantas vasculares registradas en la vegetación de selva baja subperennifolia en el área de estudio. Arb: Estrato arbóreo; Arbu: estrato arbustivo; Herb: estrato herbáceo.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Arb	Arbu	Herb
Acanthaceae	*Bravaisia berlandieriana* (Nees) T.F. Daniel.	julub		x	
Anacardiaceae	*Metopium brownei* (Jacq.) Urb.	chechén negro	x		
Annonaceae	*Annona glabra* L.	corcho	x		
Apocynaceae	*Cascabela gaumeri* (Hemsl.) Lippold	akits	x	x	
Arecaceae	*Sabal yapa* C. Wright. ex Becc.	huano			x
Arecaceae	*Thrinax radiata* Lodd. Ex Schult. & Schult. f.	chit	x		x
Burseraceae	*Bursera simaruba* (L.) Sarg.	chacá	x	x	
Combretaceae	*Conocarpus erectus* (L.)	botoncillo	x		
Combretaceae	*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.	mangle blanco	x		
Fabaceae	*Caesalpinia gaumeri* (Britton & Rose) Greenm.	kitamche	x	x	
Fabaceae	*Chloroleucon manguense* (Jacq.) Britton & Rose	yaxek	x		
Fabaceae	*Erythrina standleyana* Krukoff.	chac moolche	x		
Fabaceae	*Piscidia piscipula* (L.) Sarg.	jabin	x	x	
Malvaceae	*Hampea trilobata* Standl.	majagua	x		
Moraceae	*Ficus cotinifolia* Kunth.	higo copó	x	x	
Myrtaceae	*Calyptrantes pallens* Griseb.	chacni	x	x	
Nyctaginaceae	*Neea psychotrioides* Donn. Sm.	escobeta	x	x	
Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia* Jacq.	sacboob			x
Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch.	helecho de manglar		x	
Rubiaceae	*Randia* sp.	cruceta	x		
Rutaceae	*Esenbeckia berlandieri* Baill. x Hemsl.	naranjillo		x	
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis* Kunth ssp. oliviformis	guaya	x	x	
Sapindaceae	Sp. 3		x		
Sapotaceae	*Manilkara zapota* (L.) P. Royen	zapote	x	x	
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	tule	x		
	Sp. 1	sp. 1			x
			20	**12**	**4**

El índice de diversidad H calculado para el estrato arbóreo de este tipo de vegetación fue de 0.78 con un valor de J' de 0.61. En el estrato arbustivo el índice de diversidad H fue de 0.94 y el valor de J' de 0.87. Por lo tanto, la selva baja subperennifolia no solo es menos rica, sino también menos diversa que la vegetación secundaria de selva mediana subcaducifolia en el área de estudio.

El Valor de Importancia de cada especie obtenido para el estrato arbóreo colocó a *T. radiata* como la especie dominante, seguida por *P. piscipula*.

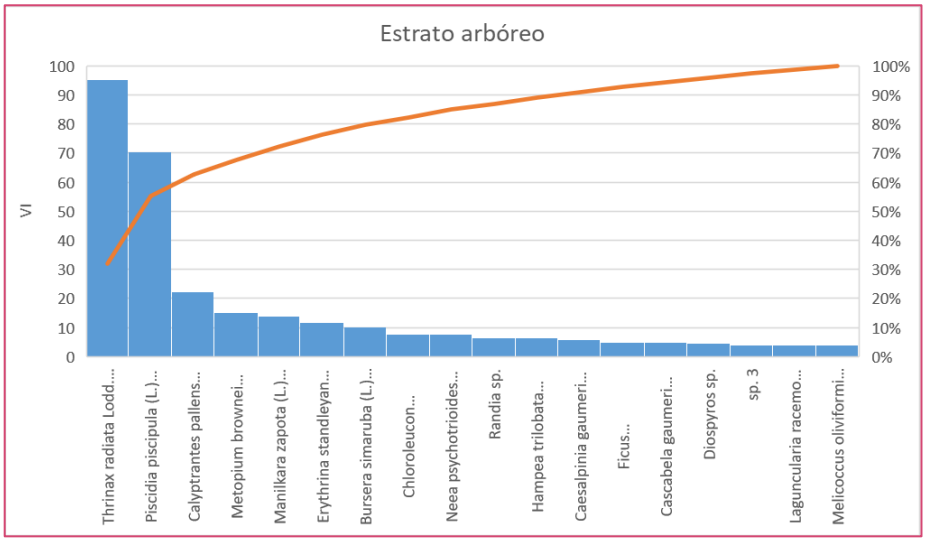


Figura 120. Grafica del valor de importancia para las especies registradas en el estrato arbóreo de la selva baja subperennifolia en el área de estudio.

En el estrato arbustivo la especie con mayor VI fue *N. salicifolia* seguida por *N. psychotrioides* y *M. zapota*.

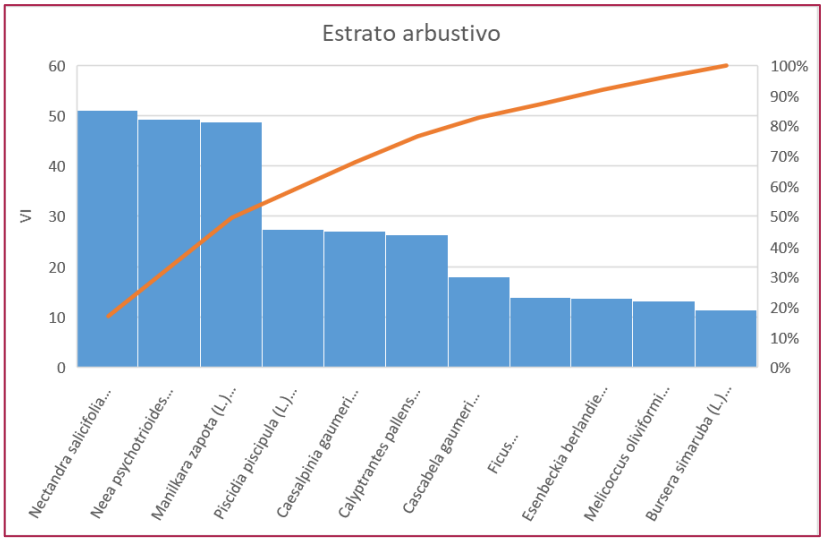


Figura 121. Grafica del valor de importancia para las especies registradas en el estrato arbustivo de la selva baja subperennifolia en el área de estudio.

En el estrato herbáceo la especie que presentó mayor Valor de Importancia fue *T. radiata.* Las tres especies restantes presentaron valores mucho menores.

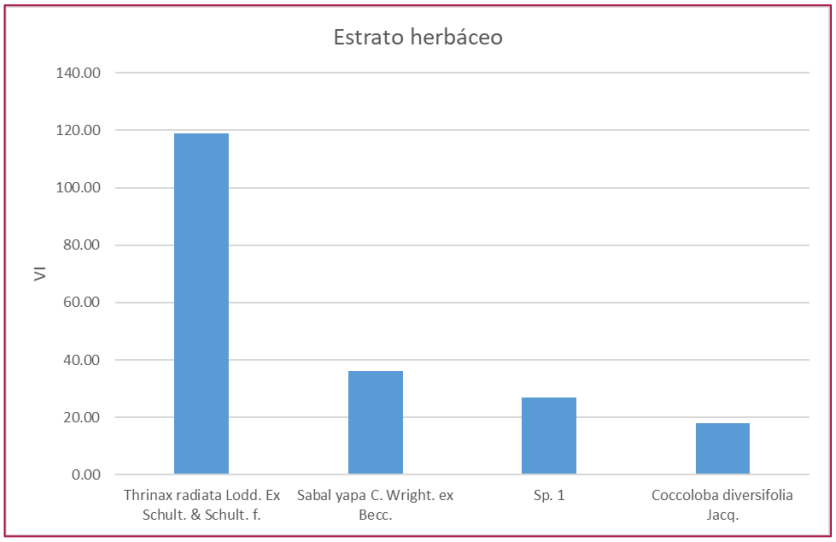


Figura 122. Grafica del valor de importancia para las especies registradas en el estrato herbáceo de la selva baja subperennifolia en el área de estudio.

C) Manglar

El manglar que se desarrolla en el área de estudio es de tipo cuenca, ya que crece en una depresión del terreno que está flanqueada al noroeste por una zona de mayor altura sobre el nivel del mar, en donde se desarrolla vegetación de selva, y al sureste por la playa arenosa.

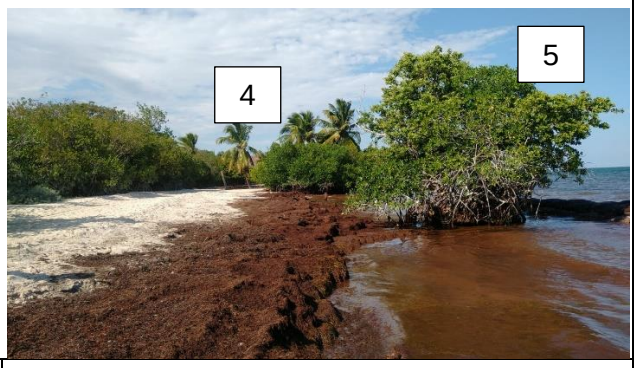
El manglar presenta un límite irregular con la selva baja subperennifolia, en donde se forma una mezcla de especies de ambos tipos de vegetación y el estrato arbustivo y herbáceo se encuentra dominado por *B. berlanderiana* (jurub).

El manglar de cuenca ocupa 301,027.29 m^2 que representa el 24.57% del SART se encuentra dominado por la especie *R. mangle*; entre más alejado se esté de la costa, mayor es la altura y el DAP de los ejemplares que lo conforman.



Figura 123. Franja de manglar que se encuentra en riesgo con la perdida de playa. (Imagen de abril 2023)

Perteneciente a este ecosistema, en el SART se observan manchones de mangle en la interfase mar-tierra, a los que localmente se denominan mogotes de mangle, y que originalmente se encontraban en la zona seca de la playa, actualmente las raíces de estos individuos aislados se encuentran de forma permanente en la zona marina, debido a la erosión de la playa.

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Numeración de los mogotes</td><td>2 mangle blanco, un botoncillo y 4 rojos pequeños.</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Magle rojo pequeños, botoncillo pequeño, mangle blanco y rojo grande.</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

5

Mangle Blanco	Mangle negro y blanco derribado
	 2 mangles botoncillo y 1 blanco.

Figura 124. Condiciones de los mogotes del manglar.

En el manglar del predio se registraron en total 11 especies de 9 familias botánicas. La diversidad representada por el índice H para este tipo de vegetación en el área de estudio fue de 0.48, con un valor de J' de 0.79.

Tabla 29. Listado de especies de plantas vasculares registradas en el manglar dentro del área de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Acanthaceae	*Avicennia germinans* (L.) L.	mangle negro
Acanthaceae	*Bravaisia berlandieriana* (Nees) T.F. Daniel.	julub
Amaryllidaceae	*Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.	lirio de mar
Arecaceae	*Acoelorraphe wrightii* (Griseb. et H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc.	tasiste
Bromeliaceae	*Tillandsia* sp.	bromelia
Combretaceae	*Conocarpus erectus* (L.)	botoncillo
Combretaceae	*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.	mangle blanco
Cyperaceae	*Cladium jamaicense* Crantz	zacate cortadera
Orchidaceae	*Myrmecophyla tibicinis* (Batem.) Rolfe.	orquídea de manglar
Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch.	helecho de manglar
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle* L.	mangle rojo

El Valor de Importancia para las especies arbóreas registrada en el manglar dentro del área de estudio colocó a *R. mangle* como la especie dominante, seguida por *L racemosa* y después por *C. erectus*. La especie *A. germinans* fue la menos abundante, tanto que no fue registrada en ninguna de las parcelas de muestreo, pero sí fue observada en el predio.

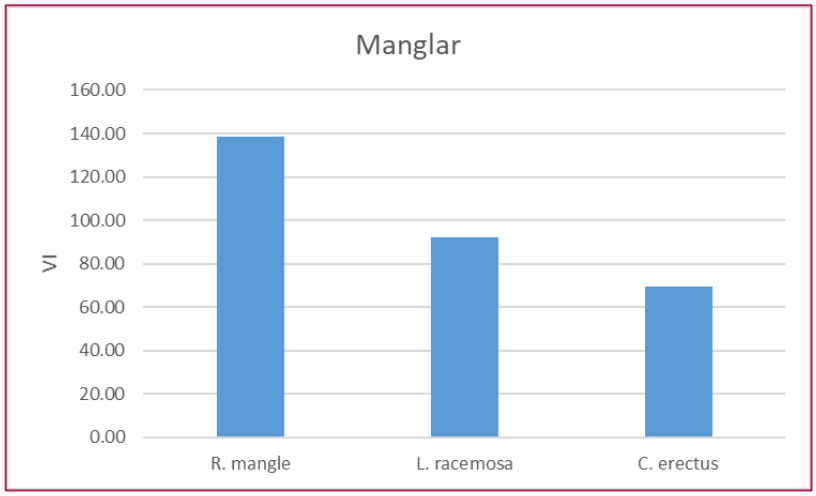


Figura 125. Grafica del valor de importancia para las especies arbóreas registradas en el manglar del área de estudio.

D) Vegetación halófila costera

La vegetación halófila costera ocupa 16466.38m^2 que representa el 1.34% del SART se desarrolla en la playa arenosa. Está conformada por especies de porte herbáceo y rastrero que no superan el metro de altura, aunque la altura promedio es de 45 cm. Estas especies se caracterizan por su gran tolerancia a la insolación, la salinidad y la falta de nutrientes. En el área de estudio forman una franja que crece aledaña a la vegetación de manglar y presenta un ancho promedio de 3 m. En el área donde se encuentra este tipo de vegetación no existe una duna costera, sino que el relieve es sensiblemente plano hasta llegar al mar.



Figura 126. Vegetación halófila costera en la playa del SAR.

En este tipo de vegetación se registraron 10 especies diferentes pertenecientes a 8 familias. Aunque no se registraron en los sitios de muestre también se observa Cocos nucifera,

Tabla 30. Listado de especies de plantas vasculares registradas en la vegetación halófila costera.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Amaryllidaceae	*Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.	lirio de mar
Brassicaceae	*Cakile lanceolata* (Willd.) O. Schultz.	cakile
Combretaceae	*Terminalia catappa* L.	almendro
Compositae	*Flaveria linearis* Lag.	

Familia	Nombre científico	Nombre común
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.	riñonina
Gentianaceae	*Eustoma exaltatum* (L.) Salisb.	
Poaceae	*Distichlis spicata* (L.) E. Greene. var. spicata	pasto salado
Poaceae	*Eleusine* sp.	
Poaceae	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.	carrizo
Solanaceae	*Solanum donianum* Walp.	tomatillo

IV.3.3.1 Especies de vegetación en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el SART.

Del total de especies registradas en el predio del proyecto, nueve se encuentran enlistadas bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010[9] y la modificación del

Tabla 31. Especies en riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 registradas en el predio del proyecto. A: amenazada; Pr: bajo protección especial.

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059
Acanthaceae	*Avicennia germinans* (L.) L.	mangle negro	A
Anacardiaceae	*Astronium graveolens* Jacq.	jobillo	A
Arecaceae	*Thrinax radiata* Lodd. Ex Schult. & Schult. f.	chit	A
Bignonaceae	*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose	makulix amarillo	A
Combretaceae	*Conocarpus erectus* (L.)	botoncillo	A
Combretaceae	*Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f.	mangle blanco	A
Meliaceae	*Cedrela odorata* L.	cedro	Pr
Nolinaceae	*Beaucarnea pliabilis* (Baker) Rose.	despeinada	A
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle* L.	mangle rojo	A

IV.3.3.2 Fauna Terrestre

A pesar de estar confinados por las barreras físicas que delimitan el SART, en él se encuentran representados casi todas las especies de fauna terrestres reportadas para Quintana Roo, debido a que en gran parte de éste existe cobertura vegetal ya que al uso primordial en el sitio son centros hoteleros, los cuales permiten y en algunos casos promueven la permanencia de fauna.

En Quintana Roo, López-González, en 1991 registró 316 especies de tetrápodos (aves, anfibios, reptiles y mamíferos), de los cuales de acuerdo con la guía de impacto ambiental es innecesario en este caso presentar listados exhaustivos, ya que la interacción entre el proyecto y la fauna terrestre se prevé que sea nula, sin embargo se incluye esta franja de terreno en el SAR del presente proyecto, debido a los procesos abióticos, que conectan el sistema marino con el terrestre y que crean la zona litoral en la cual se desarrolla el proyecto.

9 MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. (14 de noviembre de 2019 DIARIO OFICIAL)

Para el SART se realizó un estudio exhaustivo de fauna, y que consistió en el muestreo de 20 estaciones por 4 especialistas durante 3 días; en el mes de mayo dentro del predio, cuyas coordenadas e imagen en el terreno se presentan en la siguiente figura

Las coordenadas con base en el DATUM WGS 84 16Q), relacionadas con el tipo de vegetación (VS= Vegetación Secundaria, MG= Manglar) Los resultados de los reconocimientos realizados en los sitios de observación arrojan un total de 36 especies (4 reptiles, 24 aves y 8 mamíferos); los cuales se enlistan en la siguiente tabla, de ellos hay 13 especies comunes a los dos tipos de vegetación considerados y 3 especies tienen la categoría de Amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Aratinga nana, Ctenosaura similis* y *Patagioenas flavirostris*,



Figura 127. Ubicación de los sitios de observación para el análisis de la fauna del proyecto.

Tabla 32 Especies registradas en la microcuenca.

No	ORDEN/FAMILIA	ESPECIE	VS	MG	NOM-059
REPTILES					
1	Corytophanidae	*Basiliscus vittatus Wiegmann, 1828*	4		
2	Iguanidae	*Ctenosaura similis (Gray, 1831)*	30	8	A
3	Iguanidae	*Sceloporus chrysostictus Cope, 1866*	7		
4	Polychrotidae	*Anolis rodriguezii Bocourt, 1873*	2	1	
AVES					

No	ORDEN/FAMILIA	ESPECIE	VS	MG	NOM-059
1	Accipitridae	*Buteo nitidus (Latham, 1790)*	1		
2	Ardeidae	*Nyctanassa violacea (Linnaeus, 1758)*		3	
3	Cathartidae	*Cathartes aura (Linnaeus, 1758)*	20	2	
4	Charadriidae	*Charadrius nivosus (Cassin, 1858)*		9	
5	Charadriidae	*Pluvialis squatarola (Linnaeus, 1758)*		4	
6	Columbidae	*Columbina passerina (Linnaeus, 1758)*	3		
7	Columbidae	*Leptotila jamaicensis (Linnaeus, 1766)*	1		
8	Columbidae	*Patagioenas flavirostris (Wagler, 1831)*	10		A
9	Columbidae	*Zenaida asiatica (Linnaeus, 1758)*	9	1	
10	Corvidae	*Cyanocorax yucatanicus (Dubois, 1875)*	23		
11	Cracidae	*Ortalis vetula (Wagler, 1830)*	20		
12	Icteridae	*Icterus chrysater (Lesson, 1844)*	7	5	
13	Icteridae	*Icterus cucullatus Swainson, 1827*	6	2	
14	Icteridae	*Icterus mesomelas (Wagler, 1829)*	7	1	
15	Icteridae	*Quiscalus mexicanus (Gmelin, 1788)*	24	21	
16	Laridae	*Leucophaeus atricilla (Linnaeus, 1758)*		8	
17	Mimidae	*Mimus gilvus (Vieillot, 1808)*	23	14	
18	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis Linnaeus, 1766*		6	
19	Picidae	*Melanerpes aurifrons (Wagler, 1829)*	3	1	
20	Psittacidae	*Aratinga nana (Vigors, 1830)*	25		A
21	Trochilidae	*Amazilia rutila (Delattre, 1843)*	1		
22	Tyrannidae	*Myiozetetes similis (Spix, 1825)*	10		
23	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)*	18	16	
24	Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819*	16	2	
		MAMÍFEROS			
1	Cervidae	*Odocoileus virginianus (Zimmermann, 1780)*	4		
2	Cricetidae	*Sigmodon hispidus Say and Ord, 1825*	1		
3	Dasyproctidae	*Dasyprocta punctata Gray, 1842*	2		
4	Felidae	*Felis catus Linnaeus, 1758*	1		
5	Procyonidae	*Nasua narica (Linnaeus, 1766)*	2		
6	Procyonidae	*Procyon lotor (Linnaeus, 1758)*		3	
7	Sciuridae	*Sciurus yucatanensis J. A. Allen, 1877*	1	1	
8	Tayassuidae	*Pecari tajacu (Linnaeus, 1758)*	15		
		TOTAL DE ESPECIES	30	19	
		TOTAL DE REGISTROS	296	108	

IV.3.3.3 Fauna en la franja litoral

En la franja litoral del área de aplicación del proyecto, la fauna es escasa, debido principalmente a que la flora también lo es, en el sitio, el vertebrado corresponde a los siguientes:

- ✓ Mamíferos; Se resumen a pequeños y medianos mamíferos, habiéndose encontrado rastros de las siguientes tres especies de este grupo; ardilla (*Sciurus yucatanensis*), mapache (*Procyon lotor*), coatí (*Nasua narica*), *todos estos solo van de paso por el área y pueden encontrar mejor refugio en el área de manglar de la laguna intermitente.*

- ✓ Reptiles. - Para este grupo únicamente se registraron tres especies en la barra arenosa; la lagartija (*Anolis rodriguezii*), iguana rayada (Ctenosaura similis)
- ✓ Aves. - Este grupo fue el que más registros tuvo con 12 especies, pertenecientes a 12 familias. La mayoría de las especies observadas son especies características de zonas con cierto grado de perturbación como el zanate (*Quiscalus mexicanus*), que es frecuente su observación. se registraron dos especies migratorias: *Dendroica petechia aestiva* (chipe amarillo) y *Parula americana* (parula norteña).

Familia	Especie	Nombre común
Cardinalidae	Passerina cyanea	Colorín azul
Cathartidae	Cathartes aura	Zopilote aura
Columbidae	Columbina talpacoti	Tórtola rojiza
Iceridae	Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano
Laridae	Leucophaeus atricilla	Gaviota reidora
Mimidae	Mimus polyglottos	Cenzontle norteño
Parulidae	Dendroica petechia	Chipe amarillo
Parulidae	Parula americana	Parula norteña
Pelecanidae	Pelecanus occidentalis	Pelícano café
Phalacrocoracidae	Phalacrocorax auritus	Cormoran olivaceo
Picidae	Melanerpes auriforns	Carpintero chejé
Trochiilidae	Amazilia rutila	Colibrí canela
Tyrannidae	Tyrannus melancholicus	Tirano tropical
	Zenaida asiatica	Paloma alas blancas

El grupo más abundante fue el de las aves. En general el hábitat se observa afectado y las especies de fauna presentes en el sitio corresponden a especies que se adaptan a la perturbación o que solo van de paso.

En la zona litoral del SART, NO se encontraron especies de fauna que estuvieran incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, NI de aves o reptiles. Por lo que no se requiere de un programa de rescate de fauna, aunque la supervisión durante la construcción será constante, en caso de encontrar algún organismo de lento desplazamiento, se le ayudará a llegar a un sitio más seguro, en las áreas de conservación. En el área en de aplicación del proyecto no ocurre el proceso de anidación de la tortuga marina, debido a que la barra arenosa es muy estrecha y somera, sin embargo, en el SAR se presenta la anidación de las cuatro especies, de las cuales la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) son las más representativas, ocasionalmente anida la tortuga carey (Eretmochelys imbricata) y excepcionalmente se ha registrado la anidación de tortuga laúd (*Dermochelys coriácea*).

IV.3.4 MEDIO BIÓTICO MARINO.

Por la naturaleza del proyecto, la parte más relevante desde el punto de vista biótico se encuentra en el sistema marino, ya que es en este en el que se realizará la colocación de las estructuras, que funcionaran como arrecifes artificiales, así como se rehabilitara lo que se ha perdido de playa y se colocarán las estructuras que funcionarán como vertedero o boca de desfogue, en caso de lluvias excesivas o eventos meteorológicos extraordinarios, además de esto, es relevante que el sitio tiene alta conectividad entre sí a causa de las corrientes.

Por ello se realizó una caracterización completa del SAR, el cual en la parte marina tiene un área de 2256.05 hectáreas, esta caracterización fue realizada por especialistas en el área y fue reportada mediante el documento denominado Caracterización Marina Bahía del Carmen el cual se presenta adjunto para su consulta en detalle. Para efectos del presente capitulo se presenta el resumen de los métodos y resultados obtenidos a continuación:

La definición de ambientes fue la acción inicial para la caracterización, que consiste en reconocer mediante la bibliografía, cartografía e interpretación de imágenes aéreas la distribución de ambientes que se encuentran en el área georreferenciada del SAR, esto se logró mediante; el análisis de fotografías aéreas y mediante el mapa de cobertura bentónica del ecosistema arrecifal coralino del Caribe Mexicano que publicó la CONABIO en el 2017 que contempla desde la línea de costa hasta los 20 m de profundidad mediante la clasificación e interpretación de imágenes satelitales World View-2 e información colectada *in situ*.. (CONABIO, 2017) en esta publicación se reconocen nueve paisajes o condiciones del paisaje arrecifal en la región

Con esta información de base se realizó una prospección subacuática para corroborar en campo el tipo de sustrato y comunidad bentónica dominante con puntos referenciados geográficamente.

Para ello se llevaron a cabo prospecciones en diversos puntos para reconocer el patrón de zonación general y definir los límites entre subzonas; y posteriormente se realizaron muestreos en sitios puntuales en toda el área de estudio, en donde se registró información como la profundidad, tipo de ambiente, comunidad bentónica dominante, así como un levantamiento del listado de especies de los principales grupos taxonómicos con su referencia geográfica, con ello se realizó una definición de los ambientes presentes en el SARM, y se establecieron los límites de estos ambientes para generar el mapa que representa la estructura general de la biota marina en este lugar.

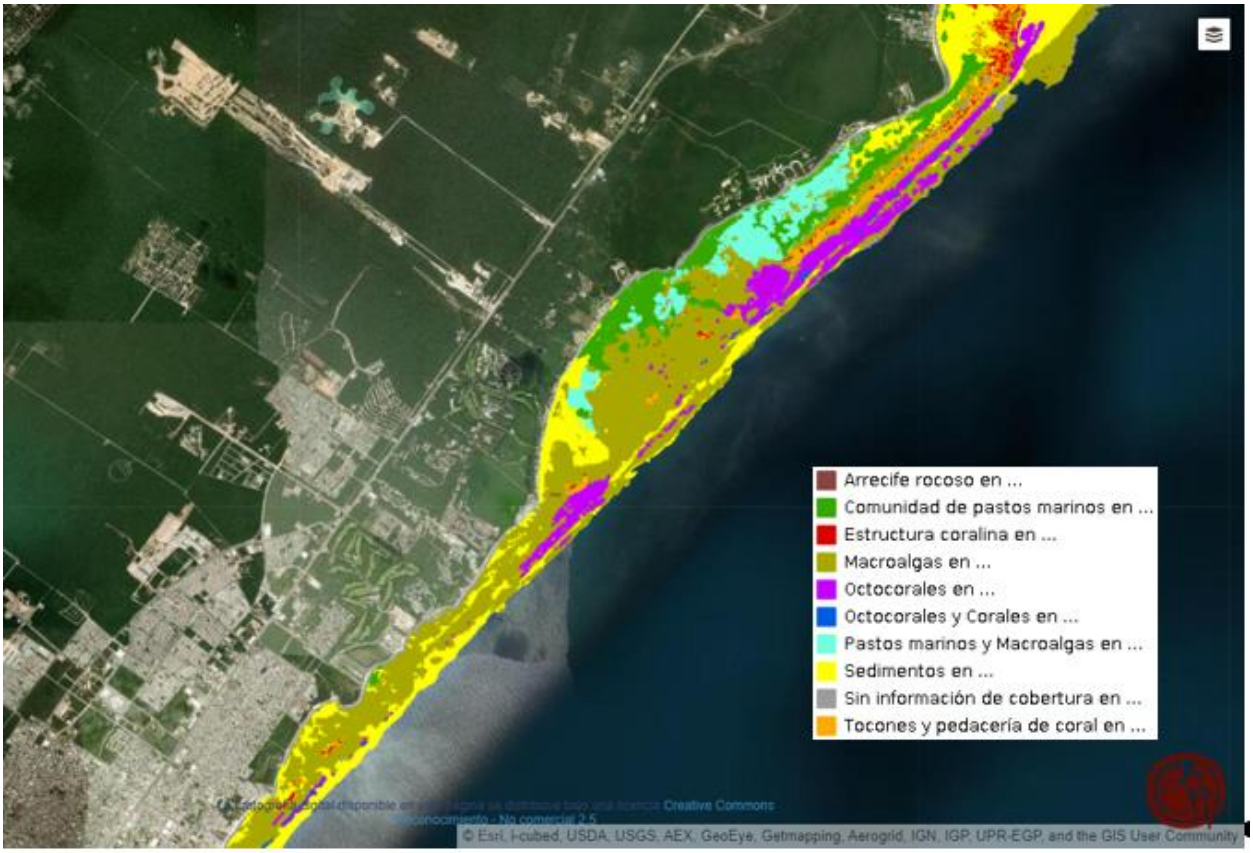


Figura 128 Mapa de cobertura bentónica del ecosistema arrecifal coralino CONABIO. *(http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/coberturagw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.x sl&_indent=no).*

Mediante este plano y una prospección subacuática, en puntos referenciados geográficamente. en el SAR, se reconocieron siete zonas, su patrón y los límites entre subzonas: los cual está relacionadas con la zonificación propuesta para los arrecifes de esa región (Gutiérrez, *et al*, 1993a y Padilla, *et al*., 1994).

Las categorías que se utilizaron en el mapa de ambientes del presente estudio son diferentes a las que reconoce CONABIO (2017), toda vez que se consideró que la nomenclatura y la distribución de los mismos no siempre correspondían a la zonación arrecifal y a las observaciones de campo.

En este sentido se consideró que las categorías que CONABIO definió como “arrecife rocoso”, “tocones y pedacería de coral” y “estructura coralina” no son claramente diferenciables en campo. Por otro lado, la categoría denominada “sedimentos” que utiliza CONABIO no diferencia entre los bancos de arena que forman en la parte somera dentro de la Laguna arrecifal, de aquellos que forman el canal de arena en la parte profunda, ni de las áreas con sustrato de laja con una capa de sedimentos. Por otro lado, se considera confuso que exista una categoría denominada “octocorales” y otra “octocorales y corales”; al igual que las categorías denominadas “comunidad de pastos marinos” y “pastos marinos y macroalgas”.

Siendo así, en el presente estudio se definieron las categorías de tipo de ambiente, considerando en primer lugar el tipo de sustrato, identificando claramente aquellos que están

formados por sustrato rocoso (laja con macroalgas, laja con gorgonaceos y pedacería de rocas calcáreas), de aquellos que presentan una estructura coralina (cresta arrecifal), de los sustratos arenosos (arenal somero y canal de arena) y los que presentan pastos marinos (pradera de pastos marinos). En esta categoría resulta evidente que algunos tipos de sustratos se presentan variaciones en cuanto a la comunidad bentónica dominante, por lo que se consideran ambientes diferentes, dando en total los siguientes 7 tipos de ambientes

1. Arenal somero
2. Pedacería de rocas calcáreas
3. Pradera de pastos marinos (
4. Cresta arrecifal
5. Laja con macroalgas
6. Laja con gorgonaceos
7. Canal de arena

Con la información generada se diseñó el muestreo de la siguiente manera:

1. **Caracterización del SARM**, para el cual se utilizó un diseño estratificado, considerando cada tipo de ambiente identificado.
2. **Caracterización intensiva del banco de arena**, al cual se dirigió especial atención para su caracterización de fondos, así como biótica identificar los sitios susceptibles de aprovechamiento.
3. **Caracterización específica** de los sitios destinados para la colocación de infraestructura, el cual consistió en un barrido total de los sitios que serán ocupados por los tres rompeolas propuestos para el proyecto que nos ocupa.

El muestreo de la comunidad biológica se llevó a cabo en todo el Sistema Ambiental Regional Marino (SARM), que corresponde a la Macrocelda, y de manera más detallada e intensiva en la microcelda (Figura 4 y 5).

Se obtuvo información en campo para llevar a cabo un análisis de la comunidad de organismos arrecifales 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:

- ESCLERACTINIOS (Corales duros)
- GORGONÁCEOS (Corales blandos)
- ICTIOFAUNA (Peces arrecifales)
- VEGETACIÓN MARINA (Macroalgas y pastos marinos)
- INVERTEBRADOS

IV.3.4.1 Metodología

Para la caracterización general del SARM, se utilizó el método de muestreo conocido como estratificado que consiste en identificar unidades discretas dentro del paisaje y dentro de ellas establecer al menos un punto de caracterización, para asegurar que todas la unidades de paisaje, que en este caso se designaron como tipos de ambiente, fueran muestreadas. Así se, designaron 23 sitios de muestreo de los cuales 10 se encuentran dentro de la microcelda (Figura 129) y 13 distribuidos en el resto del SAR en su parte marina (SARM), tal como puede observarse en la Figura 130, de los cuales se relacionan sus coordenadas geográficas con el tipo de ambiente y abreviatura en la Tabla 33.

En total fueron 7 ambientes, de los cuales 6 se encontraron representados dentro de la macrocelda y 3 en la microcelda, en este último se identificó al ambiente denominado Pedacería de Rocas calcáreas, que no se identificó en el resto del SARM.

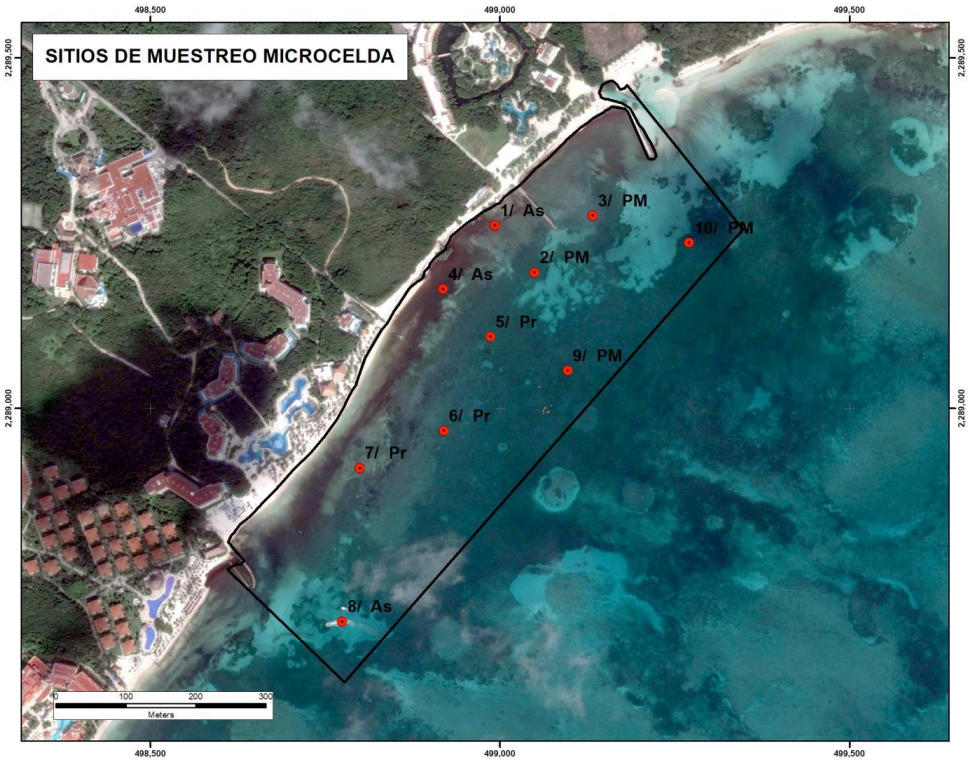


Figura 129 Sitios de muestreo dentro de la microcelda para la caracterización marina los sitios de muestreo diseñados para la microcelda se denotan con números

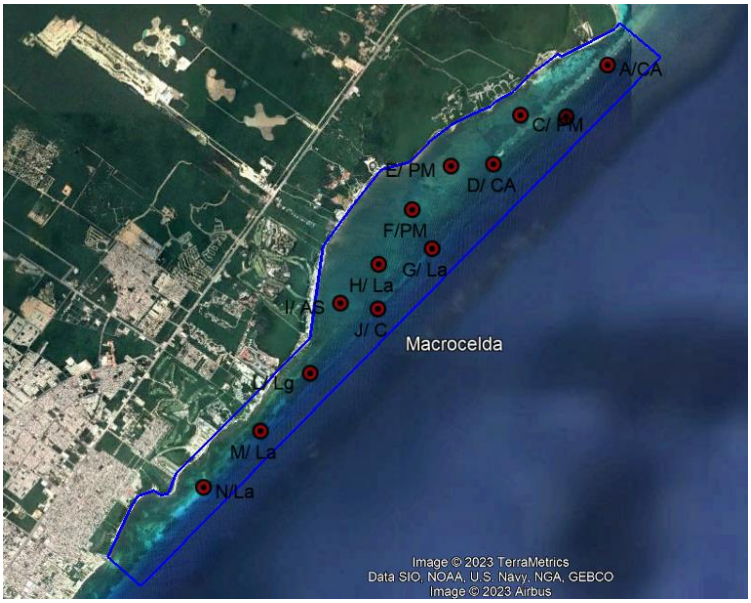


Figura 130 Sitios de muestreo dentro del Sistema Ambiental Regional Marino (SARM) representados con letras

Tabla 33 Coordenadas de los sitios de muestreo repartidos en los siete tipos de ambiente presentes en el SARM y tres tipos de ambiente en la microcelda

Área de muestreo	Tipo de ambiente	Abreviatura	Sitio de muestreo	X	Y
Microcelda	Arenal somero	As	1	498993	2289261
		As	4	498919	2289170
		As	8	498775	2288696
	Pedacería de Rocas calcáreas	Pr	5	498987	2289102
		Pr	6	498920	2288968
		Pr	7	498800	2288915
	Pradera de Pastos marinos	PM	2	499050	2289194
		PM	3	499133	2289275
		PM	9	499097	2289054
		PM	10	499271	2289236
SARM (Macrocelda)	Arenal somero	As	I	498427	2286918
	Cresta arrecifal	CA	A	503618	2291551
		CA	D	501390	2289619
	Laja con macroalgas	La	G	500205	2287987
		La	H	499171	2287683
		La	M	496866	2284425
		La	N	495775	2283351
	Laja con gorgonáceos	Lg	B	502823	2290541
		Lg	L	497838	2285568
	Pradera de Pastos marinos	PM	C	501930	2290577
		PM	E	500578	2289586
	Pradera de Pastos marinos	PM	F	499821	2288739
	Canal de arena	C	J	499160	2286813

A) Caracterización intensiva del banco de arena.

El banco de arena destinado para proveer de este material al proyecto, se encuentra en suroeste del SARM (Figura 131), fue identificado como el mejor sitio cercano al proyecto,

mediante los estudios oceanográficos específicos, su extensión práctica, se calculó en 14.5 has, que contienen alrededor de 32062 m^3 de arena susceptibles de ser utilizados, sin afectar el sito ya que estos se encuentran fuera de la dinámica de las playas y se encuentra sujeta a la dinámica de mar adentro en donde únicamente se esperaría que por efecto de las corrientes esta arena ya no regresa a las playas, sino que se incorpora cada vez a mayores profundidades, perdiendo utilidad práctica para la playa.

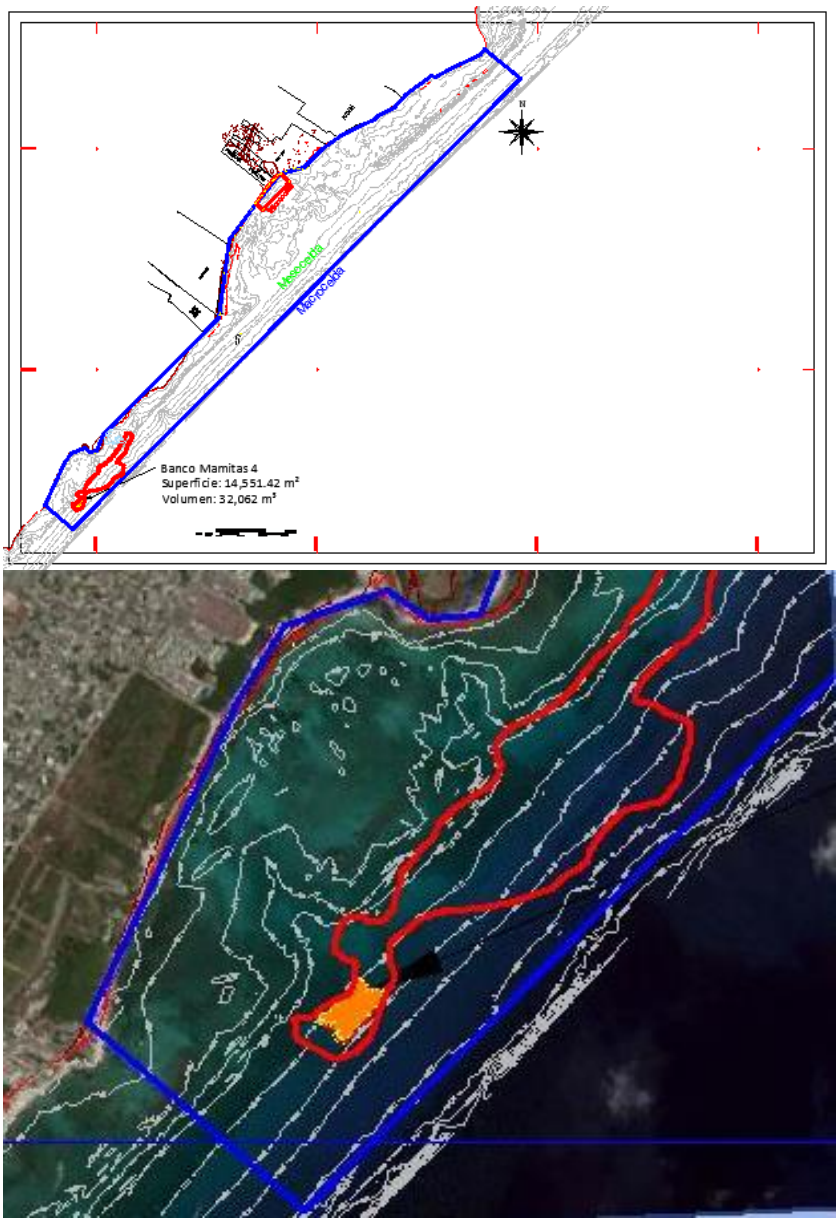


Figura 131 Banco de arena (polígono rojo) al suroeste de SAR (Arriba), ubicación del sitio de aprovechamiento dentro del banco, denotado como un polígono amarillo (Abajo).

B) Sustratos asociados al banco de arena

En este sitio el objetivo específico, consistió en caracterizar los sustratos asociados en el área identificada como susceptible de aprovechamiento, en esta caracterización el propósito es identificar elementos bióticos que en su caso deban ser respetados durante las acciones de aprovechamiento.

Para lo anterior se realizaron líneas de barrido paralelas a la longitud mayor del polígono que se identificó como aprovechable dentro del banco (Figura 132), durante las cuales se tomaron datos sobre el tipo de sustrato y la profundidad. Considerando que en ese momento el propósito fue un levantamiento de tipos de sustrato, solo se registraron algunas de las especies observadas y se tomaron fotografías en áreas específicas donde se encontraron pastos marinos o comunidades coralinas, para posteriormente realizar la caracterización biótica.

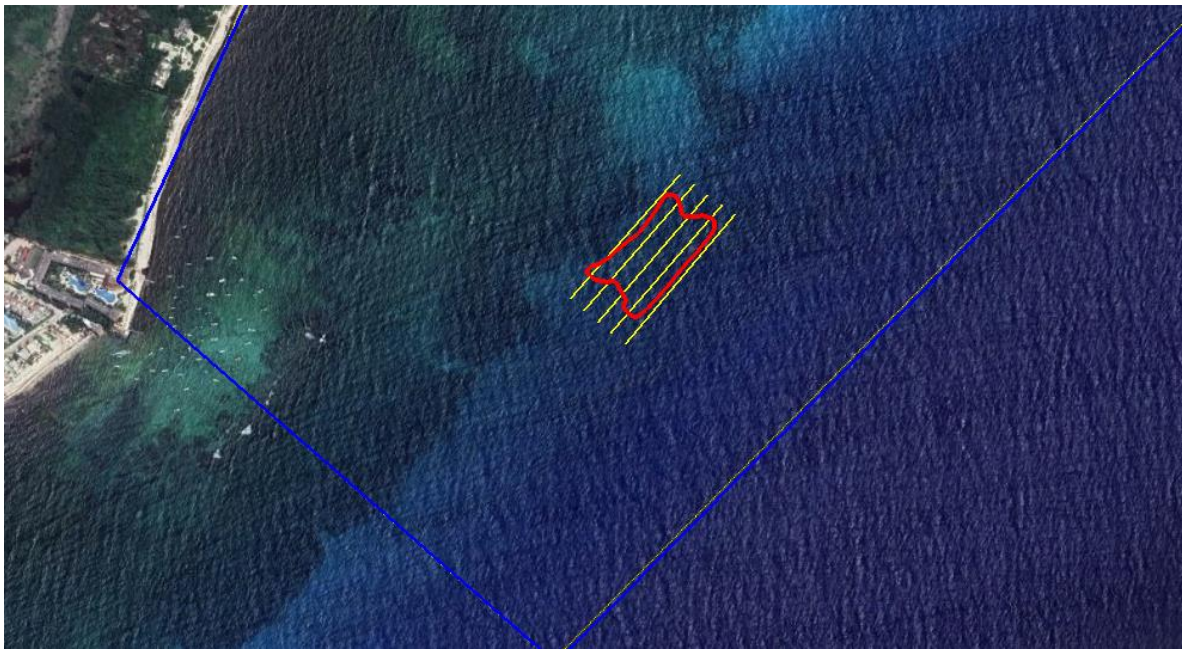


Figura 132 Líneas de barrido para registro de tipos de sustratos en el arenal denominado Mamitas 4.

C) Caracterización Biótica del banco de arena

El área identificada como susceptible de aprovechamiento, fue caracterizado con las mismas técnicas y métodos, que los utilizados para el SARM, abarcando los sustratos identificados.

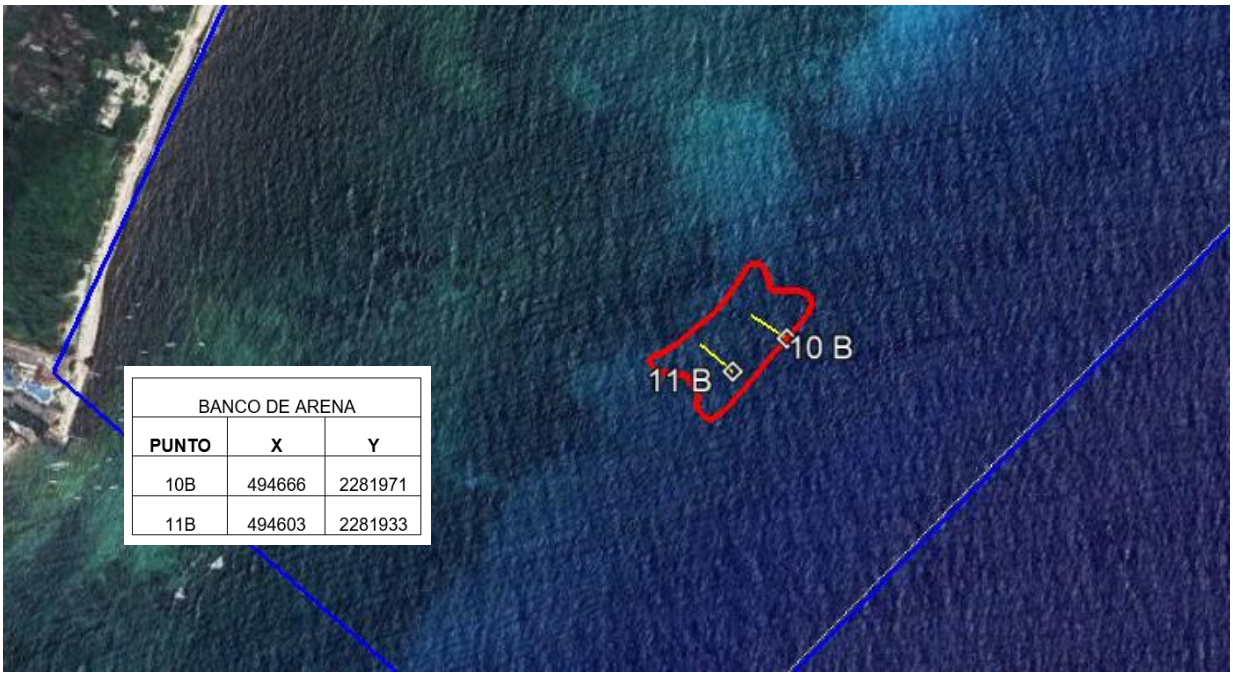
En este polígono se registraron en campo las características del área identificada como banco de arena, tales como profundidad, tipo de sustrato y biota predominante. Para ello se realizaron 4 puntos de muestreo cuyas coordenadas se presentan en la Figura 133.

ID	AMBIENTE	COORDENADAS UTM	
		X	Y
Mam4A	Arenal Mamitas 4	494495.35 m E	2281936.29 m N
Mam4B	Arenal Mamitas 4	494519.17 m E	2281859.86 m N
Mam4C	Arenal Mamitas 4	494658.77 m E	2282062.36 m N
Mam4D	Arenal Mamitas 4	494639.00 m E	2281978.47 m N



Figura 133. Puntos de muestreo y sus coordenadas en el banco de arena Mamitas 4

Adicionalmente se realizaron dos transectos de 50 metros cada uno, denotados como 10B y 11B colocados en el sitio especifico en donde se realizará el aprovechamiento de arena, con el propósito de registrar los elementos bióticos que ahí pudiesen encontrarse, tales como vegetación, corales duros, corales blandos y peces. La disposición de los transectos, sus coordenadas y las acciones de muestreo puede observarse en la Figura 134 y 10



BANCO DE ARENA		
PUNTO	**X**	**Y**
10B	494666	2281971
11B	494603	2281933

Figura 134.-Ubicación de los transectos de 50 metros cada uno (líneas amarillas), dentro del área destinada para aprovechamiento del banco de arena (polígono rojo).





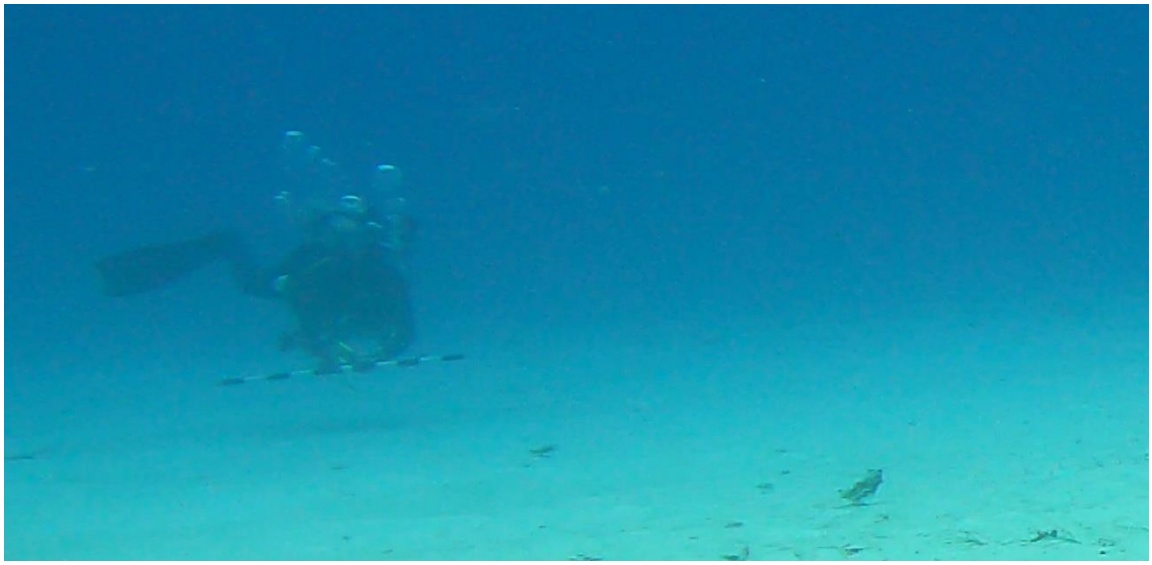


Figura 135. Caracterización en el sitio específico del banco de material, destinado para el aprovechamiento de arena, A) videotransectos para corales duros y blandos, b) vegetación sumergida, c) ictiofauna.

D) Caracterización de los sitios para colocación de infraestructura.

Con el propósito de registrar los elementos bióticos que pudieran encontrarse en el sitio destinado para la colocación de los rompeolas y que, en su momento, deban ser sujetos de rescate, se caracterizó de forma específica el área que ocuparan estos. Para ello se realizaron transectos a lo largo las áreas que ocupara cada uno de los rompeolas, en donde se registraron las condiciones prevalecientes en ellos, así como vegetación, corales duros, corales blandos y peces, cada transecto fue marcado en el eje de cada rompeolas al inicio a la mitad y al final de cada rompeolas, estos puntos fueron denotados con el número de rompeolas y el número de punto, tal como puede observarse en la Figura 136 y las coordenadas de cada punto en la Tabla 34



Figura 136. Ubicación de los transectos, dentro del área de cada uno de los rompeolas (líneas amarillas).

Tabla 34. Coordenadas de los puntos iniciales y finales de cada transecto sobre el área en donde se proponen los rompeolas.

PUNTO EN ROMPEOLAS	X	Y	UBICACIÓN EN EL TRANSECTO.
R1-1	499029	2289150	Inicio
R1-2	499070	2289177	Medio
R1-3	499113	2289209	Final
R2-1	498931	2289051	Inicio
R2-2	498962	2289089	Medio
R2-3	498984	2289114	Final
R3-1	498931	2288983	Inicio
R3-2	498946	2289003	Medio
R3-3	498971	2289015	Final

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 cadena de 20 m de longitud (*sensu* Loya, 1972), como referencia para estimar la composición específica, distribución, abundancia y diversidad de los taxa de organismos arrecifales.

Para los escleractinios el transecto sirvió para contar el número de eslabones de la cadena que abarcaba cada colonia. Para los gorgonáceos, los peces y los invertebrados, el transecto se usó como referencia para contar el número de organismos presentes a 1 m de distancia del mismo; considerando además la columna de agua en el caso de los peces. Para la vegetación marina (algas y pastos) el transecto fue la referencia para colocar cuadrantes de 625 cm2 a cada 5 metros sobre el transecto, para estimar el número de cuadros de 5x5 cm que ocupa cada especie (Figura 137).

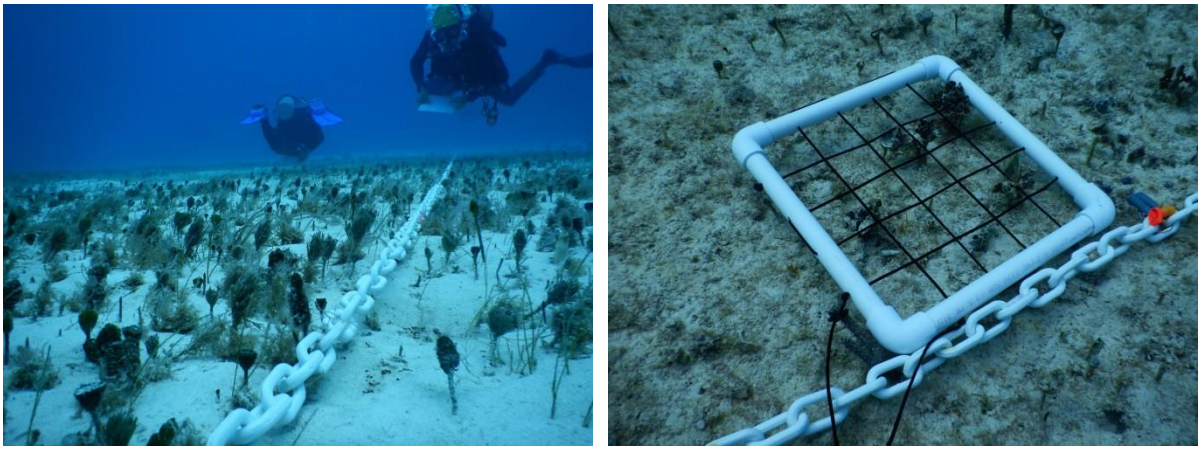


Figura 137 . Muestreo mediante el uso de cuadrantes y transectos.

La identidad taxonómica de los organismos registrados durante el muestreo se determinó *in situ*. Para los scleractinios se utilizaron las claves y guías de campo Smith 1972), Greenberg y Greenberg (1977), Castañares 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 (1993a). Para peces se emplearon las claves de Chaplin (1972), Greenberg y Greenberg (1977) y Stokes (1984).

Adicionalmente se hicieron mediciones para estimar el tamaño de los organismos y se hicieron anotaciones con respecto a la condición que guardan 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 con el taxón, según como se describe más adelante. Con la información recabada se estimaron 6 parámetros básicos de la comunidad de organismos arrecifales para evaluar la condición actual en que se encuentran y emitir un diagnóstico ambiental del sitio de estudio, tal como se muestra en la Tabla 35 y posteriormente, se explica cada uno de ellos:

IV.3.4.2 Metodología de análisis

De los resultados de los muestreos se realizaron los siguientes análisis:

Tabla 35. Parámetros medidos por cada Taxa

PARÁMETRO	TAXA	REGISTRO
Abundancia	Escleractinios	cobertura (porcentaje de tejido vivo)
	Algas	cobertura (porcentaje de tejido vivo)
	Gorgonáceos	densidad (número de colonias/individuos)
	Peces	densidad (número de colonias/individuos)
Diversidad:	Escleractinios	Con la abundancia se calculó Riqueza específica e índice de diversidad de Shannon Wiener (H'); Equitabilidad (J'), Y heterogeneidad
	Algas	
	Gorgonáceos	
	Peces	
Estructura de tallas:	Escleractinios	tamaño de las colonias
	Gorgonáceos	
	Peces	Talla
Condiciones del organismo	Escleractinios	categorías de daño
	Gorgonáceos	
Grupos funcionales:	Algas	tipo de pigmento fotosintético
	Peces	tipo de alimentación

E) Abundancia:

Se obtuvo una estimación de abundancia para todos los grupos taxonómicos de organismos arrecifales considerados en el estudio. En el caso de los escleractinios y las algas se hizo una estimación de la cobertura de cada uno de estos taxa, expresada como el porcentaje de tejido vivo que cada uno ocupó en el transecto. En el caso de los gorgonáceos 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. También se incluye un listado de especies por grupo taxonómico con un estimador de abundancia relativa por especie para cada una de las zonas de muestreo. Cabe mencionar que los listados de especies no incluyen los nombres comunes de las especies, porque la mayoría no lo tiene definido. Este estimador de abundancia relativa se presenta en categorías, de acuerdo a lo descrito en la Tabla 36.

Tabla 36. 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 %

F) Diversidad:

A partir de los datos de abundancia específica se obtuvieron dos estimadores de la diversidad por taxón para cada una de las subzonas de muestreo: 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.

G) Estructura de tallas:

El tamaño de las colonias se registró para los escleractinios, los 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 escleractinios se consideró el diámetro mayor de cada colonia, para los gorgonáceos se midió la altura máxima de cada colonia, 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 definen las categorías de talla para cada taxón que se muestra en la Tabla 37. El análisis se presenta como un histograma de frecuencias por taxón y por subzona.

Tabla 37. Categorías de talla para los escleractinios, gorgonáceos y peces.

Clase de talla	ESCLERACTINIOS	GORGONÁCEOS	PECES
I	<5 cm	juvenil	<5cm
II	5-10 cm	adulto	5-10 cm
III	10-20 cm	recluta	10-20 cm
IV	20-40 cm		20-30 cm
V	>40 cm		>30 cm

H) Condiciones del organismo:

Esta evaluación se hizo de manera cualitativa en los escleractinios y en los gorgonáceos por ser los organismos más importantes en cuanto a su papel ecológico y abundancia, a través del registro del tipo de daño que pudieran presentar sus colonias. Para ello se consideraron diferentes categorías de daño dependiendo del taxón, según se explica en la Tabla 38. El análisis se presenta como histograma de frecuencias relativas de categorías de daño por subzona.

Tabla 38. Categorías de condición de los organismos para escleractinios y gorgonáceos.

Categoría	Condición del organismo	Categoría	Condición del organismo
Sana	Sin tejido dañado	Sana	Sin tejido dañado
Daño	Tejido dañado por sedimento blanqueamiento o enfermedad	Daño	Tejido con algún tipo de daño o enfermedad

l) Grupos funcionales:

Se realizó un análisis de la distribución de frecuencias por taxa de acuerdo a los grupos tróficos para los peces arrecifales y para la vegetación marina se realizó un análisis de grupos funcionales de acuerdo al *phylum* al que pertenecen y el tipo de pigmento fotosintético presente en las algas. Las categorías se presentan en la Tabla 39 El análisis se presenta como histograma de frecuencias relativas de categorías de grupos funcionales por subzona.

Tabla 39. 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
Omni	Omnívoro	Rcar	Rodofitas (roja) carnosa
		Rcal	Rodofitas (roja) calcáreas
		Café	Feofitas
		Pasto	Pastos marinos
		Cian	Cianofita

Las categorías tróficas para agrupar a los peces arrecifales de acuerdo a sus hábitos alimenticios se definen de la siguiente manera:

- **Bentófago**: Se alimenta de cangrejos, camarones, anélidos, gasterópodos, estomatópodos, peces.
- **Herbívoro**: Dieta a base de algas y pastos marinos.
- **Omnívoro**: Consumen algas, anélidos, peces, copépodos, gasterópodos, antozoos, tunicados, cangrejos, esponjas, equinodermos.

IV.3.4.3 Descripción del área de estudio:

En el área de estudio para el proyecto, se reconocieron 7 tipos de ambientes en la macrocelda y 3 tipos de ambientes dentro de la microcelda, de acuerdo a sus características de tipo de sustrato, profundidad, topografía del lugar, así como de la biota marina dominante. Cada una de las 2 secciones presenta una asociación de ambientes específica en función de su patrón de zonación, tal como se muestra en los siguientes resultados

1) El mapa de zonificación para cada ambiente, los cuales se muestran en la Figura 138 .

2) El mapa de zonificación en la microcelda en donde se observa la extensión del ambiente que se denominó pedacería de rocas calcáreas y la ubicación de cada uno de los rompeolas con respecto a los ambientes presentes en esta celda (Figura 139).

3) En la Tabla 40 se muestra la superficie que ocupa cada uno de los ambientes identificados, con respecto a la Macrocelda (SARM) y a la microcelda.

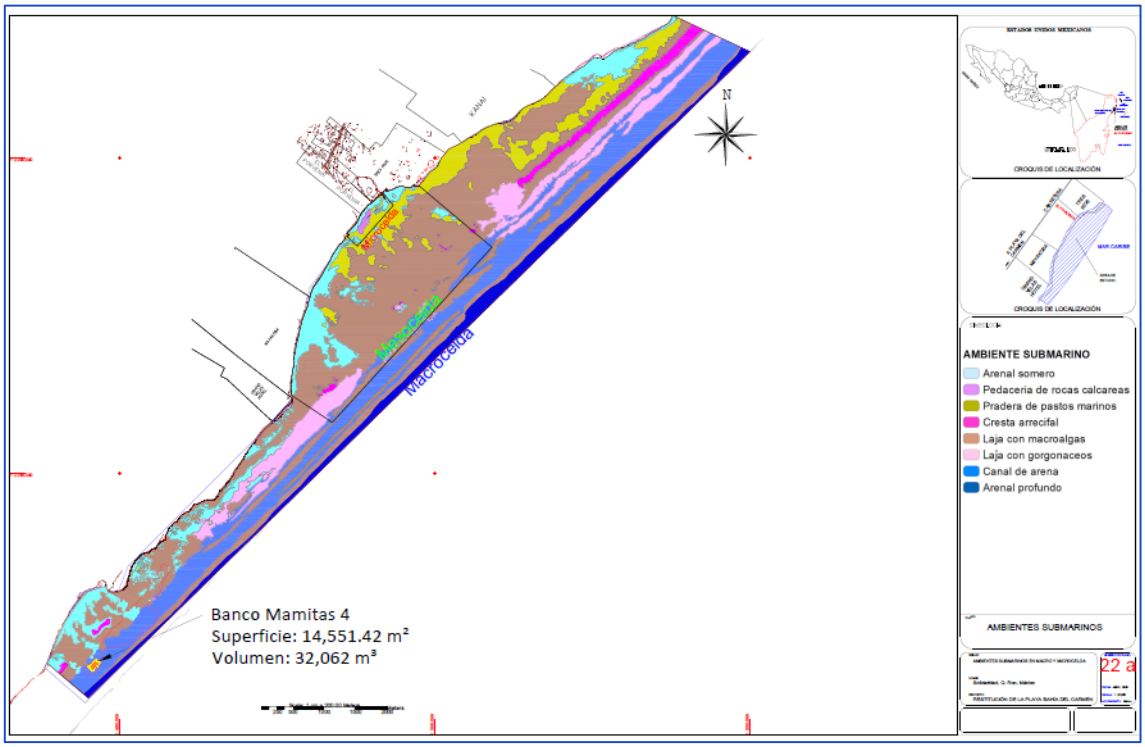


Figura 138 . Mapa de ambientes del Sistema Ambiental (SARM) para el proyecto

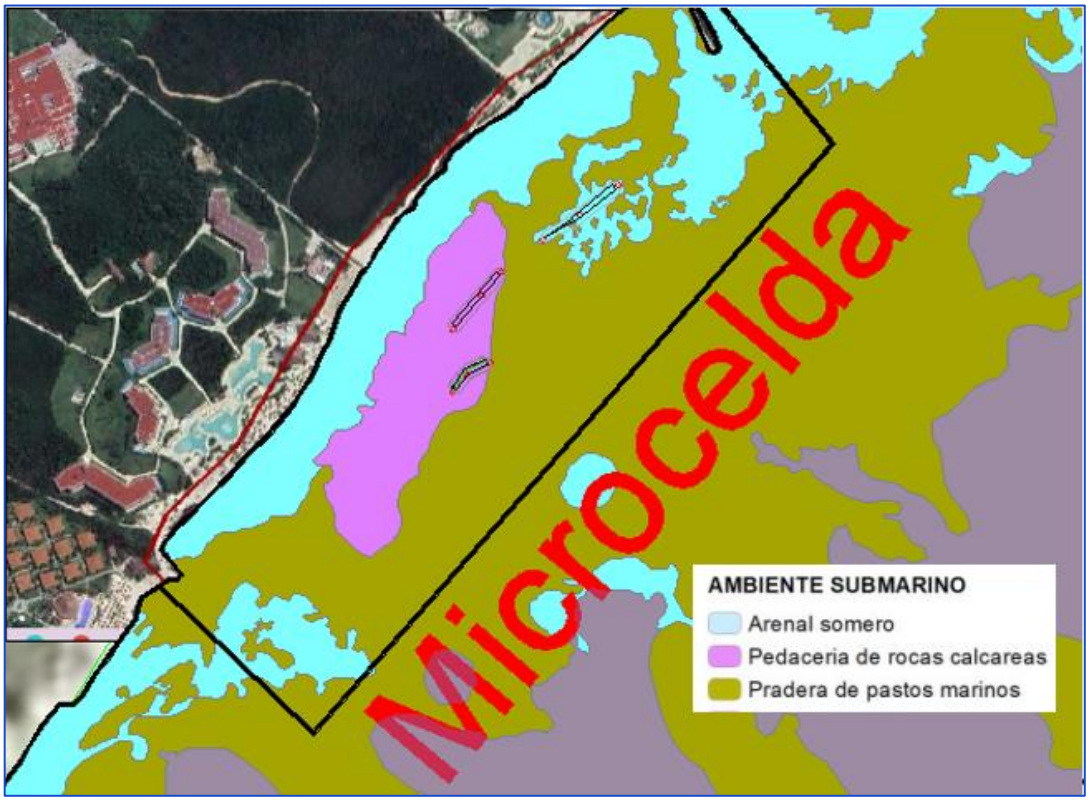


Figura 139 Mapa de ambientes de la microcelda para el proyecto

Tabla 40. Superficie por tipo de ambiente para el proyecto, expresado en número de hectáreas (ha) y en porcentaje (%), para el SARM y para la microcelda.

AMBIENTE	Clave	Macrocelda		Microcelda	
		ha	%	ha	%
Arenal somero	(As)	209.86	9.30	8.8	36.50
Pedacería de rocas calcáreas	(Pr)	2.75	0.12	3.38	14.02
Pradera de pastos marinos	(PM)	209.98	9.31	11.93	49.48
Cresta arrecifal	(CA)	61.78	2.74	-	-
Laja con macroalgas	(La)	966.56	42.84	-	-
Laja con gorgonáceos	(Lg)	209.16	9.27	-	-
Canal de arena	(Ca)	474.86	21.05	-	-
Arenal profundo	(Ap)	121.10	5.37	-	-
TOTAL		**2,256.05**	**100.00**	**24.11**	**100**

J) Tipos de ambiente presentes en el SARM.

Los ambientes que se reconocieron para el proyecto, son diferentes a los que reconoce CONABIO (2017), toda vez que se consideró que la nomenclatura y la distribución de los mismos no siempre correspondían a la zonación arrecifal y a las observaciones de campo. En este sentido se consideró que las categorías que CONABIO definió como “arrecife rocoso”, “tocones y pedacería de coral” y “estructura coralina” no son claramente diferenciables en campo. Por otro lado, la categoría denominada “sedimentos” que utiliza CONABIO no diferencia entre los bancos de arena que forman en la parte somera dentro de la Laguna arrecifal, de aquellos que forman el canal de arena en la parte profunda, ni de las áreas con sustrato de laja con una capa de sedimentos. Por otro lado, se considera confuso que exista una categoría denominada “octocorales” y otra “octocorales y corales”; al igual que las categorías denominadas “comunidad de pastos marinos” y “pastos marinos y macroalgas”.

En el presente estudio se definieron las categorías de tipo de ambiente, considerando en primer lugar el tipo de sustrato, identificando claramente aquellos que están formados por sustrato rocoso (laja con macroalgas, laja con gorgonáceos y pedacería de rocas calcáreas), de aquellos que presentan una estructura coralina (cresta arrecifal), de los sustratos arenosos (arenal somero y canal de arena) y los que presentan pastos marinos (pradera de pastos marinos). En esta categoría resulta evidente que algunos tipos de sustratos se presentan variaciones en cuanto a la comunidad bentónica dominante, por lo que se consideran ambientes diferentes, dando en total 7 tipos de ambientes.

Del análisis comparativo entre el mapa de ambientes de CONABIO del que se presenta en este estudio es evidente que existe una similitud genérica en la distribución de los ambientes, pero con ciertas diferencias que permiten que el mapa que se presenta en este estudio sea de mayor utilidad para describir el ambiente del SARM.

Bajo estas consideraciones, el mapa de ambientes que se presenta como herramienta para el presente estudio tiene definidos 7 tipos de ambientes para SARM; de los cuales 6 tipos de

ambientes representados dentro de la macrocelda y 3 tipos de ambientes específicamente en la microcelda.

K) MACROCELDA (SARM):

a) Arenal somero (As):

El ambiente denominado Arenal somero forma parte de la Laguna arrecifal y cubre una extensión pequeña asociada a la línea de costa con un total de 209.86 ha (9.30 %) dentro de la macrocelda. Este ambiente se refiere a los arenales que se forman en las áreas someras, asociadas a la línea de costa, siendo extensiones de arena fina con escasa biota marina conspicua. El sustrato es de arena fina en su gran mayoría, encontrando sustrato limoso en algunos sitios afectados por el alga sargazo. En algunos sitios se observa una cubierta de cianobacteria sobre la capa de arena, así como algunas algas. La profundidad en estos sitios varía de 0-6 metros, dependiendo de lo alejado de la línea de costa (Figura 140).

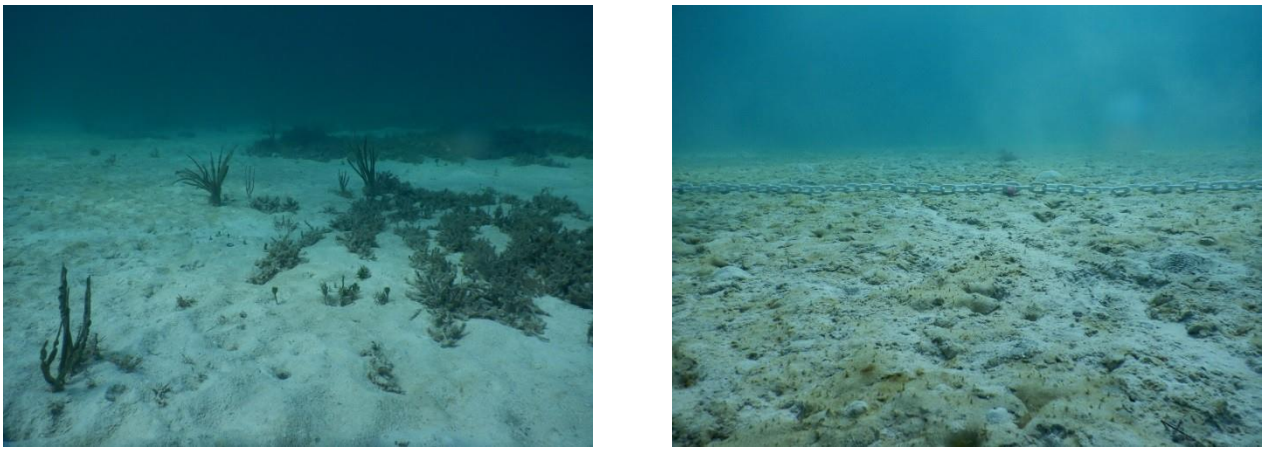


Figura 140 Tipo de ambiente denominado Arenal somero dentro de la macrocelda.

b) Cresta arrecifal (CA)

El ambiente que se denominó Cresta Arrecifal representa la zona somera del arrecife que está formada por la Rompiente Arrecifal, así como la pendiente somera hacia mar adentro que forma la Transición Barlovento y la franja interna del Arrecife Posterior. Se presenta como una franja paralela a la línea de costa, desde la parte Norte del polígono en Punta Maroma, hasta la altura del hotel Blue Bay Grand Esmeralda. Este tipo de ambiente es el que presenta un mayor desarrollo de la matriz calcárea, y en donde se encuentra mayor abundancia y diversidad de biota marina, y la presencia de corales es mayor.

Este ambiente abarca un área total de 61.78 ha (2.74 %) del SARM. El sustrato de este ambiente es la matriz calcárea con alto grado de rugosidad y heterogeneidad ambiental. La comunidad dominante en la parte de la Transición Barlovento son los gorgonáceos del género *Gorgonia spp.*, y se encuentran parches del coral escleractinio *Acropora palmata* con colonias de tamaño mediano a grande y con alta cobertura coralina. En estos sitios es frecuente observar tortugas y tiburones gata, los peces son abundantes y diversos. La profundidad en este tipo de ambiente varía desde pocos centímetros en la rompiente arrecifal, hasta 5 metros en la Transición Barlovento (Figura 141).



Figura 141. Tipo de ambiente denominado Cresta arrecifal dentro de la macrocelda SARM.

c) Laja con macroalgas (La)

El ambiente que se nombró Laja con macroalgas es el más extendido dentro de la macrocelda, abarca una superficie de 966.56 ha (42.84 %) del SARM y se extiende desde áreas someras hasta las partes más profundas del arrecife en la bahía frente a Mayakoba. El sustrato está formado por una laja sin relieve, y en algunas partes se forman parches de arena. La comunidad bentónica dominante son las macroalgas, con una cobertura que va del 30 al 40%; la composición de especies en donde son abundantes las algas verdes calcáreas de crecimiento erecto como las de los géneros *Rhipocephalus, Penicillus, Halimeda* y *Avrainvillea*; y las cafés del género *Dictyota*, y en algunos sitios abunda el alga roja *Dasya ocellata*. De este modo los corales son escasos, en la mayoría de los sitios no sobrepasa el 1% de cobertura, siendo comunes los géneros *Porites* spp. y *Agaricia* spp., aunque en algunos sitios se encuentran cabezos de coral con presencia de especies constructoras arrecifales como las del género *Orbicella* spp, y *Pseudodiploria* spp. Los gorgonáceos se encuentran en baja abundancia, siendo principalmente de crecimiento arborescente como los de los géneros *Eunicea* spp. y *Plexaura* spp, aunque en los sitios con mayor arena son más frecuentes los gorgonáceos del género *Pterogorgia* spp. Los peces suelen ser escasos, y de tamaño pequeño, como los del género *Thalassoma* spp. y *Stegastes* spp. La profundidad para este tipo de ambiente va de 1 a 12 metros (Figura 142).



Figura 142 Tipo de ambiente denominado Laja con macroalgas dentro del SARM para el proyecto Restitución .

d) Laja con gorgonáceos (Lg)

El ambiente denominado Laja con gorgonáceos forma parte de la subzona Frontal Interior y se encuentra extendido a todo lo largo del SARM, en algunos sitios de manera continua y en otros de manera interrumpida en parches. La extensión que abarca este ambiente es de 209.16 ha que representa el 9.27 % del SARM. Este ambiente presenta un sustrato de laja con poco relieve, casi siempre cubierta por una capa fina de sedimento, en donde la comunidad biótica dominante son los gorgonáceos, con una variedad de especies y formas, siendo las más abundantes las del género *Pseudopterogordia* spp., *Plexaura* spp, *Eunicea* spp y *Muricea* spp. Las algas que se encuentran asociadas a este tipo de ambiente presentan una cobertura muy variable entre alrededor del 50% siendo principalmente algas verdes calcáreas de crecimiento erecto como las de los géneros *Halimeda* y *Riphocephalus*. Los corales están presentes en baja cobertura (1% en promedio) y en algunos sitios forman cabezos de coral de tamaño mediano. La profundidad a la que se encuentra este ambiente varía entre los 4 y 15 metros (Figura 143).

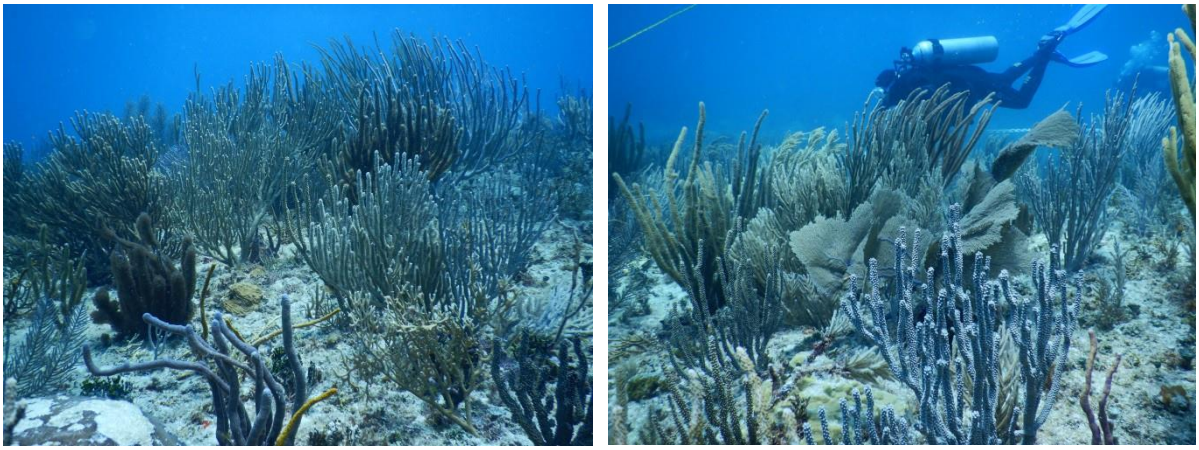


Figura 143. Tipo de ambiente denominado Laja con gorgonáceos dentro del SARM.

e) Pradera de pastos marinos (PM)

La pradera de pastos marinos es un ambiente somero típico de la Laguna Arrecifal, principalmente asociado a la línea de costa, y abarca una superficie total de 209.98 ha que representa el 9.31% del SARM. Se caracteriza por la presencia de pasto marino, con una cobertura vegetal que varía del alrededor del 75%. La composición de la pradera es variable en este ambiente, encontrando sitios que están dominados por el pasto marino *Thalassia testudinum* y en otros se encuentra en proporción similar con el pasto *Syringodium filiforme*. La mayor parte de este ambiente está formado por un pastizal en asociación con macroalgas en diferentes proporciones, reconociendo una alta variedad de especies de algas, principalmente del tipo verde calcáreas. También se encuentran parches donde domina el pasto *S. filiforme*. La presencia del pasto *Halodule wrightii* es escasa en la zona, y se asocia a las partes más someras. El sustrato en este tipo de ambiente es de arena fina a media entre las raíces de los pastos y de las algas. La presencia de corales en algunos sitios es nula, pero es frecuente observar ejemplares de la especie *Manicina aerolata*, que es una especie característica de esta zona. En algunos sitios existen cabezos de coral aislados con presencia de varias especies de coral, como las de los géneros *Orbicella* spp., *Pseudodiploria* spp., *Siderastrea* spp., *Acropora*

spp. y *Agaricia* spp. En estos sustratos rocosos la presencia de peces también es mayor que en las praderas donde no se encuentran. La profundidad en este ambiente varía de 1 a 5 metros (Figura 144).



Figura 144. Tipo de ambiente denominado Pradera de pastos marinos dentro del SARM para el proyecto.

f) Canal de arena (C)

El ambiente que se denominó Canal de arena corresponde a la franja de sedimentos que se forma en la parte profunda de manera casi continua a lo largo del SARM y que divide la zona del Arrecife Frontal; abarca una extensión total de 474.86 Ha., que significa el 21.05 % del SARM. El sustrato es de arena fina, con poca presencia de biota bentónica marina conspicua, pero ocasionalmente se encuentran algunos parches de algas o de pasto marino de la especie *Halodule wrightii* creciendo sobre el arenal, así como algunos gorgonáceos y corales aislados. La profundidad a la que se encuentran estos arenales va de los 12 a los 20 metros (Figura 145).

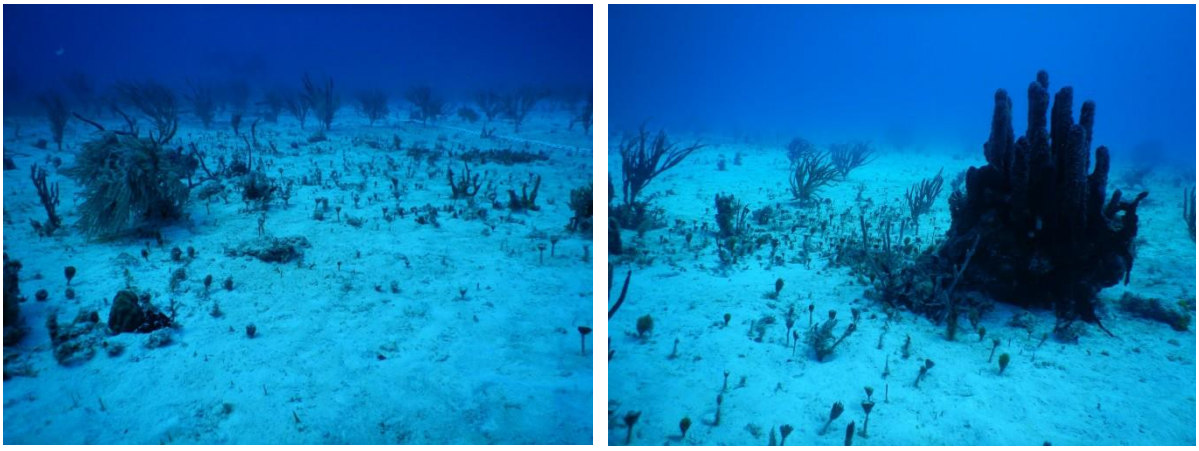


Figura 145. Tipo de ambiente denominado Canal de arena dentro del SARM.

g) Arenal profundo (Ap)

Este ambiente se forma en las partes profundas del polígono, a profundidades mayores de los 20 metros, por lo que no se realizaron muestreos en esta área. El sustrato en estos sitios es de arena con muy escasa biota marina. Este tipo de ambiente representa un total de 121.10 ha (5.37%) del SARM.

L) MICROCELDA

a) Arenal somero (As)

El ambiente que se denominó Arenal somero dentro de la microcuenca corresponde a una franja somera colindante con la línea de costa hasta los 30 metros mar adentro en algunos puntos. Este arenal está muy alterado por la presencia masiva del alga parda *Sargassum sp*, (Sargazo) que, al descomponerse, mantiene una franja de agua café con exceso de materia orgánica en descomposición, y que se ha estado depositando en el sustrato en forma de limo o fango, mezclándose con la arena presente en el sitio, de modo que forma una especie de coloide que no existía ahí hace unos años. Esta franja se estima que cubre una extensión de 8.79 ha., que representa el 36.47% de la microcelda, ya que además de estar junto a la línea de costa, también se encuentra entre algunas praderas de pastos marinos. La presencia de biota marina conspicua en estos sitios es nula; sin embargo, se observaron hoyos que muy probablemente sean de crustáceos que se entierran en la arena. La profundidad en este ambiente va desde la línea de costa hasta los 3.5 m (Figura 146).

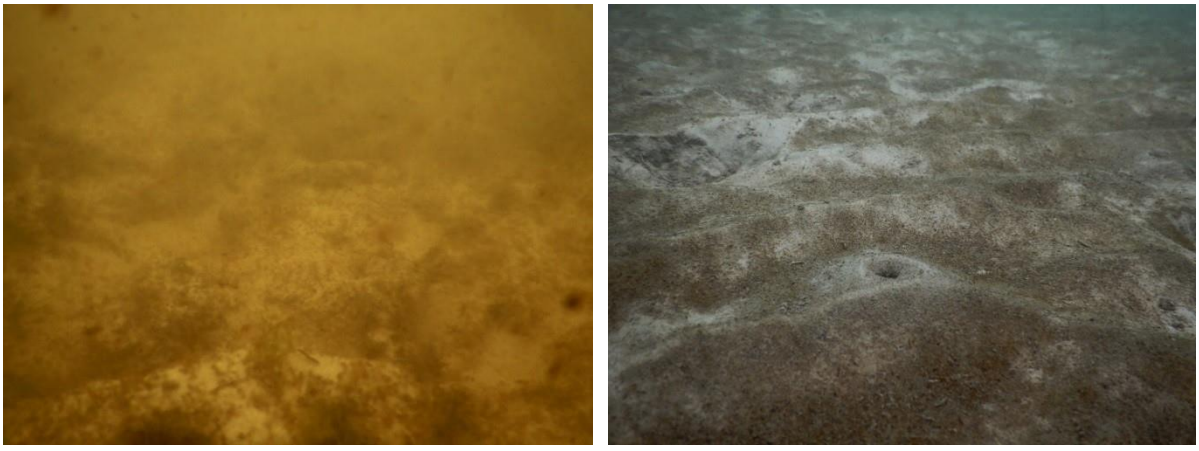


Figura 146. Tipo de ambiente denominado Arenal somero en de la microcelda para el proyecto.

b) Pedacería de rocas calcáreas (Pr)

El ambiente de pedacería de rocas calcáreas dentro de la microcelda forma una franja de profundidad intermedia, que divide el arenal somero de la pradera marina que se forma un poco más profundo. Esta franja se estima que cubre una extensión de 3.38 ha (14.02 %) de la microcelda y se ubica aproximadamente a los 65 metros de la pleamar con una profundidad promedio de 2 metros. El sustrato se caracteriza por ser una laja con pedacería de sustrato rocoso. Es un área muy heterogénea, y en algunos puntos se mezcla con parches de pasto marino, y de laja rugosa. La cobertura de algas marinas suele ser alta, sobre todo algas rojas del género *Bostrychia* spp y *Acanthophora* spp. La presencia de corales es muy escasa, encontrando algunas colonias de coral muy pequeñas y aisladas de los géneros *Porites* spp y *Siderastrea* spp. (Figura 147).

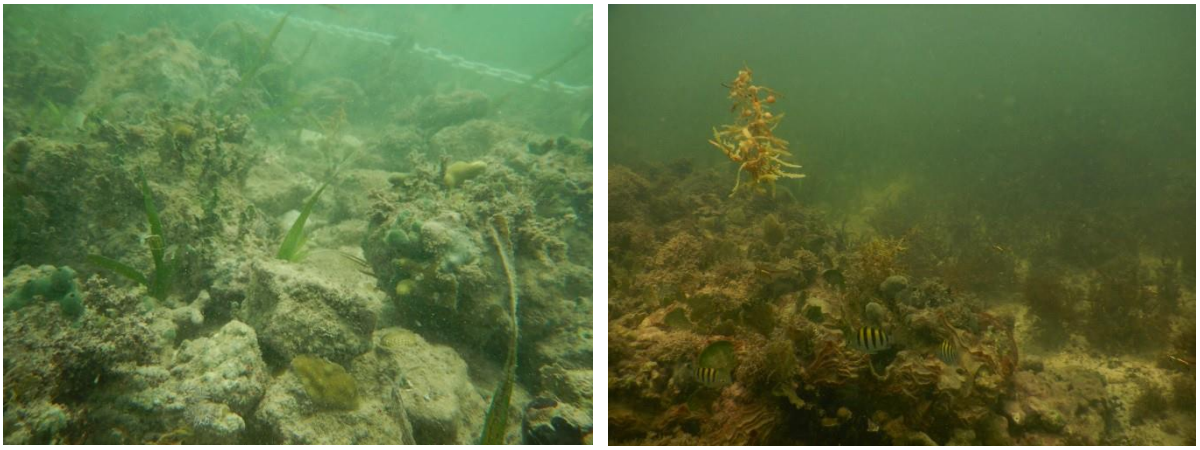


Figura 147. Tipo de ambiente denominado Pedacería de rocas calcáreas en la microcelda para el proyecto.

c) Pradera de pastos marinos (PM)

La pradera de pastos marinos dentro de la microcelda, se presenta en la parte más profunda del polígono, y abarca una superficie 11.93 ha (49.48 %) de la microcelda. Se caracteriza por la presencia de pasto marino, con una cobertura vegetal que varía alrededor de 85%. La composición de la pradera en este sitio presenta una dominancia del pasto marino *Syringodium filiforme*, formando pastizales densos y homogéneos de 30 cm de altura en promedio. El sustrato es de arena fina y media. La presencia de otro tipo de biota conspicua es prácticamente nula. La profundidad en este ambiente varía de 1.5 a 4.0 metros (Figura 148).



Figura 148. Tipo de ambiente denominado Pradera de pastos marinos en la microcelda para el proyecto.

IV.3.4.4 Caracterización Biológica.

El análisis de la biota marina en la microcelda y en macrocelda) para el proyecto, se realizó a través de la estimación de los parámetros comunitarios de los 5 grupos taxonómicos por tipo de ambiente.

A) Escleractinios (Corales duros)

a) Distribución y composición de especies

En el área de estudio se observaron 16 especies de corales escleractinios pertenecientes a 10 géneros y 9 familias; En el área de la macrocelda se observaron más especies que en la microcelda siendo el ambiente de Laja con macroalgas el que presentó el mayor número de especies seguido por el ambiente de Laja con gorgonáceos, mientras que los ambientes con el menor número de especies registradas fueron los arenales someros de las dos áreas y la pradera de pastos marinos en la microcelda. La especie más frecuente y abundante fue *Porites astreoides*, encontrándose en 6 de los 9 ambientes descritos. Por otra parte, cabe destacar la observación de Acropora palmata en el ambiente de la cresta arrecifal y Acropora cervicornis en el ambiente de laja con gorgonáceos. Se enlistan las especies observadas con su categoría de abundancia relativa, cabe señalar que con asterisco se marcan las especies que fueron observadas fuera de los transectos de muestreo y que no fueron consideradas para los análisis de cobertura y diversidad (Figura 135).

Tabla 41. Listado de especies y abundancia relativa de CORALES ESCLERACTINIOS para el proyecto. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).* Especies observadas en el sitio fuera del transecto de muestreo.

Familia	Género	Especie	Microcelda			Macrocelda				
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM
Acroporidae	Acropora	cervicornis							*	
		palmata					D			
Agariciidae	Agaricia	agaricites					E		D	
Astrocoeniidae	Stephanocoenia	intersepta							A	
Faviidae	Manicina	areolata		*						
	Pseudodiploria	clivosa					*	*		
		strigosa						*		
Meandrinidae	Dichocoenia	stokesii						*		
Merulinidae	Orbicella	annularis								D
		faveolata								A
Montastraeidae	Montastraea	cavernosa						*	*	
Poritidae	Porites	astreoides		D			D	D	D	D
		divaricata		C				*		
		porites		C			E	D	*	
Siderastreidae	Siderastrea	radians		D						
		siderea		C			E	D	D	
No. de especies			0	6	0	0	6	8	7	3

Es importante señalar que en los ambientes de la Cresta Arrecifal (CA) y en el ambiente Laja con gorgonáceos del SARM se registró la presencia de colonias de las especies *Acropora palmata, Acropora cervicornis*, Orbicella annularis, Orbicella faveolata las cuales se encuentran bajo protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

b) Abundancia y riqueza específica

Con relación a la cobertura de los corales escleractinios, el valor más alto (4%) se encontró en la cresta arrecifal dentro del Sistema Ambiental seguido por la pradera de pastos marinos que presentó algunos parches arrecifales con abundante tejido vivo. La riqueza específica tuvo su valor más alto en la cresta arrecifal y en la pradera de pastos marinos en la microcelda en donde se registraron varias colonias, pero con poca cobertura de tejido vivo. Los valores más

bajos de cobertura o nulos fueron en los arenales. Por otra parte, en el ambiente de pedacería de rocas calcáreas se registró una baja cobertura, pero alta riqueza específica, situación que se puede explicar por la presencia de diversas colonias de tamaño pequeño que se encontraron creciendo sobre las rocas calcáreas (Figura 149).

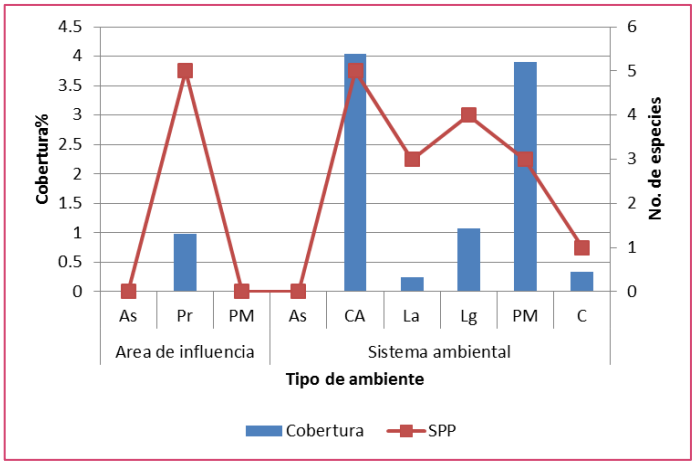


Figura 149. Abundancia y Riqueza específica de CORALES ESCLERACTINIOS para el proyecto

El coral de la especie *Acropora palmata* fue el que presentó el valor más alto de cobertura seguida por *Orbicella annularis*. La especie *Acropora palmata* se registró en el ambiente de cresta arrecifal y la especie *Orbicella annularis* en un parche arrecifal en las praderas de pastos marinos (Figura 150).

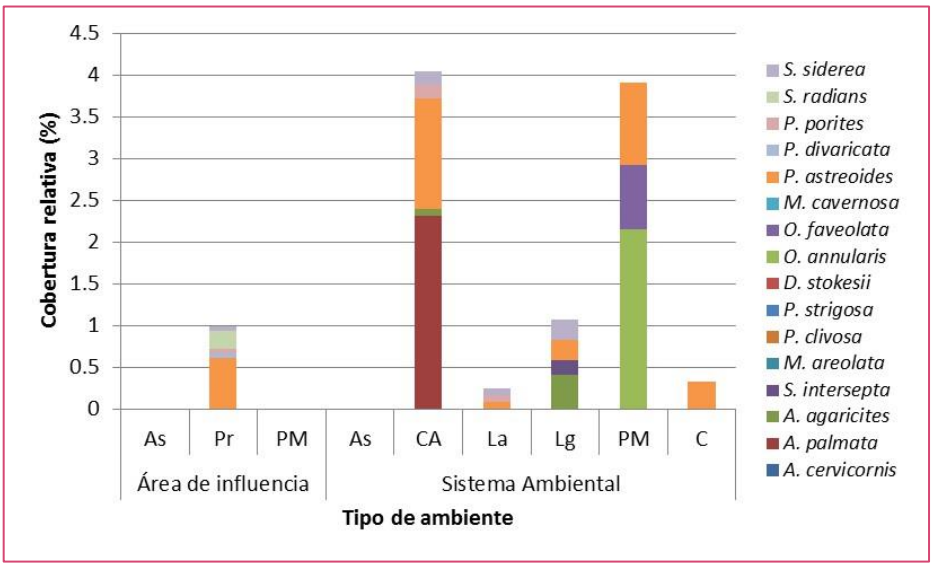


Figura 150. Porcentaje de cobertura relativa por especie de CORALES ESCLERACTINIOS para el proyecto.

c) Diversidad y Equitabilidad

Respecto a los índices de diversidad (H´) y equitabilidad (J´) los datos muestran los índices de diversidad más elevados en la mayoría de los ambientes de la macrocelda con índices de equitabilidad también altos lo que indica una proporción homogénea de las especies presentes con excepción de la cresta arrecifal en donde dominó la cobertura de *Acropora palmata.* En el

ambiente de pedacería de rocas calcáreas la diversidad también fue alta pero su equitabilidad baja debido al predominio de *Porites astreoides* en este ambiente (Figura 151).

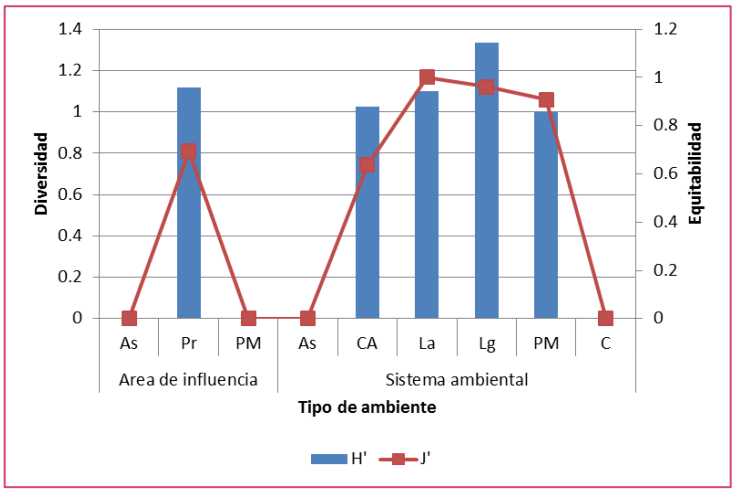


Figura 151. Diversidad de CORALES ESCLERACTINIOS en el SARM para el proyecto. Índice de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidad (J').

d) Estructura de tallas

En total, se registraron 42 colonias de coral en los ambientes del área de estudio, de estas, 29 (68%) tuvieron una talla entre 1 y 10 cm de diámetro. En el ambiente de las praderas de pastos marinos de la macrocelda se registraron colonias de coral de más de 100 cm de diámetro por la presencia de parches arrecifales con colonias de *Orbicella faveolata* y *annularis* de gran tamaño (Figura 152).

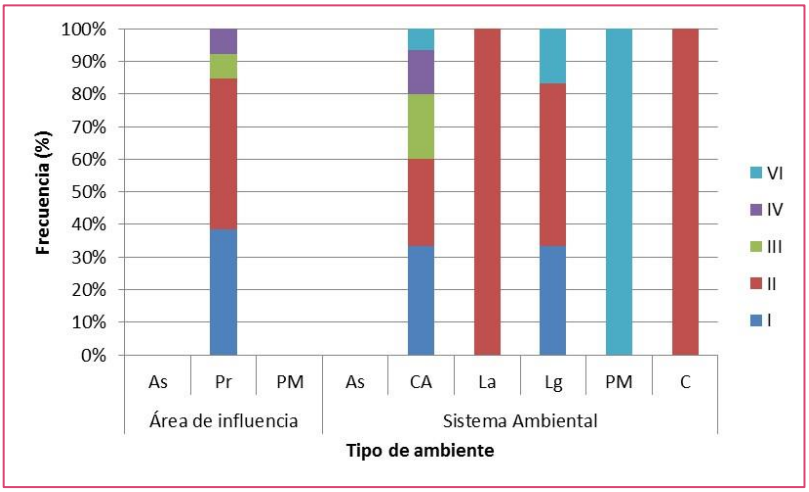


Figura 152. Estructura de tallas para CORALES ESCLERACTINIOS para el proyecto. I= <5 cm, II= 5-10 cm, III= 10-20 cm, IV= 20-30 cm, V= > 30 cm de diámetro.

e) Condición del organismo

Los resultados sobre los daños encontrados en las colonias de coral muestran que en su mayoría las colonias del área de estudio se encuentran sanas, de las 42 colonias registradas solo 16 presentaron algún tipo de daño. En la microcelda, en donde la turbidez del agua era muy alta, se encontraron la mayoría de las colonias con daño en sus tejidos (Figura 153).

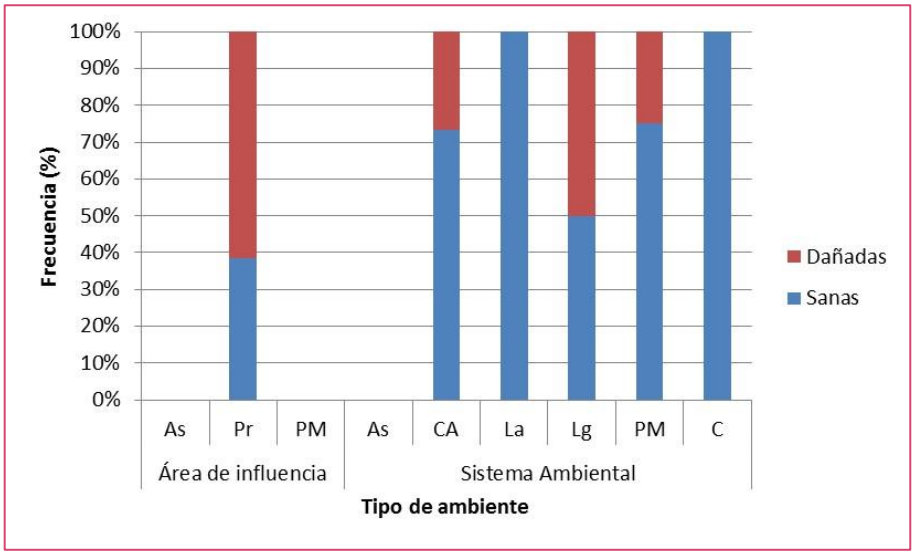


Figura 153. Condición del organismo para CORALES ESCLERACTINIOS para el proyecto.

B) Gorgonáceos (Corales blandos)

a) Distribución y composición de especies

En el área de estudio se registró un total de 19 especies de gorgonáceos, pertenecientes a 10 géneros y 3 familias. En la microcelda, solamente se registró una de las 19 especies reportadas. Se muestrearon un total de 655 individuos en las 2 zonas de monitoreo establecidas para el proyecto. De este total muestreado, solamente 4 de los registros pertenecen a la microcelda. La especie dominante fue *Pterogorgia anceps*, la cual se encontró distribuida en varios de los Ambientes del área de estudio en donde había disponible sustrato duro para su fijación. En el listado de especies se muestra la importancia de cada una ellas, de acuerdo a una categorización basada en rangos de abundancia relativa (Tabla 42).

Tabla 42. Listado de especies y abundancia relativa de GORGONÁCEOS para el proyecto. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	Microcelda			SARM					
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
Briareidae	Briareum	asbestinum							C	D	
Gorgoniidae	Gorgonia	flabellum					C	R	E		
		mariae						A			C
	Pseudopterogorgia	acerosa						R	E		
		americana					E	C	D		
	Pterogorgia	anceps		D		D		R			D
		citrina						C	E		
		guadalupensis				D		R			
Plexauridae	Eunicea	calyculata							E		
		fusca							E		C
		mammosa						D	C	D	E
		tourneforti					E	C	C		
	Muricea	muricata						E	E		
	Muriceopsis	flavida				C		R	D		A
	Plexaura	flexuosa					E	E	E		
		homomalla					E		E	D	
	Plexaurella	dichotoma									E

Familia	Género	Especie	Microcelda			SARM					
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
		nutans						E	E		C
	Pseudoplexaura	porosa					R	E	C		
		No de especies	**0**	**1**	**0**	**3**	**6**	**14**	**15**	**3**	**7**

b) Abundancia y riqueza específica

Los valores más altos de densidad y riqueza específica se registraron en la macrocelda, específicamente, la densidad más alta se encontró en el Ambiente CA, con 6.37 ind/m^2. En contraste, los valores más bajos se ubicaron en los Ambientes As y PM de la Microcelda, con 0 ind/ m^2. En relación con la riqueza específica, se observó la cifra más alta en el Ambiente Lg de la macrocelda, con 15.

Por el contrario, como en el caso de la densidad, los números más bajos en términos de riqueza específica se obtuvieron también en los Ambientes As y PM en la microcelda, debido a que no hubo registros (Figura 154).

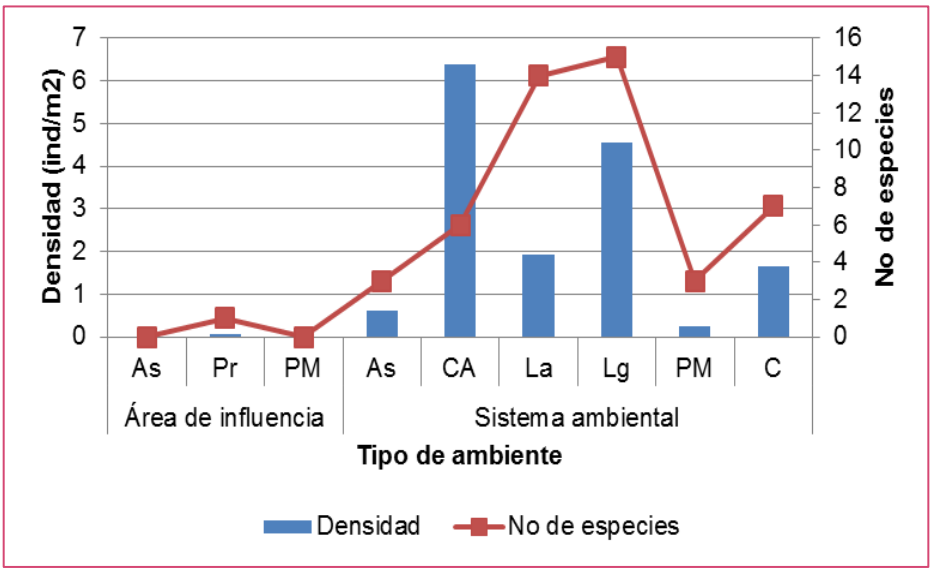


Figura 154. Abundancia y Riqueza específica de GORGONÁCEOS para el proyecto.

c) Diversidad y Equitabilidad

Tanto en términos de diversidad como en equitabilidad, los valores más altos se registraron en los Ambientes de la macrocelda, encontrándose el máximo de diversidad en Lg, con un valor de 2.26. Los Ambientes menos diversos fueron As, Pr y Pm de la microcuenca, con un valor de 0. En lo que respecta a la equitabilidad, el valor más alto se encontró en el Ambiente PM de la Macrocelda, con 0.91. La cifra más baja se obtuvo en los 3 Ambientes de la microcuenca, debido a la falta de registros (Figura 155).

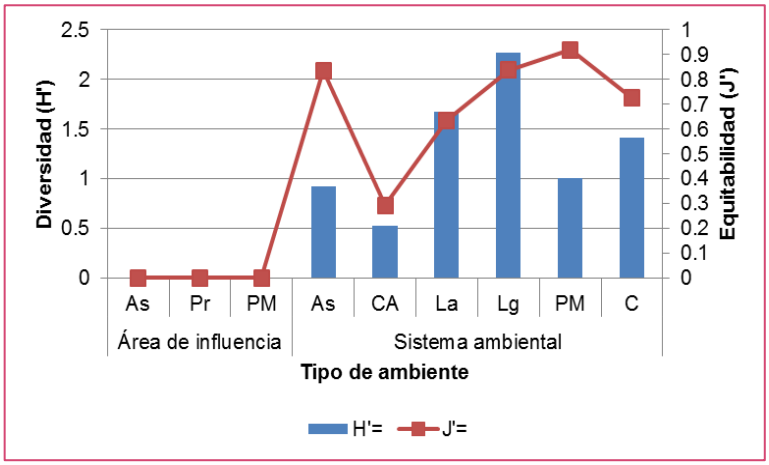


Figura 155. Abundancia Diversidad de GORGONÁCEOS para el proyecto. Índice de Shannon- Wiener (H'), Equitabilidad (J').

d) Estructura de tallas

En la microcuenca, solamente hubo organismos juveniles en el Ambiente Pr, mientras que en los demás Ambientes no hubo registros de ninguna talla. En contraste, en la macrocelda las tallas con mayor frecuencia fueron la juvenil y la adulta, variando sus proporciones en dependencia de cada uno de los ambientes. La talla dominante en los ambientes As, La y Lg fue la juvenil, mientras que en los ambientes CA, PM y C los adultos fueron los dominantes. Solamente se observaron reclutas en los ambientes CA, La y Lg del SARM, aunque sus frecuencias fueron muy bajas en comparación con las otras 2 tallas (Figura 156).

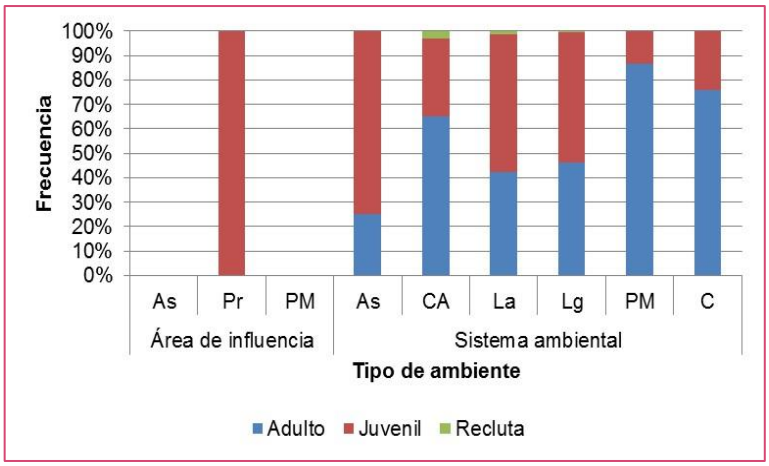


Figura 156. Frecuencia de estructura de tallas para GORGONÁCEOS para el proyecto.

e) Condiciones del organismo

En la microcuenca, solamente se encontraron gorgonáceos en el Ambiente Pr y su condición fue sana. En la Macrocelda, el único Ambiente sin colonias dañadas fue As, mientras que en los demás si fue registrada una frecuencia de daños. Los daños registrados fueron el sobrecrecimiento de algas y con menor frecuencia de coral de fuego, aunque las frecuencias fueron bajas en general (Figura 157).

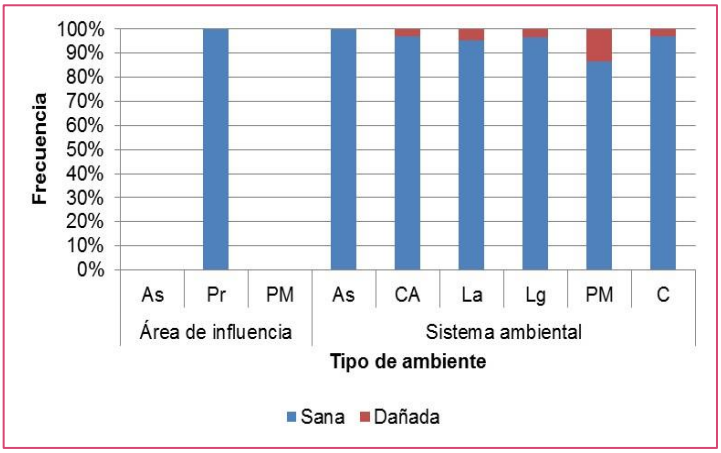


Figura 157. Condición del organismo para GORGONÁCEOS para el proyecto. Sana = colonia sin tejido dañado, Daño = presenta algún tipo de afectación.

C) Ictiofauna (Peces arrecifales)

a) Distribución y composición de especies

Se registraron 24 especies de peces en los transectos de muestreo. Además, se registraron 8 especies adicionales fuera de las líneas de referencia y se tomaron cuenta solo para el listado de especies. El número total de especies observadas fue de 32 pero solo se consideraron 24 para los análisis de la comunidad.

El mayor número de especies observadas (13) se registró en los ambientes de laja con macroalgas y en la pradera de pastos marinos en el área de la macrocelda, mientras que el menor número de especies fue para la pradera de pastos marinos en la microcelda y en los arenales someros. Cabe señalar que en la línea de costa de la microcelda la turbidez del agua era considerable debido a la descomposición de sargazo en la orilla de la costa y que en la pradera de pastos marinos de la macrocelda se encontraron parches de arrecife coralino con abundante tejido vivo. Las especies que presentaron una distribución más amplia entre los ambientes con abundancias relativas altas fueron *Thalassoma bifasciatum* y *Halichoeres bivittatus.* Mientras que las especies más raras de ver fueron *Cantherhines pullus, Lachnolaimus maximus, Lutjanis analis, Pseudupeneus maculatus, Scarus vetula, Calamus calamus y Urobatis jamaicensis*, todas observadas fuera de los transectos de muestreo (Tabla 42).

Tabla 43. Listado de especies y abundancia relativa de PECES ARRECIFALES para el proyecto de Restitución. D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

Familia	Género	Especie	Microcelda			SARM					
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
Acanthuridae	Acanthurus	bahianus						*	*		*
		coeruleus					D			C	
Balistidae	Cantherhines	pullus						*			
Chaetodontidae	Chaetodon	capistratus					*			E	
		ocelllatus		A				*			*
Clinidae	Malacoctenus	triangulatus					C				
Gobiidae	Coryphopterus	glaucofraenum					C				
Haemulidae	Haemulon	flavolineatum								E	
		sp		A				A		*	
Labridae	Bodianus	rufus								E	
	Halichoeres	bivittatus		A		D	A		E	C	
		garnoti		A				E	E		
		radiatus								E	
	Hemipteronotus	martinicensis		A				*			
	Lachnolaimus	maximus						*			
	Thalassoma	bifasciatum					D	D	D	D	D
Lutjanidae	Lutjanus	analis						*			
Mullidae	Pseudupeneus	maculatus		*							
Pomacanthidae	Pomacanthus	paru		*				*		E	
Pomacentridae	Abudefduf	saxatilis		A						A	
	Microspathodon	chrysurus					A			E	
	Stegastes	diencaeus		A							
		fuscus					C			E	
		partitus						A	E		D
Scaridae	Scarus	taeniopterus								C	
		vetula							*		
	Sparisoma	aurofrenatum					C		*		
		radians	D			D		C			
		viride					C				
Sparidae	Calamus	calamus						*			
Tetraodontidae	Canthigaster	rostrata					C		C		
Urolophidae	Urobatis	jamaicensis							*		
Número de especies			**1**	**9**	**0**	**2**	**11**	**13**	**9**	**13**	**4**

b) Abundancia y riqueza específica

La densidad de peces arrecifales en el área de estudio fue muy variable dependiendo del área y del ambiente; sin embargo, se encontró que, de manera general, los ambientes en la microcelda, presentan un menor número de peces que los ambientes del SARM, La densidad en general fue baja, con el valor máximo de 0.42 ind/m^2 en el ambiente del arenal somero del SARM, seguido por 0.41 ind/m^2 en el ambiente de la cresta arrecifal. El resto de las zonas presentaron una densidad menor a 0.3 ind/m^2, siendo las praderas de pastos marinos en la microcelda, el ambiente con el menor registro al no observar ninguna especie de pez arrecifal. Por otra parte, se observa que la densidad no estuvo relacionada con la riqueza específica por

sitio. El arenal somero y la cresta arrecifal de la macrocelda presentaron densidades similares; sin embargo, el número de especies registrado en los mismos ambientes fue muy diferente y varió entre 2 especies para el arenal somero y 10 especies para la cresta arrecifal. Lo mismo se observa entre la densidad de peces del ambiente de laja con gorgonáceos y las praderas de pastos marinos de la macrocelda (Figura 158).

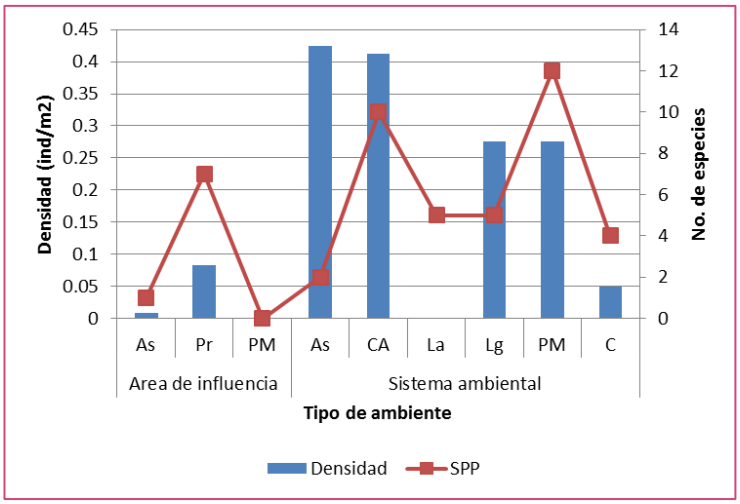


Figura 158. Abundancia y Riqueza específica de PECES ARRECIFALES para el proyecto de Restitución.

c) Diversidad y Equitabilidad

Los resultados del análisis del índice de diversidad H´ y de la Equitabilidad J' se relacionan con lo anterior. El ambiente que presentó el valor más alto de diversidad fue la pradera de pastos marinos en la macrocelda con 1.89, con una equitabilidad relativamente alta (0.77), mientras que el ambiente de arenal somero que presentó la mayor densidad de peces, tuvo un índice de diversidad muy bajo (0.69) con una alta equitabilidad (0.99), lo que indica pocas especies con un número similar de individuos entre ellas. Por otro lado, cabe destacar también el ambiente de pedacearía de rocas calcáreas que presentó índices de diversidad y equitabilidad altos, es decir, registró un número alto de especies, en comparación con el resto de los ambientes, y entre las especies el número de individuos fue similar (Figura 159).

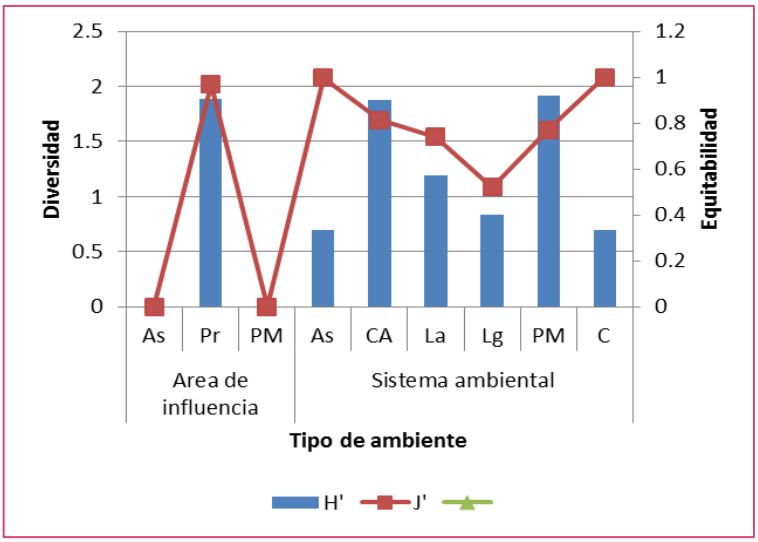


Figura 159.. Diversidad de PECES ARRECIFALES para el proyecto. Índice de Shannon- Wiener (H'), Equitabilidad (J').

d) Estructura de tallas

En cuanto a la estructura de tallas se observa que los individuos de mayor tamaño (categoría VI) se encontraron en 3 de los ambientes, praderas de pastos marinos la microcelda y en los ambientes de laja con gorgonáceos y laja con macroalgas del SARM. Peces de la categoría IV (de 20 a 30 cm de largo;) solo se observaron en dos de los ambientes, la cresta arrecifal y las praderas de pastos marinos en el SARM, siendo más abundantes en la cresta arrecifal Los individuos de 5 a 10 cm de largo (categoría II) fueron los más frecuentes en toda la zona de estudio (40%) y dentro de los ambientes solo en la laja con gorgonáceos no fueron los dominantes. La categoría I (menores de 5 cm) siguieron en importancia por su abundancia (24%) y fueron los dominantes en el ambiente de laja con gorgonáceos. Los individuos de la categoría III (10 a 20 cm de largo) se registraron en 5 de los ambientes, pero su abundancia no fue elevada en comparación con las categorías II y I (**Figura 160**).

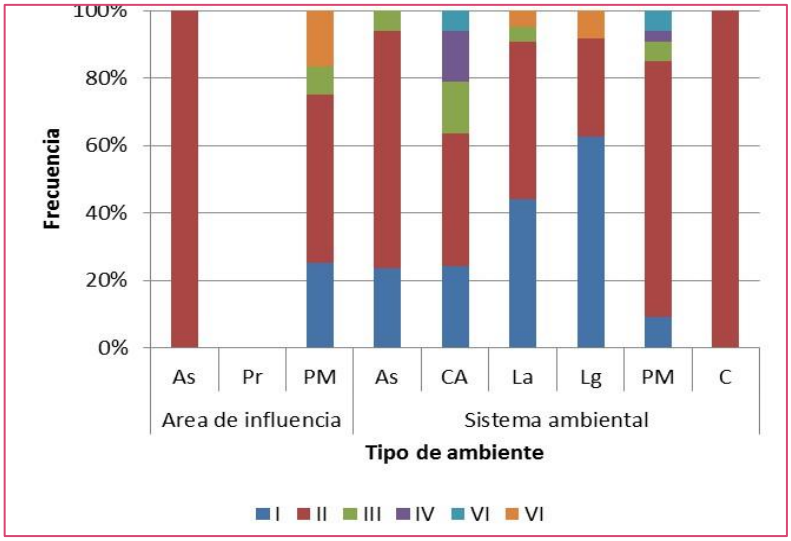


Figura 160. Estructura de tallas para PECES ARRECIFALES para el proyecto. I <5 cm, II=5-10 cm, III=10-20 cm, IV=20-30, V>25 cm de longitud.

e) Grupos funcionales

El grupo trófico más abundante registrado en el área de estudio correspondió a los peces bentófagos, seguido por los herbívoros y por último los omnívoros. Los peces bentófagos fueron claramente dominantes en el área de estudio con excepción del ambiente de arenal somero la microcelda en donde los peces observados fueron de hábitos herbívoros. En todos los ambientes en donde se registraron alcanzaron una frecuencia mayor del 50%. Los peces herbívoros también fueron abundantes con excepción del ambiente de laja con gorgonáceos en donde no se registró ningún individuo de este grupo trófico. Los peces omnívoros estuvieron ausentes en los ambientes de arenal somero y fueron escasos en la cresta arrecifal y laja con gorgonáceos (Figura 161).

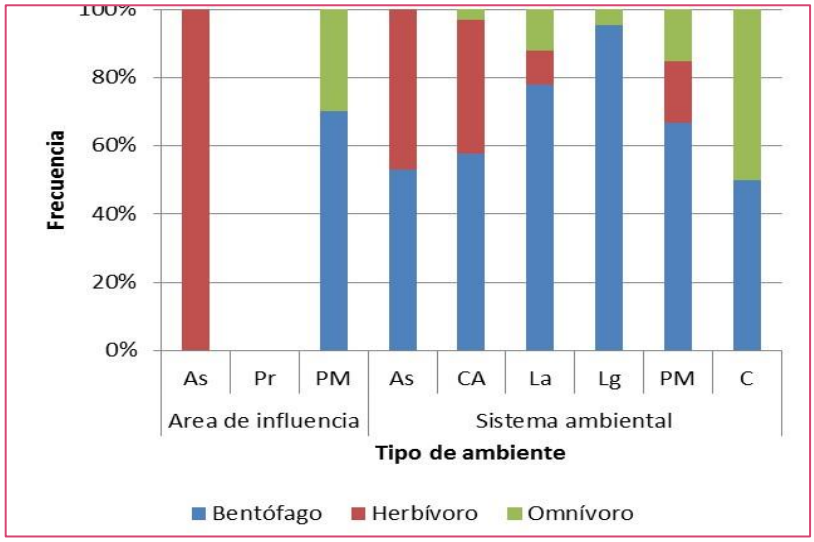


Figura 161. Grupos tróficos para PECES ARRECIFALES para el proyecto. Bento=Bentófago, Herbi=Herbívoro, Ictio=Ictiófago, Omni=Omnívoro; Planc=Planctófago.

D) Vegetación marina (Macroalgas y Pastos marinos)

a) Distribución y composición de especies

En cuanto a la vegetación marina, se encontró una elevada riqueza específica, registrando un total de 57 especies pertenecientes a 33 géneros y 5 phyla, encontrando diferentes asociaciones de especies características para cada tipo de ambiente. Los sustratos con presencia de laja calcárea presentan dominancia de algas verdes calcáreas de los géneros *Halimeda, Penicilus y Rhipocephalus*. Se detectó presencia de algas cianobacterias en los ambientes de la Cresta Arrecifal y el la Laja con Gorgonáceos de la macrocelda. En el ambiente del Arenal somero de la microcelda, no se encontró ningún tipo de vegetación debido a la consistencia de tipo limo/fango del sustrato (Tabla 44).

Tabla 44. Listado de especies y abundancia relativa a la VEGETACIÓN MARINA, los ambientes de Pedacería de rocas microcelda y el de Pasto Marino (de ambas D=Dominante (>20%), A=Abundante (10-20%), C=Común (5-10%), E=Escaso (1-5%), R=Raro (<1%).

División	Género	Especie	Microcelda			SARM					
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
Chlorophyta	Acetabularia	crenulata									E
	Avrainvillea	asarifolia		R				R	E		
		rigida							A		
	Bryopsis	pennata				E					
	Caulerpa	cupressoides								R	C
		mexicana				A					
		prolifera		E	R						
		sertularioides		E	R						
		verticillata		E				E			A
	Dasycladus	vermicularis		E							
	Derbesia	marina					R	C	R		
		sp.		E							
	Dictyosphaeria	cavernosa		E				E		R	
	Halimeda	goreaui			R						
		gracilis		E	E						

División	Género	Especie	Microcelda			SARM					
			As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
		incrassata		E	E	C				C	
		lacrimosa						R	R		
		opuntia				E	R	E		R	
		tuna		E	E	C	E	A	C	R	E
		wrightii						C			
	Neomeris	annulata					R	R	E		
	Penicillus	capitatus		E	E	C	R			E	
		dumetosus		R	E	E		E	E	E	E
		lamourouxii				C					
		pyriformis									C
	Rhipilia	tomentosa		E	R	C		E		E	
	Rhipocephalus	phoenix		E	R	A	A	D	D	C	D
	Udotea	cyathiformis			R			E	C		
		fibrosa		R		C					C
	Valonia	macrophysa		R				R			
Phaeophyta	Dictyota	bartayresiana					R				
		crenulata					E	E	C	R	D
		crispata					C				
	Lobophora	variegata		R			E			A	
	Sargassum	fluitans		E	C	E					
		natans				E		R			
	Stypopodium	zonale					D	E	C		
Rhodophyta	Acanthophora	spicifera		A		A		E			
	Amphiroa	fragilissima		E	E			E	C	R	
		rigida		A	E		E	D	E		
		spicifera						R			
	Bostrychia	tenella		A							
	Ceramium	nitens								R	
		sp.		E							
	Dasya	harveyi				E		R			
		ocellata						E			
	Galaxaura	sp.					D		E		
	Heterosiphonia	gibbesii			R					E	
	Hydrolithon	boergesenii		E			A			C	
	Hypnea	sp.							E		
	Laurencia	papillosa		R				E			
		poiteaui				E		E		E	C
Magnoliophyta	Halodule	wrightii						E			
	Syringodium	filiforme		D	D					D	
	Thalassia	testudinum		C	A					D	
Cyanobacteria	Lyngbya	sp.					R		R		
	Symploca	sp.					R		E		
No. de especies			**0**	**27**	**17**	**16**	**16**	**26**	**17**	**18**	**10**

b) Abundancia y riqueza específica

Los ambientes de pedacería de rocas de la microcelda y el de Pasto Marino este último tanto de la micro como la macrocelda fueron los que tuvieron los valores más altos de cobertura vegetal, con valores entre el 75 y 85% de cobertura; mientras que los ambientes con cobertura vegetal más baja fueron los arenales. La riqueza de especies presentó los valores más altos en el ambiente de la Pedacería de rocas y el de Laja con algas, con valores de 27 y 26 especies respectivamente. Los valores más bajos se presentaron en los ambientes del Arenal somero, y del canal de arena (Figura 162).

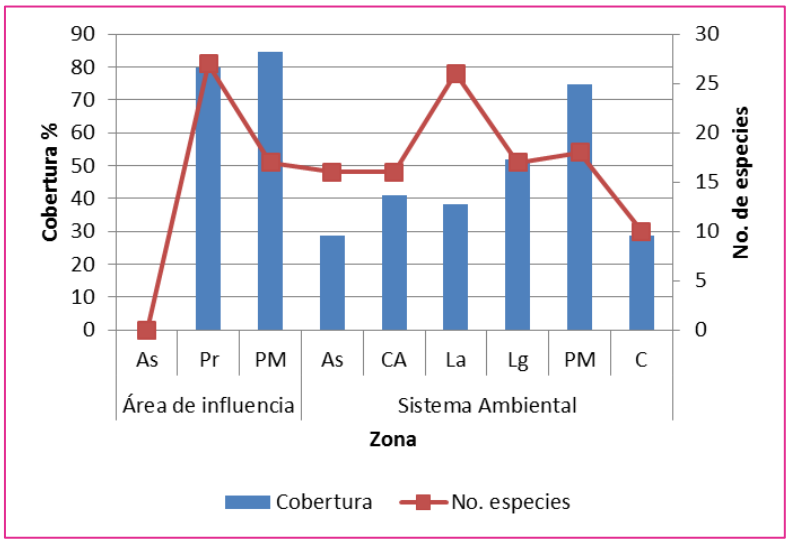


Figura 162. Abundancia y Riqueza específica de VEGETACIÓN MARINA

c) Diversidad y Equitabilidad

La diversidad de algas fue más elevada en el ambiente de Laja con macroalgas de la macrocelda, seguida de los ambientes de Laja con gorgonáceos, Pastos marinos y Canal de arena. En la microcelda los valores de diversidad fueron los más bajos. Este mismo patrón se observa para los índices de equitabilidad estimados en este estudio (Figura 163).

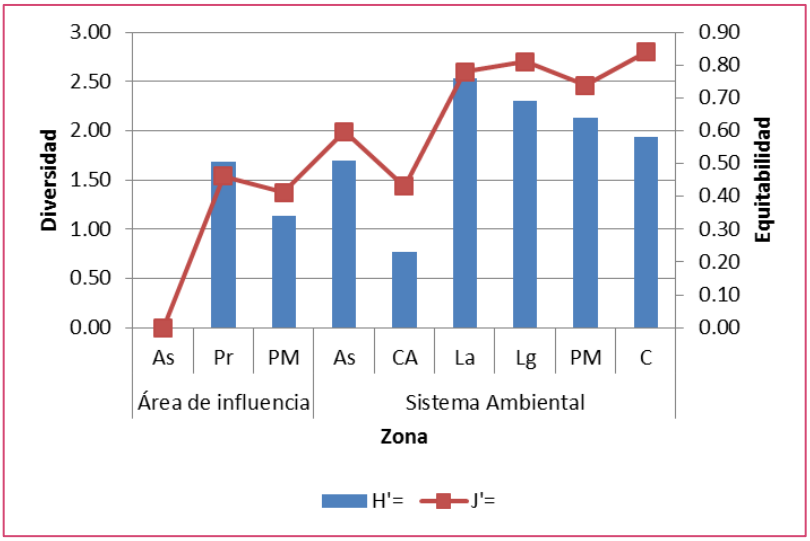


Figura 163. Diversidad de VEGETACION MARINA para el proyecto. Índice de Shannon- Wiener (H'), Equitabilidad (J').

d) Grupos funcionales

Finalmente, el análisis de grupos funcionales para macroalgas muestra una baja presencia de algas verdes carnosas, con mayor abundancia de algas verdes calcáreas en la mayoría de los

ambientes. Las algas rojas son poco abundantes en general, a excepción del ambiente de Pedacería de rocas donde abundan las algas rojas carnosas, y el de la Cresta Arrecifal en donde abundan las rojas calcáreas. La presencia de pastos marinos se restringe a los ambientes que están definidos por la presencia de praderas de pastos marinos, y los ambientes adyacentes como el de Pedacería de rocas (Figura 164).

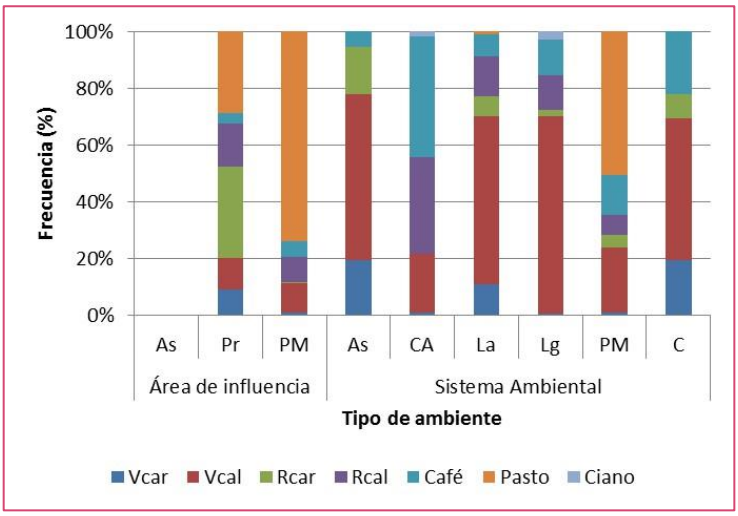


Figura 164. Grupos taxonómicos para VEGETACIÓN MARINA para el proyecto. Vcar=Clorofitas carnosas, Vcal=Clorifitas calcáreas, Rcar=Rodofitas carnosas, Rcal=Rodofitas calcáreas, Café=Feofitas, Pasto=Magnoliofitas., Ciano=Cianobacterias.

E) Invertebrados

Se registraron 7 grupos de invertebrados en la macro y microcelda, siendo estos anélidos, anémonas, crustáceos, equinodermos, esponjas, moluscos y zoántidos. Se registró un total de 28 especies de invertebrados, pertenecientes a 24 géneros y 23 familias. El grupo mejor representado fue el de las esponjas, con 15 especies presentes. La Sección con la mayor cantidad de especies de invertebrados fue la macrocelda, específicamente el Ambiente La, con una cantidad de 17 (Tabla 45).

Tabla 45. Listado de especies de INVERTEBRADOS para el proyecto. X=Presencia de la especie.

Grupo	Familia	Género	Especie	Microcelda			SARM					
				As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
Anélido	Amphinomidae	Hermodice	carunculata					A				
	Serpulidae	Spirobranchus	giganteus							C	C	C
Anémona	Actiniidae	Condylactis	gigantea		D						C	
	Ricordeidae	Ricordea	florida								C	
Crustáceo	Inachidae	Stenorhynchus	seticornis						E	A		
	Palaemonidae	Periclimenes	yucatanicus				D		E			
	Palinuridae	Panulirus	argus				D					
Equinodermo	Diadematidae	Diadema	antillarum						C	C	C	
	Echinometridae	Echinometra	lucunter					D			A	
Esponja	Aplysinidae	Aplysina	cauliformis						C	A		C
			fistularis						A	C	A	C
			fulva						C	A		A
	Axinellidae	Ptilocaulis	sp						E			C
	Callyspongiidae	Callyspongia	vaginalis						E	C		
	Clionaidae	Anthosigmella	varians						A			D

Grupo	Familia	Género	Especie	Microcelda			SARM					
				As	Pr	PM	As	CA	La	Lg	PM	C
		Cliona	caribbaea					D	A			C
	Crambeidae	Monanchora	arbuscula						E		C	
	Desmacididae	Desmapsamma	anchorata						C	A		C
	Dysideidae	Dysidea	etheria		D	D			C	A	C	
	Iotrochotidae	Iotrochota	birotulata							A		
	Irciniidae	Ircinia	campana						E			
			felix						C	C		
			strobilina								C	
	Tedaniidae	Tedania	ignis		D	D					C	
Molusco	Muricidae	Murex	sp		D							
	Ovulidae	Cyphoma	gibbosum							C		
	Strombidae	Lobatus	gigas						E			
Zoántido	Sphenopidae	Palythoa	caribaeorum					A	E			
No de especies				0	4	2	2	3	17	12	10	8

IV.3.4.5 Caracterización del banco de arena.

La caracterización del banco mamitas 4 inicio con un levantamiento realizado para caracterizar los tipos de sustrato en el cual se encontró que el banco delimitado con un área de 14.5 has, presenta un área practica de arenal de aproximadamente 100 metros de ancho por 310 metros de largo, con una profundidad entre 10 y 14 metros, el cual es colindante con estructuras calcáreas de relieve alto y presencia de comunidad coralina, así como parches aislados de pastos marinos de la especie *Halodule wrightii,* tal como puede observarse en la Figura 165

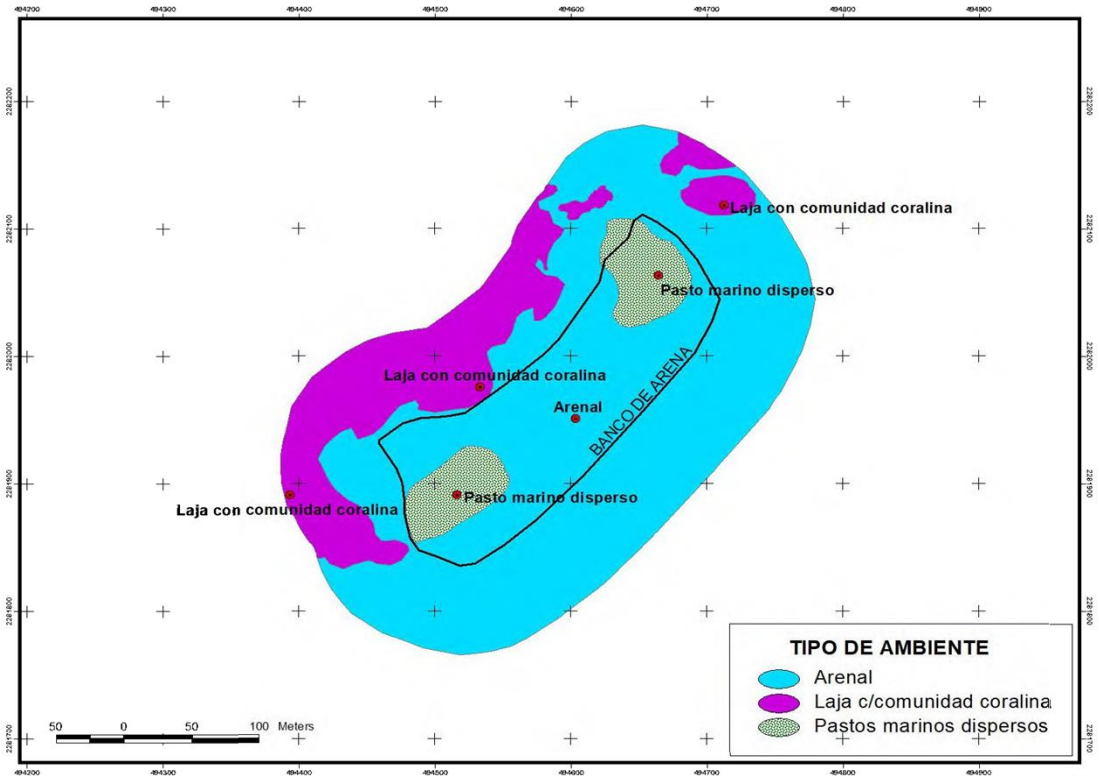


Figura 165. Sustratos registrados del arenal Mamitas 4.

De los sustratos registrados se destaca el macizo calcáreo colindante con escasa presencia de organismos arrecifales que aumenta cerca de los montículos de laja calcárea, en donde se desarrollan corales gorgonáceos y esponjas principalmente, tal como puede observarse en la Figura 166

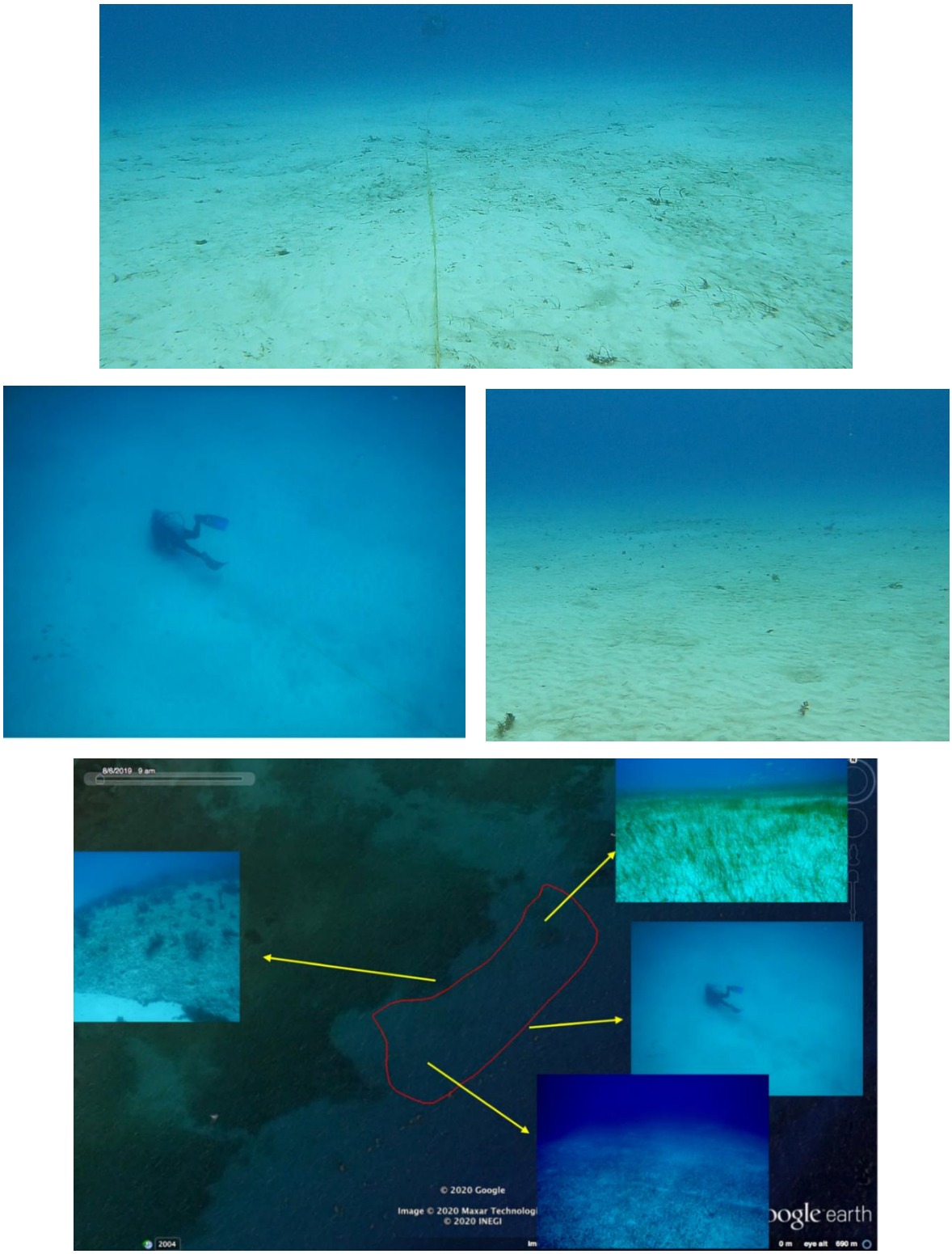


Figura 166. Banco de arena (arriba) y ubicación de los ambientes colindantes (abajo).

Derivado de los sustratos registrados, se realizó el análisis biótico de ellos, en el que se encontró que la presencia de organismos arrecifales fue escasa, se registraron pocos individuos de vegetación y de fauna, no se encontraron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en todo el registro, tal como a continuación se detalla.

a) Vegetación marina

La vegetación marina tampoco fue abundante en el arenal excepto en las porciones someras en donde el arenal colinda con sustrato calcáreo y se encontraron parches de pasto marino de la especie *Halodule wrightii.*

Se registraron 8 especies de macroalgas y una de pasto marino que pertenecen a 8 géneros y 4 divisiones, La cobertura promedio de algas y pasto marino en el arenal fue de 21.44%, la baja diversidad y equitabilidad, expresa la dominancia del pasto marino *Halodule wrigthii.*

En cuanto al análisis de los grupos morfofuncionales de macroalgas, se encontró que el grupo más abundante fue el de los pastos marinos seguidos por las algas verdes calcáreas y algas cafés Tabla 46

Tabla 46. Abundancia relativa de las especies de macroalgas registradas en el banco 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).

División	Género	Especie	Abundancia
Chlorophyta	Avrainvillea	asarifolia	E
	Halimeda	incrassata	R
	Penicillus	dumetosus	E
	Rhipocephalus	phoenix	A
Phaeophyta	Sargassum	fluitans	A
		natans	R
Rhodophyta	Dasya	harveyi	E
	Laurencia	poiteaui	R
Magnoliophyta	Halodule	wrightii	D
No. de especies			**9**

b) Ictiofauna

En total se registraron 13 especies de peces en el arenal, pertenecientes a 12 géneros y 10 familias. La especie que tuvo mayor abundancia relativa fue un pez navaja, (*Xyrichtys martinicensis*) que generalmente habita en zona de arenales con pasto y algas dispersas, seguidos de Canthigaster rostrata, Pseudupeneus maculatus, Thalassoma bifasciatum y Heteroconger longissimus, este último es un pez característico de los arenales (Tabla 47).

La densidad promedio fue de 0.57 ind/m^2 y una riqueza específica de 13 especies, es el grupo más representativo en el sitio, beneficiado principalmente por la colindancia con montículos de laja calcárea, que les proporciona refugio y hábitat.

El grupo trófico más abundante registrado en el área de estudio correspondió a los peces bentófagos (78.9%), seguido por los planctófagos (10.5%), los omnívoros (7%), y los ictiófagos (3.5%). La mayoría de los peces observados fueron de talla pequeña, menor a 10 cm y de hábitos alimenticios bentófagos.

Tabla 47 Presencia y abundancia relativa de las especies de peces en el banco de arena: 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	Abundancia relativa
Carangidae	Caranx	ruber	E
Chaetodontidae	Chaetodon	striatus	E
Congridae	Heteroconger	longissimus	A
Dasyatidae	Hyphanus	americana	E
	Xyrichtys	martinicensis	A
	Xyrichtys	Splendens	D
Labridae	Thalassoma	bifasciatum	E
Mullidae	Pseudupeneus	maculatus	A
Ostraciidae	Acanthostracion	polygonius	C
	Abudefduf	saxatilis	E
Pomacentridae	Stegastes	partitus	E
Serranidae	Serranus	tigrinus	E
Tetraodontidae	Canthigaster	rostrata	A
Número de especies			13

c) Corales escleractinios

En las zonas colindantes, se registraron corales del tipo masivo, de talla menor a 15 cm de diámetro en la zona donde se encontraba laja calcárea colindante con el arenal. En general fueron muy escasos se registraron un total de 3 especies pertenecientes a 3 géneros y 2 familias, la especie de coral que tuvo mayor presencia fue Siderastrea sidérea.

La cobertura, fue extremadamente baja con solamente 0.35%, el índice de diversidad fue de 0.86 y el de equitabilidad de 0.78, lo que implica cierta dominancia de alguna de las especies registradas.

En su mayoría las colonias del área de estudio se encuentran dañadas, ya sea por sedimentos sobre las colonias o por blanqueamiento. En todos los sitios en donde se registraron corales escleractinios el porcentaje de colonias dañadas fue mayor al de las colonias sanas.

d) Gorgonáceos

Se encontraron corales gorgonáceos sobre la laja calcárea colindante al arenal. La mayoría de ellos de talla juvenil en condiciones de salud favorable. Se registraron un total de 8 especies pertenecientes a 5 géneros y 2 familias, la mayor presencia fue de Muriceopsis flavida

La densidad encontrada fue de 0.48 ind/m2, principalmente en la zona donde colinda el arenal con laja calcárea, el 58% de los individuos fueron de talla juvenil. No se registraron corales gorgonáceos en las zonas más profundas del arenal (Tabla 48)

El índice de Diversidad se considera alto debido al número de especies observadas en las zonas colindantes de laja calcárea, la equitabilidad fue de 0.91, que expresa una distribución similar de individuos entre las especies encontradas, El 90% de las colonias de gorgonáceos en el área de estudio no presentaron daños en sus tejidos.

Tabla 48. 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	Abundancia
Plexauridae	Eunicea	calyculata	C
	Eunicea	fusca	C
	Eunicea	mammosa	C
	Muriceopsis	flavida	D
	Plexaura	flexuosa	C
	Plexaurella	nutans	C
Gorgoniidae	Pseudopterogorgia	americana	A
	Pseudopterogorgia	guadalupensis	C
No de especies			8

e) Otros invertebrados

Se registraron fuera de transecto un total de 11 especies de otros invertebrados pertenecientes a 10 géneros y 10 familias. El de las esponjas fue el grupo con mayor número de especies registradas. Los equinodermos estuvieron representados por Mellita sexiesperforata, conocida comúnmente como galleta de mar. En cuanto a los moluscos, se registraron 3 especies, entre ellas la especie del caracol rosado *Aliger gigas*. y solo una especie del grupo de los zooántidos (Tabla 49).

Tabla 49 Presencia/ausencia de invertebrados en los ambientes encontrados en el área de estudio.

Grupo	Familia	Género	Especie	Abundancia
Esponja	Mellitidae	Mellita	sexiesperforata	X
	Axinellidae	Aplysina	cauliformis	X
		Ptilocaulis	sp	X
	Callyspongiidae	Callyspongia	vaginalis	X
	Desmacididae	Desmapsamma	anchorata	X
	Iotrochotidae	Iotrochota	birotulata	X
	Raspailiidae	Ectyoplasia	ferox	X
Molusco	Cassidae	Cassis	sp	X
	Strombidae	strombus	costatus	X
		Aliger	gigas	X
Zoántido	Sphenopidae	Palythoa	caribaeorum	X
No de especies				0

- ✓ El área de estudio es un arenal que colinda con montículos de laja calcárea hacia las playas de Playa del Carmen.
- ✓ La presencia de organismos arrecifales es escasa, aunque aumenta cerca de los montículos de laja calcárea, en donde se desarrollan corales gorgonáceos y esponjas principalmente.
- ✓ Los corales escleractinios son escasos y se localizan en las áreas colindantes de laja calcárea, con una cobertura máxima de 0.35%, de talla pequeña (menor a 15 cm), predominan especies pioneras de tipo de crecimiento masivo.
- ✓ Los corales gorgonáceos son escasos en el arenal y tienen una densidad promedio de 0.48 ind/m2 por la presencia de montículos de laja calcárea que colindan con el arenal.

- ✓ La cobertura de algas es baja y en algunas zonas del arenal hay presencia de pasto marino de la especie Halodule wrigthii en manchones localizados.
- ✓ El grupo de invertebrados con mayor número de especies fue el de las esponjas, aunque la especie Mellita sexiesperforata está presente en casi todas las zonas del área de estudio.
- ✓ La presencia y abundancia de peces no es baja considerando el tipo de ambiente arenoso, con una densidad promedio de 0.57 ind/m^2 destacando la abundancia de especies comunes en los arenales y praderas de pastos marinos.

IV.3.5 CARACTERIZACIÓN EN SITIO ESPECIFICO DE APROVECHAMIENTO EN EL BANCO DE ARENA.

Adicionalmente se realizaron dos transectos de 50 metros cada uno en el área del banco de arena, que se propone como fuente de material para el proyecto, justo en el sitio destinado para la extracción, en el cual fue nula la presencia de corales escleractinios, así como de corales blandos, si bien fue evidente la presencia de vegetación sumergida, estas se encontraron en densidad tan baja que no fueron registradas en los cuadrantes realizados a lo largo de los transectos, (Figura 167)el grupo con más presencia, de nueva cuenta fueron los peces, de los cuales, se registraron 9 especies de peces, de las cuales *Xyrichtys martinicensis,* Heteroconger longissimus, resultaron ser dominantes (Tabla 50)

Tabla 50 Presencia y abundancia relativa de las especies de peces en la zona de estudio: Dominante (D)=>20%; Abundante (A)=10-19.9%; Común (C)= 5-9.9%; Escasa (E)= 1-4.9% y Rara (R) = <1%.

Nombre científico	Frecuencia	Abundancia relativa	Abundancia
Xyrichtys martinicensis	270	62.6	D
Heteroconger longissimus	92	21.3	D
Aluterus schoepfii	35	8.1	C
Acanthurus bahianus	24	5.6	C
Caranx ruber	5	1.2	E
Lactophrys triqueter	2	0.5	R
Acanthostracion quadricornis	1	0.2	R
Dasyatis americana	1	0.2	R
Lactophrys bicaudalis	1	0.2	R
Total, organismos	431	100.0	
Total, especies	9		

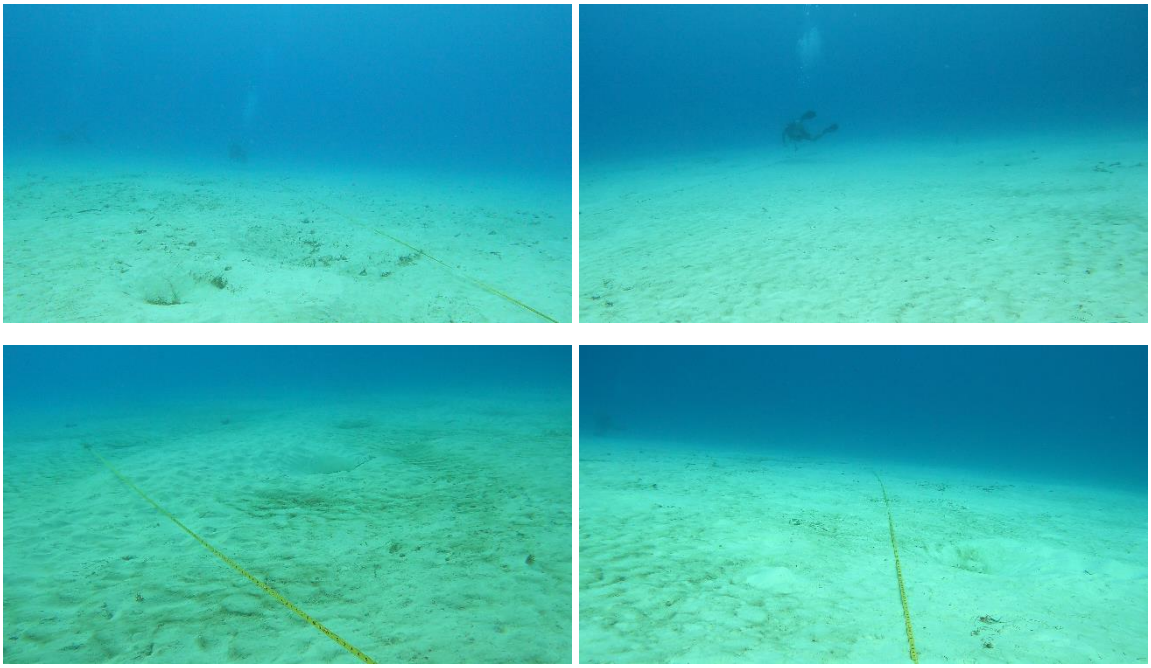


Figura 167. Imágenes del fondo en el sitio destinado para el aprovechamiento de arena, es notable la bajísima presencia de organismos sésiles o de lento desplazamiento.

IV.3.5.1 Biota en el sitio destinado para la colocación de los rompeolas

De las revisiones específicas que se realizaron en los sitios en que en donde se colocarán los rompeolas, se encontró que la turbidez en estos sitios es muy alta, la cual dificulta en gran medida su caracterización, por la poca visibilidad que ahí existe todo el tiempo.

Esta turbidez se debe a principalmente al sustrato presente en el sitio que corresponde a un limo muy fino que se resuspende con facilidad ante el movimiento del agua por el oleaje, el otro factor presente es la marea marrón que llega al sitio y ahí se estaciona, creando sitios en los que muy probablemente existan afectaciones periódicas por la descomposición del sargazo que llega y que pude causar condiciones anóxicas en determinadas temporadas del año cuando esta arribazón de sargazo llega a sus picos más elevados.

A) Rompeolas 1

El rompeolas 1, se encuentra propuesto dentro del ambiente identificado como arenal somero, sin embargo, en esta área en específica, se encuentra un limo muy fino de color café- rojizo, que se encuentra resuspendidos todo el tiempo al mínimo oleaje, creando una turbidez extrema, que no permite la visibilidad más lejana de 20 cm. del cual se encuentra una capa de al menos 30 cm en el fondo de este sitio, por lo que no se registraron organismos en este transecto, posiblemente debido también a las condiciones que pueden tornarse anóxicas en determinados momentos debido a la descomposición de la materia orgánica. Esta situación afecta en mayor medida y en un gradiente de norte a sur en la microcelda, siendo el más afectado el sitio en el que se colocará el rompeolas 1, tal como puede verse en la Figura 168 y 44 en donde en imagen área realizada con un dron al efecto, se observa el gradiente de la mancha café-rojiza extendiéndose desde 3 ríos y diluyéndose hacia el sur.



Figura 168. Superficie del sitio en donde se plantea la colocación de los rompeolas, es notable que, aunque aún no se trata de la marea marrón causada por el sargazo, el sitio permanece con alta turbidez, debido a los sedimentos acumulados y no consolidados en el fondo.

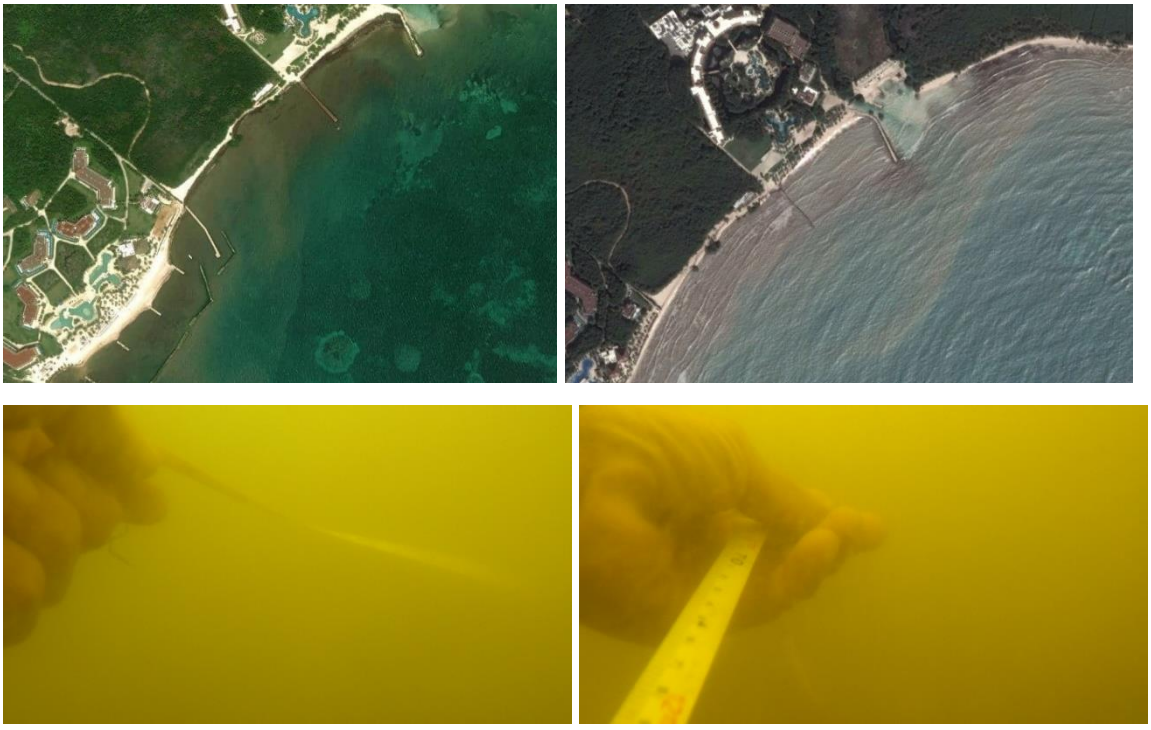


Figura 169 imágenes del sitio en que se colocaran los rompeolas, arriba, vista aérea en donde es evidente la marea marrón en diferentes tiempos, abajo fotografías de la baja transparencia en el sitio donde se colocará el rompeolas 1.

B) ROMPEOLAS 2 Y 3

El área destinada para los Rompeolas 2 y 3, se localizan en el ambiente descrito como pedacería de rocas calcáreas, también se encuentran influenciados por la marea marrón que enturbia el agua y disminuye la visibilidad, sin embargo, es menor esta afectación que en el sitio del rompeolas 1, y va en un gradiente, es decir el rompeolas 2 está más afectado que el

rompeolas 3. En estos transectos se registraron 3 especies de peces en el rompeolas 3 y ninguno en el rompeolas 1 y 2, tal como puede observarse en la Tabla 51.

Tabla 51 Presencia y abundancia relativa de las especies de peces registrados en la zona de donde se proponen los rompeolas

NOMBRE CIENTÍFICO	FRECUENCIA
Caranx bartholomaei	1
Halichoeres bivittatus	1
Caranx ruber	2

En el caso de corales pétreos, se identificaron las mismas 3 especies tanto en el rompeolas 3 como en el 2 sin embargo en este último la frecuencia fue sensiblemente mayor, lo que se atribuye al tipo de fondo que corresponde con pedacería de rocas calcáreas (Figura 170), la cual puede ofrecer en cierta época del año el sustrato duro para que las larvas puedan asentarse las especies encontradas (Tabla 52), poseen la característica de ser resilientes a diferentes impactos, aun con ello se encontró que el mayor diámetro de las colonias no supera los 10 cm y en general las colonias presentan daños con tejido necrosado, con cierta tendencia a aumentar en las colonias con mayor tamaño, esto con la ausencia de organismos de tallas mayores, podría estar indicando que en este sitio existe reclutamiento de corales, pero dadas las condiciones, las colonias declinan con el tiempo, estas reclutas , pueden ser sujetas de rescate para ser colocadas en los rompeolas, en condiciones más favorables.

Tabla 52 Presencia y abundancia relativa de las especies de corales escleractinios registrados en la zona de donde se proponen los rompeolas

Especie	R3	R2
Siderastrea siderea	1	10
Porites porites	2	18
Porites astreoides	4	16
No. ESPECIES	3	3
No. ORGANISMOS	10	47º



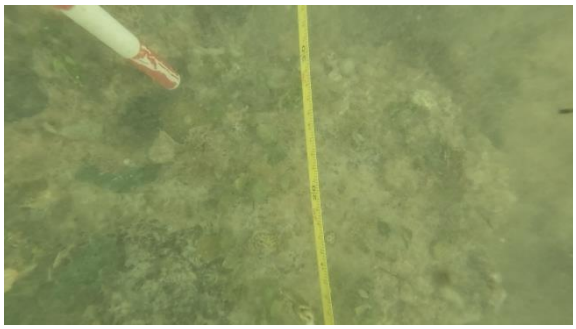




Figura 170 Corales escleractinios encontrados en el área destinada a los rompeolas 2 y 3 A) *Porites astreoides*, B) y C), *Siderastrea sidérea,* D)-F) *Porites porites.*

En los tres sitios en donde se colocarán los rompeolas 1,2 y 3 únicamente se identificó una especie, de coral blando, *Pterogorgia anceps (*Figura 171) el cual tuvo frecuencias de registro muy diferentes, entre el rompeolas 2 y 3 siendo muy superior la presencia de la especie, en el transecto del rompeolas 2 (Tabla 53), lo cual tiene importancia al momento de realizar el programa de rescate, de estos organismos previo a la colocación de los rompeolas.

Tabla 53 Presencia y abundancia de la única especie de coral blando registrado en la zona donde se proponen los rompeolas

ESPECIE	R3	R 2
Pterogorgia anceps	1	12
Total, organismos	1	12
Total, ESPECIES	1	1





Figura 171. Imágenes de *Pterogorgia anceps*, la única especie de coral blando encontrado en el sitio correspondiente a los rompeolas 2 y 3, en el rompeolas 1 no se registró ninguno

En cuanto a macroalgas, también se observó mayor diversidad en el sitio del rompeolas 3, pero mayor cobertura en el rompeolas 2, tal como puede verse en la Tabla 54 y esto se debe a la presencia del alga roja *Acanthophora spicifera* que se encuentra con una gran dominancia en sitio, cubriendo gran parte del área, tal como se observa en la Figura 172.

Tabla 54 Presencia y abundancia relativa de las especies de macroalgas encontradas en la zona de donde se proponen los rompeolas

DIVISIÓN	NOMBRE CIENTÍFICO	R2	R3
Chlorophyta	*Caulerpa prolifera*	C	A
	Caulerpa sertularioides	R	A
	Caulerpa verticillata		A
	Halimeda incrassata		C
	Penicillus capitatus	E	E
	Valonia macrophysa		R
Phaeophyta	*Lobophora fluitans*	C	R
	Sargassum fluitans		C
Rhodophyta	*Acanthophora spicifera*	A	A
	Bostrychia tenella	E	E
	TOTAL, ESPECIES	6	10





Figura 172. Imágenes de la vegetación presente en el sitio correspondiente a los rompeolas, es notable la dominancia de Acanthophora spicifera

IV.3.6 ESPECIES EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010.

En los registros que se obtuvieron para el presente estudio se encontraron 13 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y la modificación de su Anexo Normativo III, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019 y que se muestran en la Figura 149

Tabla 55. Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación del Anexo Normativo III publicado en 2019 que están presentes en el área de estudio del proyecto Arrecifes Artificiales de Restitución .

Grupo taxonómico	Especie	Nivel de protección	Distribución en la zona de estudio	
Corales duros (escleractinios)	Acropora palmata	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	Cresta Arrecifal (Dominante)
	Acropora cervicornis	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	Laja con gorgonáceos (Presencia) Cresta Arrecifal
	Orbicella annularis,	A (Amenazada)	SARM	Pasto Marinos (Dominante)
	Orbicella faveolata,	A (Amenazada)	SARM	Pasto Marinos (Abundante)
Corales blandos (gorgonáceos)	Plexaura homomalla	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	Laja con gorgonáceos (Común) Pasto Marinos (Dominante)
	Plexaurella dichotoma	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	Canal de arena (Común)
Magnoliophyta	Syringodium filiforme(A)	A (Amenazada)	Microcelda	PR y PM (Dominante)

Grupo taxonómico	Especie	Nivel de protección	Distribución en la zona de estudio	
	Thalassia testudinum(Pr)	Pr (Sujeta a protección especial)	Microcelda	PR (común) y PM (A)
	Halodule wrightii(A)	A (Amenazada)	SARM	La (Escaso)
Peces	Scarus vetula(Pr)	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	Lg *
	Sparisoma aurofrenatum(Pr)	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	CA (Dominante)
	Sparisoma viride(Pr)	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	CA (Dominante)
	Scarus taeniopterus(Pr)	Pr (Sujeta a protección especial)	SARM	PM *

Es importante mencionar que durante los muestreos se observó la incidencia de enfermedades en varias colonias de coral cerebro, principalmente en las especies *Pseudodiploria strigosa,* Pseudodiploria clivosa y Siderastrea sidérea. Todas observadas fuera de los transectos de muestreo.

IV.3.6.1 Medio socioeconómico

El medio socioeconómico en el que se encuentra inserto el SAR, corresponde con los procesos en la región denominada Cancún Tulum, dentro del Municipio de Solidaridad y aunque la parte sur del SAR toca la Zona Urbana periférica a la ciudad de playa del Carmen, se tiene relación con ella solo para contar con los servicios que ofrece una cabecera municipal, así como el comercio. Los datos e indicadores necesarios, se producen a nivel municipal, por ello se utiliza como fuente Los datos del Prontuario de información geográfica municipal Solidaridad, Quintana Roo, INEGI, 20123.

A) Población y vivienda

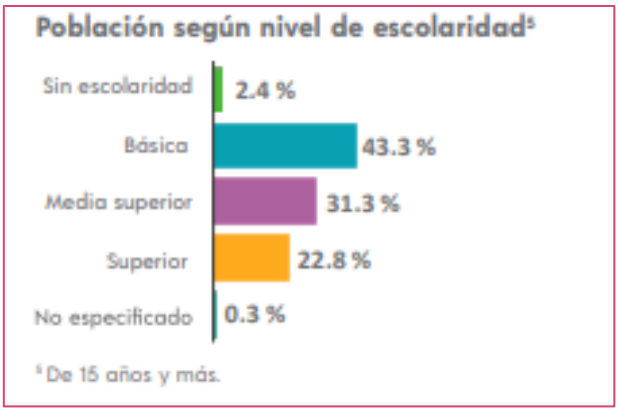
La población en el Municipio de Solidaridad Según el último Censo de Población realizado en el año 2020, es de 333 800 habitantes, lo que representa el 18.0% de la población de Quintana Roo, de los cuales por cada 104 hombres (51.1 %) hay 100 mujeres (48.9 %), en el municipio hay 136 localidades reportadas, sin embargo, la población se concentra de forma principal en 4, de las cuales la mayor es Playa del Carmen (304 942 hab.), y le sigue puerto aventuras (22 878 hab.).

La tasa de crecimiento de la población desde la creación del municipio en 1993 ha sido acelerada, sin embargo, después del año 2005 está disminuyo drásticamente de una tasa de 14.41 en el periodo del 2000 al 2005 a 2.93 en el periodo de 2005 al 2010, en comparación a 2010, para el 2020 la población en Solidaridad creció un 110%.

Las lenguas indígenas más habladas en 2020 fueron Maya (22,198 habitantes), Tseltal (3,603 habitantes) y Ch'ol (2,173 habitantes).

B) Servicios.

Educación. - En 2020, los principales grados académicos de la población de Solidaridad fueron Preparatoria o Bachillerato General (76.7k personas o 32.4% del total), Secundaria (73.6k personas o 31.1% del total) y Licenciatura (43.5k personas o 18.4% del total)

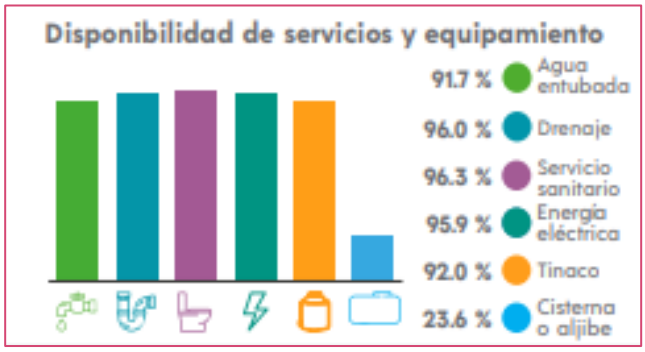


Salud. – En el municipio de Solidaridad las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron IMSS (Seguro social) (155k), Otro lugar (67.7k) y Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (53.8k).

Limpia y Saneamiento.-- En el municipio tiene un sistema de limpia y saneamiento mediante vehículos de 8 toneladas de capacidad, con caja compactadora. El municipio cuenta con un relleno sanitario, y servicio de acopio de residuos valorizables.

Vías de comunicación.- El municipio de Solidaridad cuenta con 451.89 km de infraestructura vial, de los cuales 249.47 km corresponden a carreteras, 139.6 km a caminos (brechas y veredas) y 62.78 km a calle. La carretera federal 307 comunica todo el SAR con el estado de Quintana Roo, dentro del SAR existen caminos y algunas calles del Norte de la zona urbana de playa del Carmen

Servicios y equipamiento doméstico.- En solidaridad los servicios de drenaje agua entubada, sanitario y energía eléctrica se encuentran por encima del 90 %



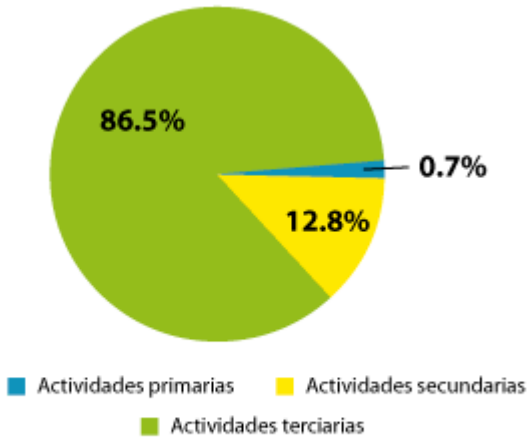
C) Economía.

El SAR pertenece a la Región Socioeconómicas Caribe Norte, la cual comprende dos sub regiones: 1). - subregión Cancún – Isla Mujeres y 2). -sub región Riviera Maya, caracterizada por ser la zona más dinámica en cuanto a crecimiento económico y explosión demográfica. La misma, concentra más del 60% de la población, más del 86% de Producto Interno Bruto del estado y el 90% de la infraestructura turística, constituyendo el principal generador de divisas turísticas.

La Riviera Maya ha tenido un crecimiento acelerado, gran cantidad de inversionistas han elegido estos destinos turísticos, lo que causa aumento de población, empleos, infraestructura y servicios

En el municipio de Solidaridad, el sector terciario emplea a la mayor cantidad de PEA con un 82% del total, principalmente enfocado en comercio de mayoreo y menudeo, restaurantes y servicios de alojamiento, así como transportes y comunicaciones.

Empleo. - Quintana Roo reportó 706 mil trabajadores en 2013, mientras que en 2022 reportó 967 mil trabajadores, de los cuales 39.2 % fueron mujeres y 60.8 hombre, principalmente en comercio y restaurantes y servicios de alojamiento, que pertenecen al sector terciario el cual emplea a la mayor cantidad de PEA con un 82% del total en solidaridad, Las ocupaciones con más trabajadores durante el cuarto trimestre de 2022 fueron Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios (54k), Conductores de Autobuses, Camiones, Camionetas, Taxis y Automóviles de Pasajeros (42.3k) y Meseros (37k). Esto es importante para el proyecto, ya que la restauración de la playa obedece a la conservación del bien que atrae a los turistas y origina el empleo para los playenses. En el municipio de Solidaridad, al igual que en el estado, la actividad preponderante es el turismo.



FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.
Participación por actividad económica, en valores corrientes, 2016*
*Cifras preliminares.

La actividad turística se localiza en toda la línea de costa y está presente en el SAR, la cual se encuentra en crecimiento constante, según SEDETUR paso de 32859 cuartos hoteleros en 2010 a 35,654 en 2014, actualmente de los 11 municipios, en que está dividido el territorio quintanarroense, el de Solidaridad es el que mayor número de hoteles tiene, con 277 para un total de 40 mil 062 habitaciones.

El Producto Interno Bruto (PIB) del estado ascendió a cerca de 226 mil millones de pesos en 2012, con lo que aportó 1.5% al PIB nacional. Mientras que en 2020 aporto el 1.3 % con 291,750 millones de pesos. Las actividades terciarias, entre las que se encuentran el comercio y hoteles, aportaron 85% al PIB estatal en 2012.

Quintana Roo recibió 462 millones de dólares por concepto de inversión extranjera directa en 2013, lo que representó 1.3 % de la IED recibida en México. El sector de hoteles y restaurantes recibió la mayor proporción de la IED captada por el estado en 2013.

Tal como se describe el área ha crecido principalmente por el turismo, el cual ha dado forma al sector social, en este caso el SAR se encuentra dedicado a esta actividad y es coherente con los sectores económicos, cuya dinámica gira alrededor del turismo. En este sentido, es importante la conservación del principal capital que atrae al turismo, el cual es la naturaleza y principalmente la playas de solidaridad.

IV.3.6.2 Paisaje

Analizando el paisaje como la forma en que este se percibe, considerando la calidad, naturalidad y fragilidad; el paisaje en la playa y zona marina del SAR, es evidente que ha tenido cambios significativos tanto por los efectos naturales, como han sido los huracanes, que modificaron la distribución de la vegetación, como por las actividades del hombre. Actualmente el paisaje del SAR se ve influenciado en gran medida por el uso como corredor turístico conocido comercialmente como Riviera Maya (del cual forma parte el SAR), en el cual al construirse hoteles y fraccionamientos residenciales y turísticos, se ha modificado el paisaje, disminuyendo su naturalidad, las actividades turísticas que se llevan a cabo en el SAR requieren de una buena calidad paisajística, por ello a pesar de las modificaciones, la calidad escénica del sitio es cuidad siempre con criterios antropocéntricos pero siempre buscando ofrecer una alta calidad paisajística.

La zona litoral de la Riviera Maya también ha sido modificada, y provocado la pérdida de playas, lo que conlleva a soluciones que consisten en colocar espigones de bolsacreto o costales, lo que generalmente impacta al paisaje de forma negativa, disminuyendo su calidad y su naturalidad. También lo hacen los espigones perpendiculares a la línea de costa

Todas estas modificaciones hacen que esta unidad playa - zona marina colindante, aumente su fragilidad, ya que cualquier cambio es más notable, y los impactos visuales se irán acumulando, de ahí la importancia de que los nuevos complejos dejen libre el frente de playa, respetando la vegetación de la duna y el pasto marino.

Por otro lado, las ciencias directamente relacionadas con el hombre, como la historia, la arqueología, la etnografía o la sociología, se interesan por el paisaje, no en su acepción natural, sino en aquellos paisajes marcados por las huellas de la actividad humana. Se asume que el paisaje, entendido como entorno natural, fue pre-existente al ser humano y cuando éste aparece en el planeta, encuentra en él una fuente de recursos, pero también un lugar inclemente al que debe modificar, adecuándolo a sus necesidades. De esta manera, el paisaje incluye también la presencia de obras antrópicas cuando ellas existen.

Uniendo ambas concepciones, el relieve (fisiografía) constituye la base sobre la que interactúan otros componentes del paisaje. La cubierta vegetal, la presencia del agua, la frecuencia e intensidad de los vientos y las precipitaciones y la actividad humana, diferencian un determinado paisaje frente a otros de relieves similares, a la vez que contribuyen a su transformación. El paisaje es entonces el aspecto general de una región, resultante de la modelación efectuada por distintos factores (abióticos, bióticos y antrópicos) cuya particular historia evolutiva y adaptativa le confiere ciertas peculiaridades.

La evaluación del paisaje como unidad de percepción en el SAR se puede realizar de forma cualitativa, en la siguiente tabla se describe las cualidades del paisaje en el SAR delimitado.

Tabla 56 Características del paisaje en el SAR.

Visibilidad	La visibilidad en la zona costera se ve limitada hacia el oeste, norte y sur es decir hacia tierra adentro por la vegetación que es muy densa en los sitios naturales, y/o por las edificaciones en las zonas con construcciones. Al este la visibilidad es amplia en lo que se refiere a la ZOFEMAT
Calidad y Potencial paisajístico	El Paisaje ha sido modificado por las construcciones de hoteles y departamentos, la calidad natural se encuentra empobrecida, aún quedan sitios naturales, aunque desde el punto de vista turístico es apto para ser comercializadas
Calidad visual del entorno inmediato (de 500 a 700 m de distancia).	La calidad ambiental en el SART es media, ya que se trata de un ambiente perturbado, en el SARM, es baja en la zona litoral y alta en la zona alejada de los litorales, principalmente por la afectación que causa el arribo masivo de sargazo.
Calidad del fondo escénico.	El fondo escénico, en el SART es la vegetación hacia el oeste, por lo que la calidad es media, ya que la cobertura es irregular por la fragmentación que han causado las construcciones. Hacia el Este el fondo escénico representado por el Mar caribe es el mayor atractivo, reconocido por su belleza en todo el mundo. En últimas fechas siendo modificado mediante espigones y elementos extraños en la playa para disminuir la erosión y últimamente el sargazo que arriba en cantidades extraordinarias
Fragilidad.	La fragilidad en el sistema ambiental es alta, ya que por la altura de la vegetación que no rebasa los 5 metros los cambios son muy notorios desde otros puntos. Tanto las obras en la zona marina como en la terrestre.
Frecuencia de la Presencia humana.	El paso de los transeúntes en la playa del SAR es denso, aunque se limita los usuarios de los hoteles.
Singularidades paisajísticas o elementos sobresalientes de carácter natural o artificial.	El paisaje en el sistema ambiental constituye un paisaje singular, entre el humedal y el mar Caribe; con un color del mar turquesa y las blancas playas.

Para el proyecto que aquí se presenta el paisaje es muy importante, por ello se realizó la "Evaluación del Paisaje en el frente de playa Bahía del Carmen", el cual se incluye integro como anexo y es especialmente útil para esta sección.

En la evaluación del paisaje, del predio se identificaron los siguientes elementos:

NATURALES:

1) **Segmento de playa arenosa:** Área a lo largo de todo el frente de costa. Textura suave, área uniforme en balance con los otros componentes.
2) **Segmento de manglar** Área de mayor escala y en buen estado de conservación.
3) **Remanente de manglar en playa** Área pequeña del manglar en la zona de playa sin estar conectada con el resto del manglar.
4) **Mar territorial próximo** Escala vasta, con áreas uniformes. Excelente conservación de la línea de horizonte. Excepto cuando se está cerca del muelle.



Figura 173 Componentes naturales (sur del predio)

COMPONENTES ARTIFICIALES

5) Edificación Club de Playa Norte Palafito de un nivel. Escala de bajo impacto. Uniforme, simple y con materiales armónicos con el paisaje. Transición dura con la playa con una duna cubierta por pasto y palmeras.
6) Andador de madera. Simple y con materiales armónicos con el paisaje



Figura 174 Componente ARTIFICIAL (Norte del predio)

A partir de la evaluación realizada se encontraron 6 áreas con mayor atractivo por la experiencia que inducen. Al contrario de otros predios vecinos, el área de estudio conserva la mayoría de sus atractivos sensoriales, los cuales se pueden observar en la figura X y se enlistan:

A. La playa de arena (2 y 4) estimula el relajamiento y la convivencia.
B. El área de manglar ofrece una experiencia de exclusividad cuando se ve desde dentro del mar.

C. El área 3 y 6 son un refugio para los usuarios por la sombra y el encuadre del mar.
D. En área 5 tiene una pequeña salida de agua dulce por temporadas que es neutra en el paisaje.

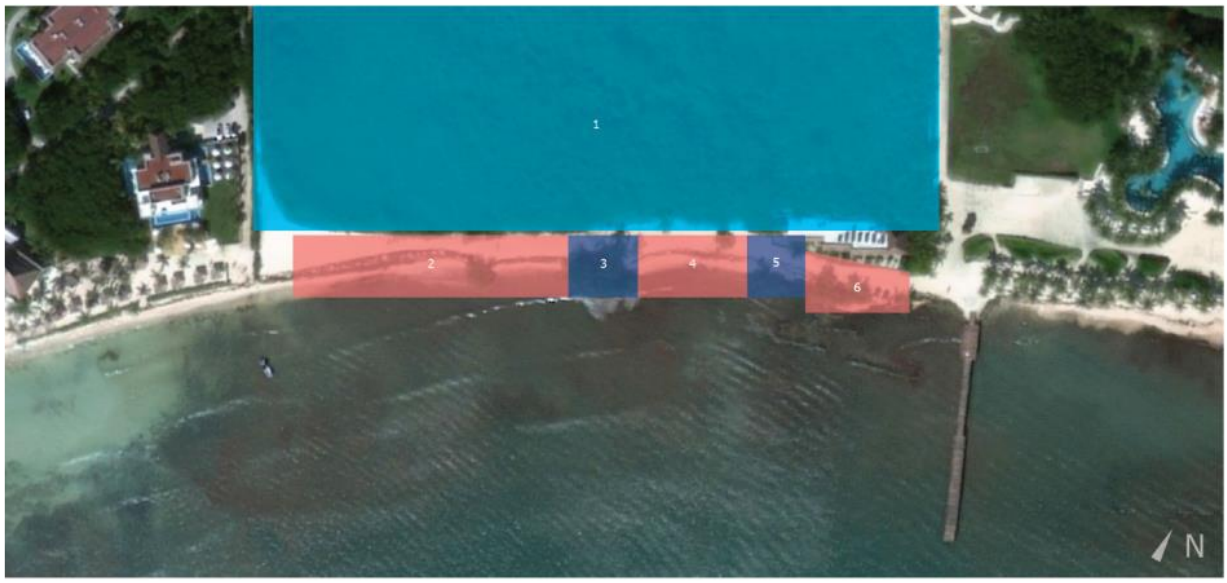


Figura 175 Áreas con mayor atractivo por la experiencia que inducen; playa de arena (2 y 4) estimulan el relajamiento y la convivencia. El área de manglar ofrece una experiencia de exclusividad cuando se ve desde dentro del mar (1) El área 3 y 6 son un refugio para los usuarios por la sombra y el encuadre del mar, en área 5 tiene una salida de agua dulce por temporadas.

IV.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

El diagnóstico ambiental integra los elementos descritos anteriormente sobre las condiciones del sistema ambiental, considerando y reconociendo las relaciones entre los diferentes componentes del sistema, resaltando las formas en que se han llevado a cabo estas interacciones y valorando el estado en el que se encuentran. como una síntesis objetiva del estado ambiental del SAR, es evidente lo siguiente:

1. **El proyecto propone proteger y rehabilitar el área conocida como supralitoral** y para ello es necesario, rehabilitar los sistemas que se encuentran afectados en la zona infralitoral, así como la adaptación a los cambios que han tenido los procesos que llegan desde la zona continental, por ello el SAR contempla tanto el sistema terrestre como el sistema marino, sin embargo, la interacción esperada es mucho mayor en el sistema marino, ya que en el sistema terrestre los procesos propuestos por el proyecto ocurren desde el litoral, hacia el mar, por lo tanto no afectan por lo que suceda en el sistema terrestre, esto con la excepción que de continuar la erosión del litoral, por falta de protección, se afectaría la extensión de la zona supralitoral y quizá de continuar así en un futuro la afectación sea mayor al alcanzar el oleaje la zona de manglar, por ello es muy importante la realización de sistemas de protección de costa.
2. El SAR en el medio terrestre (SART) se compone principalmente, por un sistema fragmentado de selva con diferentes asociaciones vegetales, que van desde el acahual, hasta la selva mediana subperennifolia, una extensa área de humedal compuesta principalmente por las 4 especies de mangle, también fragmentado por caminos y

desarrollos costeros, realizados en el pasado, en el que la hidrología, tiene su sentido, hacia el mar, por vía subterránea mediante los canales de disolución y también por vía superficial en la laguna intermitente ocupada por el manglar, la cual es llenada principalmente de forma pluvial y vaciada por la evapotranspiración y ocasionalmente en precipitaciones extraordinarias, por escurrimientos hacia el mar. Este sistema organizado en bandas paralelas a la línea de costa, tiene su interacción en la zona de barra arenosa en donde los procesos terrestres, pero principalmente los marinos, conforman un sistema muy dinámico al que denominamos playa con sus zonas infra, supra y mesolitoral la cual en el SAR se encuentra gravemente afectada y en franco retroceso posiblemente como un resultado que inicio de forma natural con eventos extraordinarios, que afectaron la protección que pudo tener el sistema en el pasado, combinado con grandes aportes de agua continental, así como soluciones parciales de diversos predios a lo largo del SAR.

3. El SAR en el medio marino (SARM) fue delimitado en tres celdas (Macro, meso y microcelda), sin embargo con los resultados prospectivos fue evidente que la microcelda es la que corresponde con el área de influencia del proyecto, por lo tanto se estudió el sistema en esas dos escalas, los resultados evidencian que el área de influencia del proyecto se encuentra con poca diversidad y también de abundancia, que en la zona cercana al litoral se encuentra afectada de gran manera por la arribazón masiva de sargazo que inicio en el año 2015, que la mayor diversidad abundancia y especies significativas se encuentra en el resto del SARM, y que parte de la causa de erosión es una interrupción en la cresta arrecifal, que influye en la batimetría, oleaje y corrientes, los cuales se espera sean subsanados con el proyecto, para la protección de la zona litoral.

4. En las áreas muestreadas en los sitios en los que serán directamente colocados los rompeolas, se encontró que es una zona con pocas especies y organismos y esto puede deberse a que corresponde a los sitios más cercano al litoral, que soporta impactos por las arribazones masivas de sargazo, así como a la constante resuspensión de sedimentos en el sitio, *Porites astreoides* y *Siderastrea siderea de tamaños pequeños, lo que hace evidente que en el sitio existe el reclutamiento de estos organismos, pero con el* tiempo van decayendo por las condiciones adversas que ahí persisten, estos organismos son susceptibles de rescate y de colocarse en los rompeolas, en donde con probabilidad encuentren ambientes más propicios, cabe destacar que estas especies, han mostrado ser resistentes a los impactos como mala calidad del agua poca transparencia y son considerados de tipo pionero.

5. En el litoral se encontró que la zona mesolitoral se encuentra severamente reducida y que esta reducción ha dejado casi sin vegetación a esta zona, a lo largo del SARM y con excepción de punta maroma, esta franja es muy estrecha. En el sitio del proyecto existen mogotes de mangle que, poco a poco son socavados en sus raíces y sustrato por el oleaje, acrecentado por los ciclos de mareas y, lo que terminaría por derribarlos en caso de no ser protegidos. La zona litoral en el SAR se encuentra con soluciones de ingeniería, para reducir la erosión de forma parcial en cada lote, lo que ha dado como resultado que las zonas cercanas a esas soluciones sufran una mayor afectación en cuanto a la erosión, en el presente proyecto se toman en cuanta esas soluciones y con modelaje del oleaje, mareas y corriente litoral, se evidencia que aumentara el litoral en la zona objetivo sin afectar otros. La zona infralitoral también se encuentra afectada

debido a la pérdida de transparencia que causa el arribazón masivo de sargazo, es posible que eso haya contribuido a la baja diversidad y escasa biota en el sitio.

6. En el aspecto socioeconómico se encontró que en la porción sur del SAR se cuenta con servicios básicos y vías de comunicación eficientes, la principal actividad es el turismo, del cual dependen las demás actividades, ya que este es el que atrae los recursos, en el SAR no hay comunidades indígenas, en la franja en de influencia del proyecto, existen hoteles, que ya aplicaron sistemas similares para la prevención de la erosión en la playa, por lo que es importante que esta franja del predio realice este proyecto y evitar ser afectado aún más por las soluciones de sus vecinos.

En el diagnostico se reconocen los componentes críticos en el sistema, evaluando su estado de conservación, fragilidad, y su capacidad de regeneración ya sea por medios naturales o humanos. A continuación, El diagnóstico ambiental se presenta en forma de cuadro gráfico (**Tabla 57**), donde se le asigna un valor cualitativo de acuerdo a caracteres universales y que no requieren de metodologías especiales para su apreciación e interpretación.

En la siguiente tabla se especifican y fundamentan las consideraciones de calificación del estado de conservación, fragilidad y capacidad de carga:

Tabla 57 Calificaciones del diagnóstico ambiental.

	Alto	Medio	Bajo
Estado de conservación	Cuando las condiciones naturales no han sido modificadas, o han sido modificadas de forma poco significativa.	Cuando se ha modificado el estado original, pero existe un grado aceptable de conservación, sigue cumpliendo su función ambiental.	La afectación del factor es relevante y su naturaleza ha sido modificada significativamente, ya no cumple su funcionalidad.
Fragilidad	Un elemento frágil se degrada con facilidad y se recupera con dificultad, es vulnerable.	Se encuentra en un término medio de susceptibilidad y capacidad de recuperación.	Cuando el componente tiene una alta capacidad de regeneración y no se ve afectado con facilidad.
Capacidad de regeneración	Cuando un elemento se recupera en un intervalo de tiempo corto de un efecto impactante.	Cuando un elemento se recupera de forma paulatina de un impacto.	Cuando no se recupera o es un proceso a muy largo plazo.

Tabla 58 Diagnóstico ambiental del área de influencia. EC= Estado de conservación, F= Fragilidad, CR= Capacidad de regeneración.

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
Calidad del aire	En la zona costera que conforma el SAR, las actividades productivas son terciarias, es decir de servicios, donde	Medio	Medio	Alta

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
	las emisiones son realizadas por los vehículos terrestres y marinos asociados al movimiento de la población y del turismo, así como las emisiones que se generan por el uso urbano y turístico, por el uso de combustibles como gasolina, diésel, y gas LP. Por ser una zona donde corre el viento continuamente los gases se dispersan de forma inmediata, los desarrollos turísticos deben cumplir con la normatividad federal y estatal que regula las emisiones, sin embargo, en el estado no hay una verificación que regule las emisiones de los vehículos acuáticos y terrestres. En cuanto a los olores no existen emisiones que sean desagradables, a excepción de la temporada de presencia del sargazo, el cual al descomponerse emite metano y gases de descomposición de materia orgánica. Al ubicarse en una zona turística no se deja acumular el sargazo, para no ahuyentar al turismo. Se considera un nivel medio de conservación, ya que, aunque no sea un problema que se perciba, la cantidad de vehículos y pobladores permanentes, de paso y turistas es alta en el SAR.			
Nivel de ruido	El ruido en la zona costera del SAR es generado por las actividades urbanas y turísticas, existen regulaciones en los centros de consumo, sobre el nivel de ruido, para cuidar el confort sonoro entre los diferentes desarrollos, por lo que este componente se mantiene a un nivel medio de conservación. Respecto a la fauna ésta mantiene su distancia, permaneciendo en las zonas menos impactadas del SAR, en su mayoría contenidas por la carretera federal.	Alto	Alta	Alta
Microclima	El microclima en el SART se ha modificado por la remoción de la vegetación en la zona costera para la construcción de desarrollos turísticos y fraccionamientos residenciales y turísticos, en la zona sur, en la zona norte la zona mantiene una mayor cobertura, por lo que en el interior de los predios se conserva una mayor cobertura vegetal, y el microclima es más cercano al original	Medio	Alto	Medio
Agua Superficial	En el SART, no existen cuerpos de agua superficial, a excepción de los afloramientos de agua subterránea, como es el caso de la salida de agua en el predio al norte del proyecto (Tres Ríos), y la lente de agua que se forma en los manglares, por la retención de agua de lluvia en un suelo permeable. Como se mencionó en el presente capítulo el humedal - manglar se encuentra fragmentado y ya no existe una continuidad de la lente de agua que se forma en la temporada de lluvias.	Bajo	Alto	Medio
Agua Subterránea	De acuerdo a los estudios que se han realizado en la zona la dirección del flujo subterráneo es de oeste a este, En la zona de estudio se identificó un acuífero cárstico con un nivel freático entre 0.709 m y 7.04 m por debajo del nivel del terreno con potenciales entre 0.710 y 0.846 msnm. El agua subterránea circula en un medio dominado por conductos de disolución (calizas arrecifales) por debajo	Alta	Alta	Medio

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
	de los 10 m y en la parte más somera a través de los planos de estratificación de las calcarenitas. La interface salina del acuífero se ubica entre -7.0 y -10.0 m. bajo el nivel medio del mar en los puntos más cercanos a la costa y entre -12 y -15 m para los puntos más alejados.			
Relieve	Las construcciones de la zona urbana al sur de SAR, los caminos, así como fraccionamientos y desarrollos hoteleros han nivelado el relieve en sitios específicos para hacer las edificaciones modificando el relieve natural de la zona tanto en la barra arenosa como en el humedal, esto fragmenta el humedal y reduce las zonas para acopio de agua pluvial, provocando el sobrellenado de las cuencas y su desborde hacia el mar a través de la barra arenosa cuando ocurren precipitaciones pluviales extraordinarias	Medio	Alta	Baja
Calidad y cobertura del suelo	En el SART no existen reportes de contaminación del suelo, la superficie de suelo original, si ha disminuido significativamente y seguirá disminuyendo por el crecimiento de la Mancha urbanizada y por los desarrollos turísticos, en la zona en asentamientos humanos se permite hasta el 90% de superficie de modificación realizando desmonte y desplante. En la UGA la superficie de modificación es menor al 50%, por lo que en esta zona si se mantienen zonas con el suelo original. La barra arenosa en el SAR en general se encuentra estrecha y con problemas de erosión, actualmente y desde el año 2015 existen problemas en el litoral por la llegada masiva del sargazo que se descompone en las playas y causa la modificación de las características del agua y del suelo en todo el litoral costero del SAR.	Bajo	Alta	Baja
Amplitud de la playa.	La amplitud de la playa se ha modificado en diversas partes del SAR, derivado de la modificación de la vegetación en la zona terrestre como marina (Duna y pastos marinos) y por las construcciones que modifican el oleaje que llega a la playa y acarrea la arena. La capacidad de regeneración es muy baja o nula, debido a que ha modificado la dinámica de la línea de costa.	Baja	Alta	Baja
Topografía y batimetría. (Perfil de playa)	La topografía de la playa y batimetría de la zona marina, describen el perfil de playa, que como en el punto anterior, también se ha modificado en la parte terrestre en todos los sitios donde hay un desarrollo colindante.	Baja	Alta	Baja
Línea de costa natural e infraestructura.	La línea de costa se refiere a la zona de contacto entre la zona marina y la zona seca, y su forma la cual se modifica por la construcción de escolleras desde la playa, rellenos o excavaciones que modifican la forma de la playa e infraestructura q modifica su continuidad. (Muelles, pasarelas, excavaciones, espigones, etc.).	Baja	Alta	Baja
Dinámica Erosión – Acreción de la Playa	La dinámica del litoral se observa modificada por efectos antrópicos debido a las construcciones sobre la barra arenosa y el humedal por la zona urbana y algunos hoteles a lo largo del SAR. En la zona de influencia del proyecto existen cambios notorios en las microcorrientes y en la energía del oleaje	Medio	Alta	Baja

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
	que llega a la playa, debido a la colocación de infraestructura frente a lotes circunvecinos, esto hace una necesidad de adaptación del área en donde se propone el proyecto. Se observa que la dinámica de la zona se ha modificado por las construcciones que modifican las microcorrientes litorales, el oleaje, en este el caso del sitio del proyecto se ha modificado por la construcción de espigones al norte de la playa.			
Oleaje.	El oleaje sí ha sido modificado, en el SAR por los espigones colocados en la Línea de costa al norte del sitio del proyecto .lo cual motiva el presente proyecto de recuperación de playa.	Media	Alta	Media
Vegetación terrestre	La vegetación terrestre en el SAR ha sido modificada, por el uso de suelo turístico y residencial, y por el paso de los huracanes y nortes.	Media	Baja	Alta
Fauna terrestre	En el SART existen aves residentes y migratorias, habitan reptiles grandes -como cocodrilos- y mamíferos, estos se encuentran restringidos en su movimiento por la fragmentación del hábitat, por la carretera federal, caminos vecinales y la zona marina, para el caso del proyecto la fauna terrestre no tiene interacción significativa ya que pocas veces son vistos en la barra arenosa.	Medio	Medio	Medio
Vegetación playa	La vegetación en el SAR, se ha visto reducida conforme va creciendo el desarrollo urbano y turístico, la franja colindante a la playa es el sitio más atractivo. En ocasiones únicamente se respeta la franja de 20 m de Zona Federal Marítimo Terrestre, o menos. Eliminando la vegetación de duna y matorral costero.	Baja	Alta	Baja
Fauna playa	Al eliminar la vegetación de las playas, La fauna no encuentra sitios de refugio y alimentación, se ha modificado favoreciendo a las especies que se adaptan a la presencia humana y encuentran alimentación en los residuos o en la vegetación introducida.	Bajo	Alta	Baja
Calidad del Agua marina	La calidad del agua marina en la zona es apta para contacto humano[4] respecto a los análisis bacteriológicos. Sin embargo, no existe un monitoreo en el SARM de la calidad fisicoquímica del de agua marina, derivado que en la parte oeste del SAR existen desarrollos urbanos los cuales cuentan con sistema municipal de drenaje, y que, en los desarrollos turísticos y campos de golf, se hace uso de agroquímicos se podría esperar contaminantes orgánicos. Por lo que, aunque no se tiene la certeza de los análisis fisicoquímicos, por las actividades en la zona continental, se asume que tiene una calidad media.	Medio	Alta	Alta
Biota marina	En cuanto a la Biota Marina, la caracterización muestra resultados contrastantes, por un lado los sistemas cercanos a la playa se encuentran severamente modificados debido a la arribazón del sargazo, a la erosión de la playa que se refleja en niveles muy bajos de diversidad y abundancia de especies. Por otro lado, la zona marina más alejada del litoral tiene una calidad ambiental de media evidenciado por las enfermedades encontradas en los corales escleractinios, sin embargo,	medio	Media	Media

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
	se advierte en la caracterización de flora y fauna marina que los sitios muestran una diversidad y abundancia en los grupos de corales blandos algas y peces que denotan un sistema en buenas condiciones.			
Corredores biológicos o conectividad entre ecosistemas	La conectividad entre los ecosistemas alrededor del SART se encuentra fragmentado, ya que las construcciones generan barreras físicas, que impiden el paso de la fauna y aíslan a la vegetación como es el caso del manglar. De la zona de playa también se forma una barrera, donde ya no existe la duna costera o el matorral costero. En la zona marina la continuidad si existe, no hay barreras físicas que impidan el libre tránsito de la fauna que pasa de las áreas de corales, pastizales y mar profundo.	Bajo A Medio	Media	Media
Naturalidad, Fragilidad Calidad Paisajística.	El paisaje alrededor del SART es peculiar, ya que se observa la belleza del mar Caribe que es el mayor atractivo del corredor turístico, y una zona urbana entre fraccionamientos habitacionales, turísticos y desarrollos turísticos. La zona terrestre tiene un paisaje peculiar, con una combinación de diferentes tipos de arquitectura, y usos de suelo, residencial, comercial, y turístico, con construcciones en la playa como muelles, pasarelas, andadores, palapas, y protecciones de playa como escolleras, costales, geomembranas, etc. Lo que disminuye su naturalidad y calidad paisajística. En el SART solo se encuentran conceptos Hoteleros. En general los hoteles buscan resaltar esta belleza escénica al integrar la infraestructura para el uso y disfrute de este, creando un nuevo paisaje agradable ya que las propietarios buscan una arquitectura que sea agradable y que eleve el plus valor de su inversión, particularmente en la zona de influencia del proyecto se realizó el estudio de paisaje, mediante el cual se propone la conservación de sus elementos relevantes y la restauración de atributos, que se conjugan con el proyecto previamente aprobado	Medio	Alta	Medio
Social y Económico.	La economía en el municipio depende totalmente del turismo, y las actividades que se desarrollan a su alrededor, Solidaridad es el municipio que presentó una taza de crecimiento más alta en el país, por lo que el crecimiento de la población rebaso el crecimiento de equipamiento e infraestructura urbana, así como la implementación de las regulaciones de uso de suelo. Actualmente se cuenta con un programa de desarrollo urbano municipal y en los centros de población principales, lo que ha regulado su urbanización, y el cumplimiento de la normatividad ambiental, de las leyes y reglamentos estatales y municipales. El SAR se encuentra cercano a la ciudad de Playa del Carmen que es una zona muy dinámica desde el punto de vista socioeconómico y esto lo influencia de forma significativa, imprimiendo presión hacia el uso el suelo, que se ha reflejado en la construcción de hoteles a todo	Bajo	Alta	Alta

Elemento indicador	Descripción de la situación actual del sistema ambiental.	EC	F	CR
	lo largo, y los cuales se han constituido como la principal y más abundante fuente de ingresos de la región, la mayor parte de la población proviene de otras regiones del país y ha llegado a este sitio en busca de oportunidades laborales, de inversión y negocios, así el SAR constituye aun el sitio en donde es posible invertir para continuar con los procesos sociales y económicos de la zona, comparado con otros sitios la reciente creación de esta comunidad hace que no exista un elemento previo o natural, sino que actualmente va construyéndose, por ello su estado de conservación se refiere a la capacidad de servicios y oportunidades, la fragilidad se refiere a la solidez como sociedad ante efectos socioeconómicos disruptivos y su capacidad de regeneración a la capacidad de esa sociedad a remontar dichos efectos.			

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

En este capítulo se retoma la información vertida en el capítulo II donde se describieron las actividades que se realizaran y al final del capítulo 2 se presentó un listado de las actividades que se realizaran.

El capítulo 4 de la misma forma finaliza con el diagnostico ambiental, de tal forma que permite identificar los elementos relevantes en el sistema ambiental regional, los cuales se retoman para hacer la matriz de doble entrada para identificar los impactos ambientales hacia dada componente ambiental.

Por lo que se destaca que la metodología se basa en Actividades impactantes *vs* indicadores de la "salud" o condiciones de los componentes del ambiente, para identificar y evaluar dichos impactos ya sean positivos o negativos.

El resultado de la matriz es la Identificación y evaluación de la importancia del impacto ambiental, de las actividades hacia los componentes ambientales lo cuál permitirá generar las mejores medidas de prevención y mitigación.

Es de señalar que en algunos casos desde el diseño del proyecto se están contemplando medidas de prevención por lo que ya se consideran parte de las acciones a realizar.

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

V.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El método de evaluación de impactos ambientales permite la medición del grado de intensidad e incidencia del efecto impactante y de la acción que impacta, definiendo en primer lugar si el efecto es positivo o negativo, así como su efecto temporal y espacial, tomando en cuenta la capacidad del elemento impactado de absorber o recuperarse de dicho impacto. En este caso el valor será medido a través de la asignación del "*valor de importancia*" método descrito por Conesa. (1995).

La matriz de importancia consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores ambientales susceptibles a recibir impactos, es decir los indicadores ambientales que hemos seleccionado y enumerado en el inciso anterior.

Es importante señalar que la metodología a diferencia de otras en este documento es acción vs componente ambiental, y no impacto vs componente ambiental, por lo que el resultado es la importancia del impacto de cada acción, ya que una acción o actividad del proyecto puede provocar más de un impacto en los diversos componentes ambientales.

Los elementos de la matriz de importancia identifican el impacto ambiental (Ío) generado por una acción simple de una actividad (Ai) sobre un factor ambiental considerado (Fj).

En este estadio de valoración, mediremos el impacto, en base al grado de manifestación cuantitativa del efecto que quedará reflejado en lo que definimos como importancia del impacto. Los elementos tipo, o casillas de cruce de la matriz, estarán ocupados por la valoración

correspondiente a once símbolos siguiendo el orden espacial, más una casilla que sintetiza en una cifra la importancia del impacto en función de la fórmula:

$$I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Donde la **I** = importancia es resultado de los valores asignados a cada atributo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 59. Significado de los símbolos y valores que pueden ser asignados

Naturaleza	Beneficio	+	Sinergia (SI) (Regularidad de la manifestación)	Sin sinergismo	1
	Perjudicial	-			
Intensidad (Grado de destrucción)	Baja	1		Sinérgico	2
	Media	2			
	Alta	4		Muy sinérgico	4
	Muy Alta	8			
	Total	12			
Extensión (EX) (área de influencia)	Puntual	1	Acumulación (AC) (Incremento progresivo)	Simple	1
	Parcial	2			
	Extenso	4		Acumulativo	4
	Total	8			
	Critica	+4			
Momento (MO) (Plazo de manifestación)	Largo plazo	1	Efecto (EF) (Relación causa – efecto)	Indirecto	1
	Medio plazo	2			
	Inmediato	4		Directo	4
	Critico	+4			
Persistencia (PE) (Permanencia del efecto)	Fugaz	1	Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)	Irregular	1
	Temporal	2		Periódico	2
	Permanente	4		Continuo	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1	Recuperabilidad (MC) (por medios humanos)	Inmediato	1
	Medio plazo	2		Medio plazo	2
	irreversible	4		Mitigable	4
				Irrecuperable	8

El valor de importancia toma valores entre 13 y 100;

Los impactos con valores de importancia inferiores se califican de acuerdo al siguiente rango:

Valor de importancia (I)	*Significancia*
Menor a 25	*Irrelevante*
Entre 25 y 50	*Moderado*
Entre 50 y 75	*Relevante*
Mayor a 75	*Critico*

Es importante señalar que al igual que los valores de los distintos símbolos no son comparables, los valores entre distintas casillas de cruce tampoco son comparables.

Los resultados de las sumas, pierden la cualidad cuantitativa, ya que no son resultado de la valoración de los criterios, y están en función del grado de manifestación cualitativa de cada criterio que se evaluó.

Análogamente se puede decir que la importancia en la fila *j=2*, es mayor que la fila *k=1*, y deducir que *j* está siendo agredido en mayor medida que el factor k, pero sin proporción

numérica alguna, no significa que j es dos veces más impactada que k. Es importante tener presente lo anterior al interpretar la matriz resultante.

V.2 . CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Para el proyecto las acciones impactantes se han agregado en los siguientes rubros: **Preparación y construcción:**

Extracción de arena

- Transporte de arena al sitio de inyección
- Inyección de arena a la playa (acomodo)
- Conformación de protecciones mogotes manglar
- Reforestación de la duna
- Transporte de estructuras de la playa a la zona marina.

Conformación de los rompeolas

- Transporte de estructuras de la playa a la zona marina.
- Colocación de los rompeolas en su sitio (conformación de los rompeolas)

Maniobras requeridas

- Presencia de trabajadores
- Uso de vehículos terrestres y marinos
- Generación de gases de combustión
- Generación de residuos sólidos
- Generación de residuos líquidos

Operación:

- Rompeolas como arrecifes artificiales
- Se genera una laguna arrecifal artificial
- Estabilización de duna costera
- Protección del manglar en el predio.
- Protección de mogotes de manglar

V.2.1 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

En el presente documento se mencionan los indicadores de impacto ambiental o de la calidad del ambiente que se definen como “la expresión medible de un impacto ambiental” con y sin proyecto, por lo que son variables que evidencian las alteraciones sobre el factor ambiental, estas alteraciones pueden ser de origen natural (ciclos) o por las actividades humanas, así un indicador es capaz de caracterizar cualitativa o cuantitativamente el estado del factor que se pretende valorar.

Los indicadores de impacto ambiental llevan implícito los impactos que contribuyen al cambio climático. Se debe considerar que el cambio climático es consecuencia y suma de impactos al ambiente, no únicamente de la perdida de vegetación marina o terrestre, o el aumento de los

gases de efecto invernadero, es también la perdida de ciclos biológicos, de redes tróficas de conectividad entre los ecosistemas, que llevan a un deterioro general del ambiente.

Los indicadores de impacto regularmente están representados en unidades heterogéneas, inconmensurables, por lo que se requiere transformarlos a unidades homogéneas y dimensionales para hacerlos comparables, a fin de jerarquizar los impactos y totalizar la alteración que generará el proyecto, lo que en este caso se realizó por el método de la Matriz de Importancia, ya que el índice de importancia uniformiza los criterios.

Se buscó que los indicadores ambientales cumplieran con los siguientes criterios:

- ✓ **Representatividad**. - Se refiere a que es un indicador que evidencia los cambios al elemento afectado.
- ✓ **Relevancia**. - La información que aporta es indicativa en términos de tiempo y espacio.
- ✓ **Excluyente**. - Que no es repetitiva con otros indicadores, lo que podría llevar a una sobreevaluación de algunos efectos.
- ✓ **Cuantificable**. - Que es medible en términos cuantitativos de requerirse.
- ✓ **Fácil identificación**. - que es claro y conciso

Con el fin de elegir los indicadores ambientales que sean representativos y de relevancia en el área de estudio se eligieron los elementos que en base a la caracterización del medio abiótico, biótico y socioeconómico son cuantificables y de fácil identificación.

En este caso la evaluación de impactos ambientales se realizará por el método de *Matriz de Importancia* (Conesa, 1995), la cual señala que no se requiere de una fase de cribado de indicadores ambientales, ya que la matriz permite la identificación y evaluación al mismo tiempo, por lo que se establecieron como indicadores ambientales, los componentes críticos, y que cumplen con los supuestos mencionados anteriormente, destacando la fácil identificación.

A partir de la información de los capítulos anteriores, donde se describieron los componentes del sistema ambiental, se eligieron los indicadores para este sistema en particular. (Conesa, 1995, y Gómez, 2003).

A continuación, se describe el término en que se evaluó cada uno de los indicadores:

Tabla 60 Indicadores ambientales del sistema ambiental regional y sitio del proyecto.

Factor	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
Atmósfera	**Microclima**	Se refiere a los elementos que conforman el clima en micro escala, como el efecto albedo, humedad, insolación o sombra, entre otros, en este caso el microclima es parte del nicho de especies vegetales y animales, así como un factor de confort humano.
	Sumideros de carbono	El carbono azul es el carbono orgánico que capturan y almacenan los ecosistemas costeros de manglar, pastos marinos y marismas. En el caso del sitio del proyecto el indicador es la superficie y densidad que ocupa el manglar y los pastos marinos.
Hidrología	**Calidad del agua.**	Esta indicador resulta particularmente sensible en el sistema debido a dos condiciones exclusivas de la Península de Yucatán que corresponden a la existencia de un sustrato calcáreo de alta permeabilidad donde el principal reservorio de agua dulce corresponde al manto freático, del que depende el abastecimiento de agua para la

Factor	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
		población y que desemboca finalmente al mar, por lo que su alteración repercutiría en las condiciones de esté, es un elemento que influye en las comunidades marinas cercanas al litoral. Aunque no se realizan análisis de la calidad del agua y suelo, se evalúa la interacción con las actividades en el proyecto y en el sistema ambiental.
	Escorrentía superficial	Este indicador se considera importante debido a que el agua en el sistema ambiental se infiltra al subsuelo o se acumula en el humedal temporal.
Suelo	**Calidad del suelo**	Son los niveles de elementos extraños o no procesables en el suelo y el subsuelo que modifican su composición y con ello los procesos físicos, químicos y biológicos naturales. Aunque no se realizan análisis de la calidad del suelo, se evalúa la interacción con las actividades en el proyecto y en el sistema ambiental.
	Cantidad y tipos de suelo	Este rubro se refiere al desplazamiento de la capa fértil o rica en nutrientes del suelo, así como al tipo de suelo existente y los que serían afectados por las obras.
Playa y zona marina	**Amplitud de playa.**	Se refiere a la amplitud de la barra de arena entre la zona marina y la zona terrestre, es decir la morfología de la playa.
	Topografía y batimetría. (Perfil de playa)	El litoral es un elemento de cambio constante, este elemento se refiere a un cambio brusco en la topografía en la zona marina, que sea un cambio extraordinario a la dinámica natural, aun contemplando casos extremos como son los de tormenta. Este indicador junto con la amplitud de la paya conforma la morfología de la playa, y del cordón de dunas, se considera la forma de la playa húmeda, batimetría, y la parte seca topografía, y como se modificará con el proyecto.
	Dinámica Litoral Erosión – Acreción de la Playa	Este indicador más que un elemento aislado, se refiere a los procesos de la playa que integra una serie de elementos entre la parte terrestre y marina, como es la topografía de la playa, el oleaje, la granulometría de la arena. Incluye los procesos de erosión y depositación, en la playa, y la compactación y estabilidad de la arena.
	Calidad del agua marina	Aunque no se realizan análisis de la calidad del agua y suelo, se evalúa la interacción con las actividades en el proyecto y en el sistema ambiental, previendo si se generará la generación de sustancias que puedan generar cambios en la composición fisicoquímica del agua marina.
Biodiversidad ecosistemas	**Vegetación terrestre y marina**	En este elemento se evalúa su composición en número de especies, de ejemplares por especie y distribución, lo que se define como diversidad. Así como la superficie que ocupa cada ecosistema con obra y sin obra.
	Fauna terrestre y marina	En este elemento se evalúa su composición en número de especies, de ejemplares por especie y distribución, lo que se define como diversidad. Así como la superficie que ocupa cada ecosistema con obra y sin obra.
	Especies protegidas	El indicador se refiere al número de especies que podrían ser afectadas, con énfasis en las catalogadas como especies raras, endémicas o amenazadas. En este caso únicamente se registró la presencia de manglar de las 4 especies que se desarrollan en el Caribe Mexicano.
	Procesos bióticos	Los procesos se evaluarán en el sentido de evaluar la afectación en las redes tróficas, sitios de refugio, alimentación y reproducción, así como conectividad o movilidad de especies.
Paisaje	**Naturalidad.**	Son los espacios sin modificación del paisaje en donde no se han producido actuaciones humanas y estas pueden ser: espaciales, puntuales lineales y superficiales.
	Calidad Paisajística	Está conformada por tres elementos de percepción: por las características intrínsecas del sitio, por la calidad visual y la calidad de fondo escénico.

Factor	Elemento indicador	Criterios que lo hacen relevante
	Fragilidad	La capacidad de resiliencia del paisaje.
Territorio, Servicios e infraestruc-tura	**Compatibilidad de uso de suelo (Playa y zona marina)**	Son las actividades que se desarrollan en el predio y sus colindancias, así como la política de uso, y la capacidad de recepción del proyecto, evaluando la congruencia con el desarrollo económico y social en la zona.
	Redes de Abastecimiento básico.	Es el impacto que tendrá el proyecto en la red de abastecimiento en el área, como es el abastecimiento y tratamiento del agua, electricidad y comunicaciones en cuanto a la demanda que tendrá de ellos el proyecto, y se mide en función del incremento de esta necesidad a nivel local (municipio).
	Congestión de tráfico	Se evalúa el tráfico en comparación con la densidad estimada existente actualmente y con la disponibilidad de caminos.
Economía	**Nivel de empleo**	Éste corresponde a uno de los rubros socioeconómicos más importantes, en el desarrollo de proyectos de construcción, en los cuales se requiere de trabajadores en todas sus etapas. Si bien esta característica constituye un beneficio económico para los involucrados, suele también producir afectaciones de tipo social como: migración, marginación, demanda de servicios, entre otros.
	Cambio de valor de suelo	El valor del suelo dependiendo de la aptitud territorial y el tipo de actividad a realizar puede aumentar o verse degradado.
	Derrama económica	En este rubro se contempla la afectación a la economía local y regional, que puede ser directa o indirecta, como son los ingresos a la administración o economía local, el nivel de consumo.

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

A continuación, se anexa la matriz de impactos ambientales, los valores se refieren a la importancia del impacto.

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES "RESTITUCIÓN DE LA PLAYA BAHIA DEL CARMEN"
Muestra los valores de Importancia= I

				Preparación y construcción del proyecto													Operación o permanencia de la playa y rompeolas					
Naturaleza del Impacto + - 0				Relleno de la playa					Conformación de rompeolas		Presencia de trabajadores y uso de vehículos terrestres y marinos					Total etapa de preparación y construcción.	Operación o permanencia de la playa y rompeolas					Total etapa de operación.
Si I simple es: - Menor que 25 el impacto es irrelevante - Entre 25 y 50 el impacto es moderado - Entre 50 - 75 el impacto es relevante - Mayor a 75 el impacto es crítico En las sumatorias por fila y columna no aplica el criterio anterior,				Extracción de arena	Transporte de arena al sitio de inyección	Inyección de arena a la playa (acomodo)	Conformación de protecciones mogotes manglar	Rehrestación de la duna	Transporte de estructuras de la playa a la zona marina.	Conformación de los rompeolas	Presencia de trabajadores	Uso de vehículos terrestres y marinos	Generación de gases de combustión	Generación de residuos sólidos	Generación de residuos líquidos		Rompeolas como arrecifes artificiales	Se genera una laguna arrecifal artificial	Estabilización de duna costera	Protección del manglar en el predio.	Protección de mogotes de manglar	
FACTORES DEL MEDIO																						
FISICO	Medio abiótico	Atmosfera	Calidad del aire (olores, gases y partículas)										-19	0	0	-19						0
			Microclima (temperatura y humedad)													0			27	27		54
			Nivel de ruido													0						0
			Sumidero de carbono													0		27	27	27	52	133
			Total atmósfera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19	0	0	-19	0	27	54	54	52	187
		Suelo	Calidad del suelo													0						0
			Cobertura de suelo													0						0
			Total Suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		Hidrología	Cantidad del recurso													0						0
			Calidad del agua subterránea													0						0
			Escorrentía horizontal y vertical													0						0
			Total agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Playa y zona marina	Amplitud de la playa			58		33								91	51		45	34		130
			Topografía y batimetría. (Perfil de playa)			33	22	33								88	51		51			102
			Dinámica Erosión – Acreción de la Playa			33		33								66	51	51	51			153
			Calidad del agua marina	16		-16				-16						-16						0
			Total playa	16	0	108	22	99	0	-16	0	0	0	0	0	229	153	51	147	34	0	385
		TOTAL MEDIO ABIÓTICO		16	0	108	22	99	0	-16	0	0	-19	0	0	210	153	78	201	88	52	572

MEDIO F																					
	Medio biótico	Vegetación	Cobertura y diversidad duna y matorral costero					20								20			33	39	25	97
			Cobertura y diversidad marina			-16	-16		-16	-19		-19				-86	40	30				70
			Especies protegidas (Manglar)													0			39	39	24	102
			Total vegetación	0	0	-16	-16	20	-16	-19	0	-19	0	0	0	-66	40	30	72	78	49	269
		Fauna	Presencia y diversidad manglar colindante													0				39		39
			Presencia y diversidad playa			-16	-16		-16	-19		-19				-86						0
			Presencia y diversidad marino													0	44	44				88
			Total fauna	0	0	-16	-16	0	-16	-19	0	-19	0	0	0	-86	44	44	0	39	0	127
		Procesos bióticos.	Conectividad													0	40	30		30		100
			Redes tróficas													0	40	30	40	30		140
			Refugio y sitios de reproducción													0	44	44		44		132
			Total relaciones biota	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	104	40	104	0	372
		TOTAL MEDIO BIÓTICO		0	0	-32	-32	20	-32	-38	0	-38	0	0	0	-152	208	178	112	221	49	768
	Medio perceptual	Paisaje	Naturalidad y calidad paisajística			-25	-16	-16	-25	-25						-107	-25	44	44			63
			Fragilidad													0			44			44
		TOTAL MEDIO PERCEPTUAL		0	0	-25	-16	-16	-25	-25	0	0	0	0	0	-107	-25	44	88	0	0	107
	TOTAL MEDIO FÍSICO			16	0	51	-26	103	-57	-79	0	-38	-19	0	0	-49	336	300	401	309	101	1447
MEDIO SOCIAL	Social	Infra-estructura/ humano	Compatibilidad de uso de suelo (Playa y zona marina)													0	Positivo		Positivo			0
			Red de abastecimiento de agua, electricidad y comunicaciones													0						0
			Congestión trafico													0						0
		TOTAL MEDIO SOCIAL		0	0	0	0	0	0	0			0		0	0	0	0	0			0
	Medio económico	Economía	Nivel de empleo	Positivo irrelevante												0						0
			Cambio valor del suelo													0	Positivo Relevante					0
			Ingresos economía local	Positivo												0						0

* Las banderas rojas, indican que se requiere especial cuidado en el diseño de medidas de prevención, mitigación y compensación
* Las banderas verdes, indican los impactos positivos del proyecto.

En las fichas siguientes se hace el análisis por factor ambiental señalado en la matriz, especificando el valor asignado a los criterios y el valor de importancia describiendo los impactos:

Factor evaluado: Atmósfera - calidad			
Indicador	**Calidad del aire (olores, gases y partículas)**	**Microclima (temperatura y humedad)**	**Nivel de ruido**
Acciones Impactantes	• Uso de vehículos marinos y terrestres.	• Reforestación de la duna. • Protección del manglar	• Labores de preparación y construcción.
Impacto ambiental	• Contaminación atmosférica	• Modificación del microclima por modificación de la vegetación, de la sombra o de la humedad.	• Modificación del nivel de ruido actual.
Atributos evaluados	**Valor asignado al impacto**		
Naturaleza	Negativo	Positivo	Negativo
Intensidad	Baja	Baja	Baja
Extensión	Puntual	Puntual	Puntual
Momento	Inmediato	Mediano Plazo	Inmediato
Persistencia	Fugaz	Permanente	Fugaz
Reversibilidad	Corto plazo	Medio plazo	Corto plazo
Sinergia	Sin sinergismo	Sin sinergismo	Sin sinergismo
Acumulación	Acumulativo	Acumulativo	Simple
Efecto	Indirecto	Directo	Indirecto
Periodicidad	Irregular	Continuo	Irregular
Recuperabilidad	Inmediata	Rec. inmediatamente	Rec. inmediatamente
Valor de Importancia	**Irrelevante -19**	**Moderado +27**	**Irrelevante -16**
Análisis Calidad del aire (olores, gases y partículas)	Se utilizarán vehículos, maquinaria y equipos marinos y terrestre de combustión a base de gasolina y diésel, los cuales generan gases GEF, esto implica un impacto a la atmósfera. Este impacto se considera fugaz, ya que únicamente se genera mientras los equipos están en funcionamiento lo cual sucederá en cuento se terminen las labores se deja de generar el impacto. Se considera acumulativo, ya que se suma al resto de los gases que se generan en el sistema ambiental regional.		
Microclima (temperatura y humedad)	El microclima en la playa, se considera que se verá favorecido por las acciones de reforestación, ya que la vegetación impide que el efecto albedo refleje el calor del suelo, es un impacto moderado, considerando que es permanente, pero es muy puntual.		
Ruido	El ruido que se genere por el uso de la maquinaria y equipos genera un ruido que es fugaz ya que únicamente se genera cuando se están realizando las actividades, no es acumulativo, no es permanente. Y se puede prevenir revisando que los equipos que se utilicen se encuentren en excelentes condiciones.		

Factor evaluado: Atmósfera Sumideros de carbono			
Indicador	**Captación /liberación de Carbono**		
Acciones Impactantes	• Se genera una laguna arrecifal artificial	• Reforestación de la duna costera y estabilización.	• Protección del manglar indirecta.
Impacto ambiental	• Incremento en la captura de CO2 en el SAR. (Los pastos y algas contribuyen a la disminución de CO2 en la atmosfera).	• Incremento en la captura de CO2 en el SAR.	• Funciona como barrera física para la preservación del manglar del oleaje y de la erosión de la playa.
Atributos evaluados	**Valor asignado al impacto**		
Naturaleza	Positivo	Positivo	Positivo
Intensidad	Baja	Baja	Muy alta
Extensión	Parcial	Parcial	Parcial
Momento	Mediano Plazo	Inmediato	Inmediato
Persistencia	Permanente	Permanente	Permanente
Reversibilidad	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo
Sinergia	Sinérgico	Sinérgico	Muy sinérgico
Acumulación	Acumulativo	Acumulativo	Acumulativo
Efecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto
Periodicidad	Continuo	Continuo	Continuo
Recuperabilidad	Mediano plazo	Mediano plazo	Mediano plazo
Valor de Importancia	**Moderado +27**	**Moderado +27**	**Relevante +52**
Análisis Se genera una laguna arrecifal artificial	Actualmente en la zona marina existen manchones con crecimiento de pasto; con la conformación de los rompeolas, se generará una laguna arrecifal, cuya característica es que al estar protegido por el arrecife hay menos movimiento del fondo por oleaje. Por lo que se proyecta que exista un mayor desarrollo de especies como: pastos marinos, algas calcáreas y especies bentónicas. Los pastos se reconocen por su importancia como almacenes de carbono, sobre todo en las raíces por lo que al colocar los rompeolas se proyecta que exista un desarrollo de pasto, que abarque una mayor superficie a la actual, por lo que el impacto es positivo.		
Reforestación de la duna costera y estabilización.	La reforestación de la duna costera resulta positiva ya que, aunque representa vegetación rastrera, y es una superficie poco relevante a nivel del sistema ambiental regional, se suma a la vegetación del sistema que va en decremento y además es sinérgico al promover la conservación de la franja de manglar al evitar que este se siga degradando por la acelerada erosión de la playa.		
Protección del manglar	El manglar representa el almacén de carbono más eficiente de todos los ecosistemas terrestres y este CO2 acumulado se encuentra en mayor proporción en el suelo. Con las obras que se proponen para la Restitución de la Playa se está protegiendo el manglar y sobre todo su suelo, que, de ser alcanzado por la erosión, liberaría todo ese Carbono atrapado, aunado que generaría la		

Factor evaluado: Atmósfera Sumideros de carbono	
	eutrofización de la playa colindante, disminuyendo la superficie de la vegetación de manglar, y sus servicios ambientales. Por lo que la protección de esta franja de mangle es relevante.

Factor evaluado: Suelo

El proyecto se desarrollará en la playa y zona marina, no se realizarán actividades tendientes a modificar o que de forma indirecta modifiquen las condiciones del sistema terrestre, por lo que los factores como suelo y agua no se verán modificados de ninguna forma.

- Si bien, si se va a generar una mayor superficie y cantidad de suelo en la playa este impacto está contemplado en el factor playa, por lo que para no sobrevalorar los impactos positivos o negativos no se consideraron en el factor suelo.
- El suelo del manglar se ve favorecido con el proyecto al quedar protegido de la erosión que podría llegar a afectar la franja de manglar por el acelerado ritmo de la erosión o por la presencia de un evento meteorológico, en este sentido los rompeolas y un mayor ancho de playa protegerán esta franja de manglar en el predio, tanto en su biodiversidad asociada como por sus servicios ambientales, entre los que destaca como sumidero de carbono azul.

Factor evaluado: Agua

Cómo se observa en la matriz no se identifican actividades impactantes hacia el factor agua, no existe el riesgo de contaminación o de generar algún impacto positivo o negativo hacia el agua que se encuentra subterránea o al lente de agua que se forma en temporada de lluvias.

Factor evaluado: Procesos marinos y costeros.				
Indicador	**Amplitud de la playa.**	**Perfil de playa.**	**Dinámica litoral.**	**Calidad del agua marina.**
Acciones Impactantes	Las 4 acciones modificaran la línea de costa para restituirla a su ancho original. • Extracción de arena • Dispersión de arena. • Conformación de la duna. • Reforestación de la duna			
Impacto ambiental	• La amplitud de la playa aumentará y con el tiempo se estabilizará.	• El perfil de playa se modifica por el relleno y este cambiará en los primeros meses conformando una pendiente que llegará a estabilizarse con el tiempo	• La dinámica se modifica al disminuir la energía del oleaje	• No existen impactos en la calidad del agua ya que la arena es del mismo SAR y tiene la misma granulometría. • El transporte de la arena y colocación de los rompeolas

Factor evaluado: Procesos marinos y costeros.				
Indicador	**Amplitud de la playa.**	**Perfil de playa.**	**Dinámica litoral.**	**Calidad del agua marina.**
		y dependiendo las estaciones.		
Atributos evaluados	**Valor asignado al impacto**			
Naturaleza	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
Intensidad	Total	Muy alta	Muy alta	Baja
Extensión	Puntual	Extenso	Extenso	Puntual
Extensión	Inmediato	Inmediato	Inmediato	Inmediato
Persistencia	Permanente	Permanente	Permanente	Fugaz
Reversibilidad	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo
Sinergia	Sin sinergismo	Sinérgico	Sinérgico	Sin sinergismo
Acumulación	Simple	Simple	Simple	Simple
Efecto	Directo	Directo	Directo	Indirecto
Periodicidad	Irregular	Periódico	Periódico	Irregular
Recuperabilidad	Mitigable	Inmediatamente	Inmediatamente	Inmediatamente
Valor de Importancia	**Relevante +58**	**Relevante +51**	**Relevante +51**	**Irrelevante -16**
Amplitud y perfil de la playa, perfil de playa y dinámica litoral.	El objetivo principal del proyecto es restituir la amplitud de la playa y brindar estabilidad a la playa, de tal forma que se genere una nueva dinámica de erosión acreción, de tal forma que el oleaje no erosione la playa, y la arena se mantenga en el sitio. Considerando que se restaura la amplitud de la playa, el impacto es positivo, se considera que es sinérgico, ya que se conjugan los efectos de la playa inyectada, con l reforestación y la colocación de los rompeolas. Es un impacto permanente positivo, por lo que resulta de importancia relevante. La amplitud de la playa se restaurará inyectando arena de un banco de material la arena al provenir del mismo sistema ambiental, es del mismo origen y composición, por lo que no alterara la calidad de agua marina. Únicamente en la etapa de la extracción e inyección se generará resuspensión de sedimentos, lo cual se mitigará usando cortinas de malla geotextil, lo que evitará la dispersión del sedimento más allá del sitio de trabajo. Las condiciones retornan a su normalidad en cuanto se dejan de realizar las acciones impactantes, por lo que resulta un impacto irrelevante. De acuerdo a los modelajes, la disminución de la altura de la ola, no generará modificaciones en las corrientes litorales, por lo que no representa una afectación en el acarreo o dinámica de las playas colindantes. **Banco de arena**: En el sitio de extracción de arena no se registró presencia de flora o fauna marina, no se detectó que sea un banco que alimente una playa en particular de arena, no se modifica o afecta la dinámica costera, por lo que la extracción de arena no generará ningún impacto ambiental al SAR, o en el sitio del proyecto.			

Factor evaluado: Biodiversidad terrestre y marina				
Indicador	**Cobertura y diversidad duna y matorral costero**	**Cobertura y diversidad marina incluyendo el banco de arena.**	**Cobertura y diversidad Manglar**	**Especies protegidas y en riesgo**
Acciones Impactantes	• Conformación y Reforestación de la duna.	• Se generará una laguna arrecifal artificial • Los rompeolas conforman un arrecife artificial	• Protección del manglar en el predio • Conformación y Reforestación de la duna.	• Se generará una laguna arrecifal artificial
Impacto Ambiental	• Estabiliza la duna protegiendo la franja de mangle del predio. • Contribuye a la conservación del acervo genético de la vegetación halófita. • Contribuye a la conservación de vegetación de mangle especies catalogadas como amenazadas.			
Atributos evaluados	**Valor asignado al impacto**			
Naturaleza	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Intensidad	Alta	Alta	Alta	Alta
Extensión	Puntual	Puntual	Extenso	Extenso
Momento	Mediano Plazo	Mediano Plazo	Mediano Plazo	Largo plazo
Persistencia	Permanente	Permanente	Permanente	Permanente
Reversibilidad	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo
Sinergia	Sinérgico	Sinérgico	Sinérgico	Muy sinérgico
Acumulación	Simple	Simple	Simple	Acumulativo
Efecto	Directo	Indirecto	Directo	Indirecto
Periodicidad	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo
Recuperabilidad	inmediatamente	inmediatamente	Rec. inmediata	Rec. inmediata
Valor de Importancia	**Moderado +33**	**Moderado +30**	**Moderado +39**	**Moderado +40**
Cobertura y diversidad marina incluyendo el banco de arena.	En la playa donde se inyectará y distribuirá la arena actualmente se registra muy poco crecimiento de vegetación rastrera, la cual se rescatará para utilizarse en la reforestación de la duna. Los mogotes de manglar se protegerán, para no enterrar sus raíces en la arena. En la zona marina en esta franja no se registró presencia de fauna o flora marina. En la zona donde se colocarán los rompeolas no se registró presencia de pastos, se diseñaron especialmente como resultado de la caracterización ambiental, eligiendo una zona que fuera arenal. Se observa en la matriz de impactos que durante las maniobras si se generaran impactos negativos con valores irrelevantes, debido a que serán fugaces, y los impactos positivos a la biodiversidad son mayores. Aunado a que se realizaran labores de revisión antes de comenzar las maniobras para rescatar organismos de lento desplazamiento o sésiles.			

Factor evaluado: Biodiversidad terrestre y marina				
Indicador	**Cobertura y diversidad duna y matorral costero**	**Cobertura y diversidad marina incluyendo el banco de arena.**	**Cobertura y diversidad Manglar**	**Especies protegidas y en riesgo**
	Los organismos que pudieran encontrarse en estos sitios se rescataran para reubicarlos en la zona marina colindante al norte o para colocarlos sobre los rompeolas y promover su crecimiento, a fin de que no se vean estresados por las maniobras de conformación de los rompeolas y distribución de arena en la playa. Por lo que no hay un impacto hacia alguna población o comunidad de flora o fauna en la playa o zona marina donde se realizaran las actividades. **Banco de arena**: En el sitio de extracción de arena no se registró presencia de flora o fauna marina, por lo que no afecta ninguna población o comunidad biológica, de forma directa o indirecta.			
Cobertura y diversidad duna y matorral costero	La reforestación de la duna costera con ejemplares característicos de la vegetación halófita en las costas de Quintana Roo, es un impacto positivo, ya que además de ayudar a estabilizar la playa, promueve el crecimiento de especies nativas de un sistema que se encuentra muy disminuido en el SAR, ya que se ha eliminado para promover el crecimiento de los desarrollos a orilla del mar. La diversidad marina se verá favorecida por la presencia de las estructuras que conforman el rompeolas, y que funcionaran ambientalmente como un arrecife artificial, se ha visto que de forma inmediata al encontrar sitios de refugio se acercan los peces, sobre las estructuras comienza un crecimiento de algas filamentosas que forman una especies de alfombrilla, así como esponjas incrustantes, y posteriormente se observa que son sustrato de corales escleractinios, esponjas, algas, y llegan otras especies bentónicas o nadadoras en busca de refugio y alimentación. De la misma forma se espera que la cobertura de los pastos se extienda, que existe un mayor crecimiento de algas y el crecimiento de gorgonaceos, en la zona que hemos llamado laguna arrecifal artificial, al quedar protegida del embate del oleaje y tener mayor estabilidad del sustrato.			
Cobertura y diversidad Manglar	El manglar dentro del predio será protegido de los embates del oleaje en caso de alguna tormenta, así como de la erosión que amenaza con seguir disminuyendo la superficie de cobertura, lo que resulta un impacto moderado al ser un impacto indirecto, es un impacto sinérgico y acumulativo, ya que se conservan las interacciones con los ecosistemas en el predio y conserva sus servicios ambientales. Aunado a que se protegen los ejemplares en la barra de arena, como se observa en la matriz de impacto esta acción resulta irrelevante considerando que se trata de árboles aislados de la comunidad de manglar, sin embargo, se conservaran y protegerán en cumplimiento de la normatividad ambiental, aunque su funcionalidad ambiental se encuentre disminuida.			
Especies protegidas y en riesgo	**Banco de arena**: En el sitio de extracción de arena no se registró presencia de flora o fauna marina, por lo que no afecta ninguna población o comunidad biológica, de forma directa o indirecta.			

Factor evaluado: Procesos bióticos.			
Indicador	**Conectividad**	**Redes tróficas**	**Refugios y sitios de reproducción**
Acciones Impactantes	• Se generará una laguna arrecifal artificial • Protección del manglar en el predio Rompeolas como arrecifes artificiales • Se generará una laguna arrecifal artificial		
Impactos ambientales	• Genera un ambiente de arrecife, donde se generan espacios de refugio, alimentación y reproducción. • Genera un ambiente de laguna arrecifal permitiendo una mayor diversidad de organismos asociados a los pastos marinos y aguas someras. • Genera protección a la franja de manglar y a la biodiversidad y funcionalidad ambiental asociada.		
Atributos evaluados	**Valor asignado al impacto**		
Naturaleza	Positivo	Positivo	Positivo
Intensidad	Alta	Alta	Alta
Extensión	Extenso	Extenso	Extenso
Momento	Largo plazo	Largo plazo	Inmediato
Persistencia	Permanente	Permanente	Permanente
Reversibilidad	Corto plazo	Corto plazo	Corto plazo
Sinergia	Muy sinérgico	Muy sinérgico	Sinérgico
Acumulación	Acumulativo	Acumulativo	Acumulativo
Efecto	Indirecto	Indirecto	Directo
Periodicidad	Continuo	Continuo	Continuo
Recuperabilidad	Rec. inmediatamente	Rec. inmediatamente	Rec. inmediatamente
Valor de Importancia	**Moderado +40**	**Moderado +40**	**Moderado +44**
Procesos bióticos	Se observa que se proyecta que la diversidad en la zona marina aumente, que empiecen a llegar especies asociadas a los arrecifes coralinos, por lo que se generaran nuevas redes tróficas entre las nuevas especies, habrá cierta conectividad entre este arrecife artificial y los arrecifes coralinos de la zona. Con la creación de la laguna arrecifal y los arrecifes artificiales se generan sitios de refugio, que representan sitios de alimentación y reproducción de especies como peces, que son los primeros en llegar. Las demás especies van llegando o se notan a mediano plazo. Se propone llevar un monitoreo a fin de registrar como es la sucesión ecológica de los rompeolas.		

Factor evaluado: Paisaje		
Indicador	**Naturalidad y calidad paisajística**	**Fragilidad**
Acciones Impactantes	• Actividades de restitución de playa y conformación de los rompeolas.	• Permanencia de los rompeolas y de las estructuras y duna en la playa
Impacto ambiental	• Genera un paisaje caótico con presencia de maquinaria, y equipos en la zona de playa.	• Una playa extensa y con vegetación.

Factor evaluado: Paisaje		
Indicador	**Naturalidad y calidad paisajística Fragilidad**	
	• El paso de la chalana en la zona marina.	
Naturaleza	Negativo	Positivo
Intensidad	Alta	Alta
Extensión	Puntual	Extenso
Momento	Inmediato	Inmediato
Persistencia	Fugaz	Permanente
Reversibilidad	Corto plazo	Corto plazo
Sinergia	Sin sinergismo	Sinérgico
Acumulación	Simple	Acumulativo
Efecto	Indirecto	Directo
Periodicidad	Irregular	Continuo
Recuperabilidad	Inmediatamente	Inmediatamente
Valor de Importancia	**Irrelevante - 25**	**Positivo +44**
Conformación de la duna y reforestación, Relleno de la playa	El paisaje se verá modificado negativamente mientras se realizan los trabajos, por la presencia de equipos, trabajadores, y un desorden aparente. Lo cual disminuye la naturalidad y calidad paisajística de forma momentánea. Posteriormente al conformar la duna y reforestar, se genera un paisaje con mayor naturalidad, menos fragilidad y mayor resiliencia y mayor calidad visual.	

Factor evaluado: Social
El proyecto respecto a los servicios que se requieren para la restitución de la duna, estos son escasos, los trabajadores en la playa usarán el sanitario existente en el club de playa, se colocarán contenedores para la recolección de residuos como envases, o envolturas de sus alimentos. La generación de empleos es irrelevante, pero acumulativa a los empleos que se generan en el SA, se requerirá del servicio de profesionista y trabajadores especializados, como fueron los especialistas que realizaron los estudios, y serán la tripulación de las embarcaciones, los buzos, y los especialistas encargados del monitoreo de las condiciones de la playa y de la zona marina.

V.4 IMPACTOS RESIDUALES

Los impactos que serán permanentes son los que se evaluaron en la etapa de operación, estos son los impactos residuales tras las labores a realizar:

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Componente ambiental</th><th colspan="5">Operación o permanencia de la playa y rompeolas</th></tr>
<tr><th>Rompeolas como arrecifes artificiales</th><th>Se genera una laguna arrecifal artificial</th><th>Estabilización de duna costera</th><th>Protección del manglar en el predio.</th><th>Protección de Mogotes de manglar</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Atmosfera</td><td>Microclima (temperatura y humedad)</td><td></td><td></td><td colspan="3">La vegetación de la duna permanecerá protegiendo la franja de manglar, aunado a que la vegetación genera un microclima más agradable en la playa ya que el reflejo del calor disminuye de forma puntual. (Valor de importancia 27 positivo significativo)</td></tr>
<tr><td>Sumidero de carbono</td><td></td><td colspan="4">El mayor impacto benéfico a este respecto es la protección de la franja de manglar y la generación de la laguna arrecifal artificial donde las raíces del paso y del manglar son un gran sumidero de gases efecto invernadero. (Valor de importancia 27 a 52 positivo muy significativo)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Playa y zona marina</td><td>Amplitud de la playa</td><td colspan="3" rowspan="3">Las condiciones y la dinámica de la playa se verán modificadas de forma permanente mientras permanezcan los rompeolas, el impacto se considera positivo ya que se va a restituir a su ancho original y la energía en la playa se disminuirá. (Valor de importancia 51 positivo muy significativo)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Topografía y batimetría. (Perfil de playa)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Dinámica Erosión – Acreción de la Playa</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Vegetación</td><td>Cobertura y diversidad duna y matorral costero</td><td></td><td></td><td colspan="3">Con la protección de la playa por los rompeolas se espera que la duna se estabiliza con ayuda de la vegetación que se espera sea permanente. (Valor de importancia 39 positivo significativo)</td></tr>
<tr><td>Cobertura y diversidad marina</td><td colspan="2">La biodiversidad marina se verá favorecida ya que, al generarse un sitio de refugio, alimentación y reproducción en el arrecife y laguna arrecifal, permitirá que especies que se están viendo afectadas por la degradación de los arrecifes naturales al norte y sur del SAR encuentren un sitio para asentarse. (Valor de importancia 51 positivo muy significativo)</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Especies protegidas (Manglar)</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">La franja de manglar quedará más protegida que como está ahora, con los rompeolas y amplitud de la playa, lo cual permite a la fauna asociada seguir habitando en el manglar.</td></tr>
<tr><td>Fauna</td><td>Presencia y diversidad</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Componente ambiental</th><th colspan="5">Operación o permanencia de la playa y rompeolas</th></tr>
<tr><th>Rompeolas como arrecifes artificiales</th><th>Se genera una laguna arrecifal artificial</th><th>Estabilización de duna costera</th><th>Protección del manglar en el predio.</th><th>Protección de Mogotes de manglar</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Procesos bióticos.</td><td>manglar colindante</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">(Valor de importancia positivo muy significativo)</td></tr>
<tr><td>Presencia y diversidad marino</td><td colspan="2" rowspan="3">El arrecife y laguna arrecifal artificial se suman a los ambientes con mayor diversidad en la región.
Esto conlleva una sucesión de especies de la cual se realizará un seguimiento se reportará a la SEMARNAT y PROFEPA.</td><td colspan="3" rowspan="3">Ampliar la playa y reforestarla podría permitir que las tortugas marinas vuelvan a anidar en la playa, las cuales no se ven dese hace más de 7 años.
Y de la misma forma protege al manglar y sus procesos bióticos.</td></tr>
<tr><td>Conectividad</td></tr>
<tr><td>Redes tróficas</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Paisaje</td><td>Refugio y sitios de reproducción</td></tr>
<tr><td>Naturalidad y calidad paisajística</td><td>Se considera un impacto negativo, ya que es un elemento ajeno al paisaje*.</td><td colspan="4">La playa lucirá con un paisaje más agradable, al tener una mayor amplitud y contar con vegetación.</td></tr>
<tr><td>Fragilidad</td><td colspan="3">La fragilidad de la playa disminuye al contar con protección por los rompeolas y por la conformación de la duna con vegetación.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>Cambio valor del suelo</td><td colspan="5">El valor del predio es muy diferente con playa que, sin playa, los inversionistas buscan ofrecer playas turquesas, aunque estas cuenten con protecciones cómo es el caso de las playas en la microcelda.</td></tr>
</table>

*Se observa que los impactos son positivos, el único impacto residual negativo es hacia el paisaje, debido a que las estructuras sobresalen sobre el nivel del mar, que si bien se encuentran a una distancia considerable de la playa (150 m), si serán visibles, disminuyendo la naturalidad del paisaje.

A nivel ambiental el impacto es positivo, ya que se genera una nueva dinámica, un arrecife artificial, y una laguna arrecifal, donde se incrementará la biodiversidad para las especies que se asocian a los arrecifes coralinos, praderas de pasto, que como ya se mencionó son importantes almacenes de carbono.

El impacto indirecto más significativo es la protección a las 9 hectáreas de manglar en el predio, asegurando que seguirá prestando los servicios ambientales que le son característicos en el sistema ambiental.

V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS

Los impactos acumulativos son los que se van sumando, para generar un impacto mayor, en este caso más que acumulativos son sinérgicos, porque se van entrelazando, el que se genera una playa y zona marina estable generará una nueva dinámica de acreación –erosión, generará el desarrollo de fauna y vegetación, lo que generara nuevas relaciones intraespecíficas, y redes tróficas, hay una sucesión de especies en las estructuras que funcionaran como arrecifes artificiales, todo esto en diferentes tiempos, impactos que son inmediatos, a mediano y largo plazo.

V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se observa que los impactos negativos van de moderados a irrelevantes, ya que son de baja intensidad y son parciales, y temporales o fugaces, y la restitución de la duna costera cuyo objeto es generar una playa más estable, los impactos son positivos para la dinámica costera, y se espera que sean permanentes, se observa que, al ser un proyecto de restauración, los impactos negativos son muy pocos, la mayoría de los impactos son positivos, y van de irrelevantes a relevantes o significativos.

El proyecto desde su planeación ha contemplado medidas de mitigación como es el uso de la malla geotextil para evitar la dispersión de sedimentos e la zona marina.

En el capítulo siguiente se mencionan las medidas de prevención y mitigación a implementar, por lo que el riesgo de generar contaminantes al ambiente es nulo, se tomaran todas las medidas necesarias desde la contratación de las embarcaciones y personal a realizar las labores.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

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

VI.1.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.

La restitución de la playa, frente al predio Bahía del Carmen, puede ser considerado en sí mismo una medida de mitigación que pretende reducir la tendencia de erosión y deterioro que actualmente sufre el sitio. También es medida de prevención respecto al riesgo que tienen los árboles de mangle de ser derribados, debido a que actualmente son golpeados en sus raíces y sustrato por el oleaje marino.

El proyecto en sí mismo también es una medida de prevención, en la sección que corresponde al predio, ya que, de seguir el deterioro de la barra arenosa, el agua podría llegar hasta la cuenca intermitente en donde se desarrolla el manglar y ocurrir así una intrusión marina generalizada al continente, en caso de permitir la regresión de la costa hasta ese grado.

El proceso para proteger y rehabilitar la playa, requiere las actividades descritas en el capítulo 2, las cuales pueden llegar a producir los impactos ambientales identificados, ponderados y calificados (evaluados) en el capítulo V, para los cuales, se presentan las medidas de mitigación propuestas, a continuación se señala además la etapa del proyecto en que será aplicada cada medida y el elemento natural al que va dirigido a fin de evitar o reducir los impactos identificados, estas medidas preventivas se enumeran aunque muchas de ellas fueron previstas desde la planeación del proyecto.

De acuerdo con el Artículo 3º fracción XIII del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, las medidas de prevención son; “conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente. En ese sentido las medidas de prevención que se proponen por la Restitución de la Playa Bahía del Carmen, para evitar los impactos ambientales identificados.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 1

Impacto ambiental al que va dirigido.- Afectación a la Fauna que se pueda encontrar en el área destinada a la colocación de los rompeolas.

Medida preventiva.- Revisión del área, previa a la colocación de las estructuras que conformaran los arrecifes artificiales y en caso de encontrar algún organismo relevante, este será reubicado a un sitio seguro, este sitio puede ser la zona marina al norte del sitio en que se realizan las actividades, y en caso de que ya exista algún segmento de rompeolas colocado, se evaluara la factibilidad colocarlo sobre este.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Antes y durante la preparación del sitio y colocación de estructuras que corresponde con la etapa de construcción.

Indicador.- Área verificada previo a la colocación, fotografías que evidencien esta verificación y en su caso el rescate de fauna, contabilizando el índice entre los organismos encontrados entre los organismos reubicados con éxito.

Factor Ambiental protegido.- Flora y fauna.

M**edidas de éxito.-** La colocación de los rompeolas con la total reubicación de los organismos de fauna de lento desplazamiento.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 2

Impacto ambiental al que va dirigido.- Es el proceso de crecimiento de vegetación acuática en el área en que se colocará la en una zona que actualmente no cuenta con ella.

Medida preventiva.- Monitoreo de la repoblación de vegetación marina en los arenales restituidos y de ser necesario replantar elementos que inicien la recolonización, translocación de los individuos que puedan estar en riesgo por las obras o actividades del proyecto, este se considera una medida preventiva, debido a que esta acción de monitoreo permitirá dar seguimiento al sitio restituido y en caso de algún desvío se podrá contar con tiempo para aplicar alguna medida de corrección.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Etapa de Construcción y Operación

Indicador.- Evaluación periódica de la profundidad del arenal restaurado, y cobertura de la vegetación en él.

Factor Ambiental protegido.- Atmosfera captura de carbono, microclima en sitio, flora.

M**edidas de éxito.-** Consistirá en el seguimiento continuo y periódico del área restituida, los datos y la detección en tiempo de cualquier desviación o la ausencia de esta.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 3

Impacto ambiental al que va dirigido.- Se refiere a la posible afectación que pudiesen tener los mogotes de manglar por la colocación de arena alrededor de ellos y con la construcción de los arriates y los cuidados se asegura que cuenten con las condiciones necesarias para continuar en el sitio.

Medida preventiva.- Cuidado y monitoreo de los mogotes de mangle, protegidos

Etapa de obra en la que se aplicará.- Construcción y operación

Indicador.- Verificar que cuenten con agua y sustrato suficiente todo el tiempo, así como su estado de salud mediante el monitoreo de la su cobertura y productividad.

Factor Ambiental protegido.- Atmosfera captura de carbono, microclima en sitio, Flora

Medidas de éxito.- la continuidad de los mangles y estado de salud igual o mejor del que actualmente tienen

MEDIDA DE PREVENCIÓN 4

Impacto ambiental al que va dirigido.- La dispersión excesiva de los sedimentos al no contar con vegetación que la pueda estabilizar

Medida preventiva.- Reforestación de la duna costera para estabilización de sedimentos con vegetación nativa.

Aplicación.- Construcción y operación

Indicador.- Verificar y establecer criterios de Cobertura *de* vegetación y estratos necesarios.

Factor Ambiental protegido.- Atmosfera captura de carbono estabilización del suelo. Procesos marinos y costeros. Flora

Etapa de obra en la que se aplicará, Etapa de Construcción y operación

Medidas de éxito.- Los m^2 de vegetación reforestada, de forma exitosa, respecto al área total susceptible de reforestar.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 5

Impacto ambiental al que va dirigido.- Afectación de los organismos que pudieran encontrarse cercanos a la costa al momento de colocar la arena

Medida preventiva.- Colocación de cortinas de malla geotextil anti dispersante en los sitios que se reconoció en los estudios.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Etapa de construcción al momento de colocar la arena en el sitio

Indicador.- Se verificará de forma visual que la calidad del agua marina no se altere de forma ostensible por la resuspensión de sedimentos fuera del sitio de trabajo al momento de ser colocada la arena en sitio

Factor Ambiental protegido.- Procesos marinos y costeros, calidad del agua marina

Medidas de éxito.- La nula afectación por la arena que se resuspenda al colocarse en la playa, de los organismos de lento desplazamiento y sésiles, que habiten alrededor del sitio.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 6.

Impacto ambiental al que va dirigido.- contaminación al aire, suelo y agua

Medida preventiva.- Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo

Etapa de obra en la que se aplicará.- Preparación y construcción

Indicador.- La maquinaria y los equipos tengan un sitio asignado en donde impacten menos el paisaje, las áreas estén libres de residuos existan sitios dedicados al acopio y retiro de residuos, se establecerá la señalética preventiva y restrictiva adecuada, colocación de botes separadores de residuos en tierra y en las embarcaciones.

Factor Ambiental protegido.- Paisaje, suelo

Medidas de éxito.- Verificaciones y calificación obtenida por la supervisión interna indicando el área limpia y ordenada todo el tiempo.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 7

Impacto ambiental al que va dirigido.- contaminación al aire, suelo y agua

Medida preventiva.- Los residuos sólidos se separarán en orgánicos e inorgánicos, se buscará su valorización y almacenarán de forma temporal en espera del vehículo recolector en contenedores con tapa.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Preparación y construcción

Indicador.- Se verificará que los contenedores estén dispuestos para la separación y de forma estratégica, en buen estado y con tapa para no generar malos olores y con adecuaciones para evitar que la fauna los saqueé y promuevan proliferación de la fauna feral y nociva

Factor Ambiental protegido.- Paisaje, suelo y agua

Medidas de éxito.- Existencia de botes separadores y con tapa suficientes y correctamente utilizados y verificados por la supervisión.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 8

Impacto ambiental al que va dirigido.- Contaminación del suelo y agua por derrames de hidrocarburos.

Medida preventiva.- Asegurar la estabilidad y mantenimiento de maquinarias, y equipos, con el fin de evitar accidentes que puedan generar contaminación al agua o al suelo.

Aplicación Construcción

Etapa de obra en la que se aplicará.- Verificar que las grúas, vehículos, maquinaria y cualquier equipo que se coloque en el sitio se encuentre seguro y no emita fluidos o solidos que puedan contaminar el agua o el suelo

Factor Ambiental protegido.- Paisaje, agua, suelo

Medidas de éxito.- El correcto mantenimiento de los equipos automotores.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 9

Impacto ambiental al que va dirigido.- Contaminación de agua y suelo por disposición inadecuada de residuos

Medida preventiva.- Correcta disposición de residuos

Etapa de obra en la que se aplicará.- Preparación y construcción

Indicador.- se cuente con los comprobantes o fotografías de la separación de los materiales reciclables, como restos metálicos, madera, plásticos PET.

Factor Ambiental protegido.- Paisaje, agua, suelo

Medidas de éxito.- La correcta disposición del 100% de los residuos generados en todas las etapas de la obra

MEDIDA DE PREVENCIÓN 10

Impacto ambiental al que va dirigido.- Estrés a la fauna por presencia humana y ruidos

Medida preventiva.- Los trabajos se realizarán en un horario no mayor a 10 horas en el día, no se permitirán las acciones de construcción al oscurecer

Etapa de obra en la que se aplicará.- Preparación y construcción.

Indicador.- Se verificará que las labores sean diurnas.

Factor Ambiental protegido.- Confort sonoro Fauna y procesos bióticos

Medidas de éxito.- Registros completos de inicio y fin de jornada en los horarios previstos

MEDIDA DE PREVENCIÓN 11

Impacto ambiental al que va dirigido. Contaminación de suelo y agua

Medida preventiva No se permitirá que se arroje ningún tipo de residuo sólido o líquido directamente al suelo.

Etapa de obra en la que se aplicará, En todas las etapas del proyecto.

Indicador. Verificar que el personal haga uso de los contenedores en durante la obra y para la operación, así como las labores de mantenimiento.

Factor Ambiental protegido Calidad del suelo y agua.

Medidas de éxito-. Bitácora de verificación ambiental.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 12

Impacto ambiental al que va dirigido.- Contaminación del suelo y agua

Medida preventiva.- No se realizará ningún tipo de compostura de vehículos o equipos que requieran el uso de aceites y grasas dentro del área

Etapa de obra en la que se aplicará.- En todas las etapas del proyecto.

Indicador.- Verificar que no se almacenen equipos descompuestos en el sitio y que no se haga uso del suelo como taller, cualquier compostura mayor deberá realizarse fuera del área

Factor Ambiental protegido.- Calidad del suelo y agua.

M**edidas de éxito.-** Bitácora de verificación de supervisión ambiental

MEDIDA DE PREVENCIÓN 13

Impacto ambiental al que va dirigido.- contaminación de suelo y agua por fecalismo a cielo abierto.

Medida preventiva.- Se dispondrá de sanitarios a razón de 1 por cada diez trabajadores en el sitio, promoviendo el uso eficiente de éstos.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Preparación y construcción.

Indicador.- Comprobantes de mantenimiento de sanitarios emitidos por una empresa autorizada.

Factor Ambiental protegido.- Calidad del aire, evitar fauna nociva

Medidas de éxito.- Verificar que los sanitarios sean mantenidos diariamente para evitar malos olores y proliferación de fauna nociva

MEDIDA DE PREVENCIÓN 14

Impacto ambiental al que va dirigido.- contaminación del suelo y agua

Medida preventiva.- De observarse algún derrame de combustible, grasa o aceite, éste se limpiará de forma inmediata y se corregirá el origen que generó este hecho a fin de evitar la contaminación del suelo, la porción de suelo contaminada será levantada y contenida para ser entregada a la empresa especializada autorizada.

Aplicación.- Permanente.

Indicador.- Verificar que se levante el suelo contaminado y se almacene en un contenedor cerrado para ser trasladado por una empresa recolectora de este tipo de residuos

Factor Ambiental protegido.- Calidad del suelo y agua

Medidas de éxito.- Numero de derrames atendidos adecuadamente respecto al número de eventos registrados.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 15

Impacto ambiental al que va dirigido.- afectación por fauna exótica

Medida preventiva No introducir especies exóticas que puedan liberarse en el área.

Aplicación Permanente

Indicador.- Durante la etapa de preparación y construcción se verificará que los trabajadores no ingresen fauna ni flora de ningún tipo al área.

Factor Ambiental protegido Fauna

M**edidas de éxito.-** Pláticas de concientización a trabajadores, reglamento de construcción

MEDIDA DE PREVENCIÓN 16

Impacto ambiental al que va dirigido.- Afectación a flora y fauna

Medida preventiva.- Prohibir en todas las etapas del desarrollo la captura, caza, pesca o afectación de cualquier elemento de fauna o flora.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Permanente

Indicador.- Se verificará que los trabajadores no capturen o cacen dentro del área

Factor Ambiental protegido.- Fauna

Medidas de éxito.- Pláticas de concientización a trabajadores, reglamento de construcción

MEDIDA DE PREVENCIÓN 17

Impacto ambiental al que va dirigido. Incumplimiento de normatividad

Medida preventiva. Verificación permanente de medidas preventivas por parte de la supervisión ambiental interna, cuando se detecté alguna anomalía o incumplimiento se procederá a su corrección inmediata.

Etapa de obra en la que se aplicará, Permanente

Indicador. Se propone la entrega de informes anuales.

Factor Ambiental protegido Sistema ambiental

Medidas de éxito.- verificaciones realizadas por la supervisión, con registro en bitácoras.

MEDIDA DE PREVENCIÓN 18

Impacto ambiental al que va dirigido.- contaminación del aire.

Medida preventiva.- Verificar que la maquinaria se encuentre en buen estado para evitar que emita más humos o ruidos ostensibles fuera de los normales de operación.

Etapa de obra en la que se aplicará.- Permanente desde la preparación y operación, hasta la finalización del proyecto

Indicador.- Verificará de forma visual que la emisión de humos sea normal, verificar que la maquinaria y los equipos que participen en el proyecto tengan mantenimiento preventivo

Factor Ambiental protegido.- Atmosfera; Calidad del aire, Confort sonoro.

Medidas de éxito.- verificación ambiental positiva en bitácora.

VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

De acuerdo con la guía para la elaboración de la MIA-R, en este espacio, se presentará un programa que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas de mitigación, el presente programa también incluye las medidas de prevención y les da especial relevancia ya que, por la naturaleza del proyecto, estas serán determinantes para evitar en su gran mayoría medidas de mitigación.

La ejecución del proyecto es desde un punto de vista sencilla, ya que consiste principalmente en la colocación de estructuras prefabricadas, y el bombeo de arena, para restituir la arena perdida en el sitio. sin embargo, se requiere que todos los participantes estén informados de la normatividad ambiental, así como sensibilizados de la importancia del cumplimiento, además durante las diferentes etapas, pueden ocurrir situaciones imprevistas, que requieran criterios ambientales en el momento, para tomar decisiones, el PVA, se desarrolla de la siguiente manera:

VI.2.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

Los objetivos para el programa son:

1. Vigilar y promover el cumplimiento de la normatividad que le aplica al proyecto en cada una de sus etapas en el sentido de la conservación y protección permanente de los factores bióticos y abióticos del sitio

2. Integrar las actividades del proyecto al sitio natural de la manera menos impactante posible, mediante la incorporación de las medidas de prevención, mitigación y compensación durante la ejecución del proyecto, así como del seguimiento y coordinación ambiental que promuevan la mejora continua.

VI.2.2 LÍNEAS ESTRATÉGICAS

(agrupación de los impactos potenciales de acuerdo con su tipo, o bien al tipo de medida de mitigación.)

Las líneas estratégicas para el proyecto se organizan de acuerdo con el propósito principal del presente PVA, que es la conservación y protección permanente de los factores bióticos y abióticos del sitio, de esta manera, se toman como líneas estratégicas cada elemento natural existente en el sitio y que puede ser impactado por las obras o actividades y, posteriormente se identifica la actividad que podría causar tal impacto y se enumeran las medidas de prevención, mitigación y/o compensación que se requiere para asegurar la permanencia y salud de dicho elemento.

Cada uno de los elementos tiene factores relevantes, los cuales se consideraron para la identificación de los impactos principales y susceptibles de que se apliquen en ellos las medidas de prevención y mitigación. De esta manera, las líneas estratégicas con sus factores identificados en el sitio son las que se contemplan en las siguientes tablas.

LÍNEA ESTRATÉGICA:	**Procesos marinos y costeros.**			
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)
Los organismos que pudieran encontrarse en el sitio en donde se colocaran los rompeolas, si no se aplica una medida de prevención y mitigación podrían ser afectados.	Todos los organismos que pudieran encontrarse en el área destinada para la colocación de los rompeolas, serán rescatados y reubicados, previo a la colocación de estos, los cuales, al ser por etapas, también el rescate será por etapas, permitiendo colocar los organismos rescatados sobre los rompeolas, siempre y cuando sea esto de beneficio para el organismo.	etapa constructiva.	Brigada de rescate acoplada y previa a las actividades de colocación de cada segmento de los rompeolas.	La supervisión interna, verificará que se realice de forma adecuada este rescate, por lo que la eficiencia será el número de eventos de rescate verificados, mientras que la eficacia será medida por el número de organismos rescatados
Resuspensión de sedimentos	Colocación de Maya Geotextil, en la medida necesaria para evitar el impacto en las	En la etapa de la extracción de arena en el banco y la	Maya geotextil con todos sus implementos	Este aspecto se revisará en campo por la supervisión ambiental interna y su eficiencia se

LÍNEA ESTRATÉGICA:		Procesos marinos y costeros.		
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)
	comunidades bióticas por resuspensión de sedimentos.	inyección de esta en el litoral. n la etapa de la extracción de arena en el banco y la inyección de esta en el litoral.	para ser colocada.	medirá en función de las visitas técnicas que se realicen, durante las cuales se llenará bitácora con las acciones realizadas. La eficacia se medirá en función de la nula afectación a los organismos por la resuspensión de sedimentos..

LÍNEA ESTRATÉGICA:		Suelo y agua		
Impacto al que va dirigida la acción	**Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación**	**Tiempo en el que se instrumentará o duración**	**Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.**	**Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)**
contaminación al aire, suelo y agua	Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo, La maquinaria y los equipos tengan un sitio asignado en donde impacten menos el paisaje, las áreas estén libres de residuos existan sitios dedicados al acopio y retiro de residuos, se establecerá la señalética preventiva y restrictiva adecuada, colocación de botes separadores de residuos en tierra y en las embarcaciones.	Preparación y construcción	Infraestructura y espacio necesario para el correcto resguardo de equipos y maquinaria, así como el correcto acopio , almacén temporal y disposición final de residuos	Este aspecto se revisará en campo por la supervisión ambiental interna y su eficiencia se medirá en función de las visitas técnicas que se realicen, durante las cuales se llenará bitácora con las acciones realizadas. La eficacia se medirá en función de la existencia y uso del sitio para resguardo de maquinaria el correcto acopio , almacén temporal y disposición final de residuos l
contaminación al aire, suelo y agua	Los residuos sólidos se separarán en orgánicos e inorgánicos, se buscará su valorización y almacenarán de forma temporal en espera del vehículo recolector en contenedores con tapa.	Preparación y construcción	Equipos necesarios para la correcta gestión de residuos producidos	Se revisará en campo por la supervisión ambiental interna calificando la eficiencia como la cantidad de verificaciones realizadas, mientras que la eficacia, se medirá mediante la cantidad de residuos separados y dispuestos de forma adecuada.

LÍNEA ESTRATÉGICA:		**Suelo y agua**		
Impacto al que va dirigida la acción	**Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación**	**Tiempo en el que se instrumentará o duración**	**Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.**	**Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)**
Contaminación del suelo y agua por derrames de hidrocarburos.	Asegurar la estabilidad y mantenimiento de maquinarias, y equipos, con el fin de evitar accidentes que puedan generar contaminación al agua o al suelo.	Preparación , construcción y mantenimiento	Brigada de verificación en el mantenimiento de los vehículos , bitácoras,	Verificación en campo por la supervisión ambiental interna calificando la eficiencia como la cantidad de verificaciones realizadas, mientras que la eficacia, se medirá mediante los comprobantes de manteniiento realizados en tiempo y forma a los equipos maquinaria y vehículos
contaminación de suelo y agua por fecalismo a cielo abierto.	Se dispondrá de sanitarios a razón de 1 por cada diez trabajadores en el sitio, promoviendo el uso eficiente de éstos.	Preparación y construcción.	Renta de sanitarios a una empresa autorizada.	Verificación en campo por la supervisión ambiental interna calificando la eficiencia como la cantidad de verificaciones realizadas, mientras que la eficacia, se medirá mediante los comprobantes de mantenimiento realizados en tiempo y forma a los sanitarios por la empresa autorizada s

LÍNEA ESTRATÉGICA:		**Atmósfera**		
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)
Disminución en la calidad del aire por partículas suspendidas	En caso de una resuspensión excesiva de polvos, se deberá mantener húmedas las áreas de trabajo.	Durante el despalme y manejo de materiales pétreos	Pipa con agua y operadores	La eficiencia se basa en la supervisión mientras que la eficacia se medirá en función de la ausencia de partículas suspendidas en el aire.
Disminución en la calidad del aire por emisiones de vehículos y equipos	Todo el parque vehicular se mantendrá con sus mantenimientos al día, conservándolo en excelentes condiciones	En todas las etapas del proyecto	Parque vehicular al día	La eficiencia se basa en proporcionar el mantenimiento requerido (bitácora de mantenimiento) y la eficacia a partir de la ausencia de emisiones ostentosas.

LÍNEA ESTRATÉGICA:		**Atmósfera**		
Impacto al que va dirigida la acción	Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación	Tiempo en el que se instrumentará o duración	Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.	Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)
Captura de Carbono	Al colocar los rompeolas se proyecta que exista un desarrollo de pasto, que abarque una mayor superficie a la actual se espera que exista un crecimiento de pastos marinos, algas calcáreas, así como por la reforestación de la playa emergida	Durante la reforestación de la barra arenosa y durante la operación.	Equipo técnico que realizará el monitoreo del crecimiento y de la vegetación tanto sumergida como emergida.	La eficiencia se medirá, por el número de evaluaciones en el sitio por año, mientras que la eficacia por la vegetación en m2 que se reforesto o recobró, calculando bibliográficamente la cantidad de carbono que captura.
Afectación del estado acústico	El ruido en las diferentes etapas del proyecto será controlado mediante los equipos pertinentes, cuidando no causar molestias a terceros.	Este impacto se cuidará desde el principio de la obra, pero no es relevante	Equipos con silenciadores	La eficiencia se basa en la cantidad de equipos con silenciadores y la eficacia a partir del confort auditivo.

LÍNEA ESTRATÉGICA:		**Biodiversidad terrestre y marina**		
Impacto al que va dirigida la acción	**Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación**	**Tiempo en el que se instrumentará o duración**	**Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.**	**Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)**
Aumento de la cobertura vegetal por reforestación de la duna rehabilitada.	Este es un impacto de naturaleza positivo, por lo que no requiere de medidas de prevención y/o compensación, pero si de su seguimiento a través del PVA	Aumento de la cobertura vegetal por reforestación de la duna rehabilitada.	Este es un impacto de naturaleza positivo, por lo que no requiere de medidas de prevención y/o compensación, pero si de su seguimiento a través del PVA	Aumento de la cobertura vegetal por reforestación de la duna rehabilitada.
Protección de los mogotes de mangle en la barra arenosa	Los árboles se conservarán *in situ* serán protegidos y respetados, y se construirán las protecciones que se describen en el capítulo 2 para prevención de cualquier afectación durante la colocación de arena o	Protección de los mogotes de mangle en la barra arenosa	Los árboles se conservarán *in situ* serán protegidos y respetados, y se construirán las protecciones que se describen en el capítulo 2 para prevención de cualquier afectación durante la colocación de arena o	Protección de los mogotes de mangle en la barra arenosa

LÍNEA ESTRATÉGICA:		**Biodiversidad terrestre y marina**		
Impacto al que va dirigida la acción	**Descripción de la medida de prevención, mitigación, restauración y/o compensación**	**Tiempo en el que se instrumentará o duración**	**Recursos necesarios: costo, equipos, obras, instrumentos, etc.**	**Supervisión y grado de cumplimiento, eficiencia y eficacia (indicadores)**
La diversidad marina se verá favorecida por la presencia de las estructuras que conforman el rompeolas, y que funcionaran ambientalmente como un arrecife artificial,	Al ser un impacto positivo no se requiere medidas de prevención o mitigación, peros i de monitoreo, para registrar los cambios esperados Se ha visto que de forma inmediata al encontrar sitios de refugio se acercan los peces, sobre las estructuras comienza un crecimiento de algas filamentosas que forman una especies de alfombrilla, así como esponjas incrustantes, y posteriormente se observa que son sustrato de corales escleractinios, esponjas, algas, y llegan otras especies bentónicas o nadadoras en busca de refugio y alimentación.	La diversidad marina se verá favorecida por la presencia de las estructuras que conforman el rompeolas, y que funcionaran ambientalmente como un arrecife artificial,	Al ser un impacto positivo no se requiere medidas de prevención o mitigación, peros i de monitoreo, para registrar los cambios esperados Se ha visto que de forma inmediata al encontrar sitios de refugio se acercan los peces, sobre las estructuras comienza un crecimiento de algas filamentosas que forman una especies de alfombrilla, así como esponjas incrustantes, y posteriormente se observa que son sustrato de corales escleractinios, esponjas, algas, y llegan otras especies bentónicas o nadadoras en busca de refugio y alimentación.	La diversidad marina se verá favorecida por la presencia de las estructuras que conforman el rompeolas, y que funcionaran ambientalmente como un arrecife artificial,

Para lograr los objetivos propuestos, se propone la asignación de un profesional con capacidad técnica suficiente, para establecer criterios, vigilar el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación propuestas y que en su momento sean aprobadas por la autoridad, este profesional activara las siguientes estrategias:

1. Educación Ambiental, que consistirá en una plática inicial para todo aquel colaborador que se integre al proyecto, mediante el cual le informará sensibilizara e indicara las acciones y actitudes que deberá realizar respecto a los elementos naturales. Dentro de este rublo se incluye el orientar informar y calificar a los trabajadores durante las actividades en todas las etapas del proyecto.
2. Planificar, solicitar y vigilar la colocación de infraestructura para evitar derrames, así como para acopio y separación de residuos, señalética en materia ambiental, y los insumos que se necesiten para promover la conservación y protección ambiental.
3. Vigilar periódicamente las actividades para detectar actividades o actitudes peligrosas para la naturaleza y corregirla en el momento.
4. Proporcionar información, criterios y datos en campo y en la toma de decisiones dedicados a la conservación y protección de la naturaleza.
5. Supervisar con antelación a las actividades de preparación del sitio, en el área de proyecto, para determinar si existe algún organismo al cual translocar, o indicar alguna actividad preventiva.
6. Elaborar informes periódicos para mantener la comunicación entre los participantes del proyecto, y en caso de solicitarlo la autoridad.

7. El programa de vigilancia se encontrará respaldado por el promovente, así como todos los contratistas, por lo que estos deberán informar de forma calendarizada y con la antelación razonable las actividades que se llevarán a cabo semanalmente para que el supervisor ambiental pueda programar sus actividades.
8. El promovente por el mismo o por terceros mantendrá al tanto al programa de vigilancia ambiental, de las actividades y resultados de cada uno de los programas de seguimiento planteados, tales como
    A. Programa de obra.
    B. Programa de Monitoreo de la biota en la laguna arrecifal artificial y profundidad del arenal
    C. Recate y translocación de elementos bióticos que puedan estar en riego por las obras o actividades del proyecto.
    D. Cuidado y monitoreo de los mogotes de mangle, protegidos
    E. Reforestación de la duna costera para estabilización de sedimentos con vegetación nativa.
    F. Perfiles de playa
    G. Derrames y contingencias, así como sus soluciones.

VI.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

De acuerdo con lo requerido en este apartado, el seguimiento y control ambiental en el proyecto, tendrá como estrategia, la supervisión periódica y continuada en los aspectos generales, tales como el manejo de residuos, la educación y sensibilización ambiental, y la vigilancia en las actividades y actitudes, hacia la naturaleza, poniendo especial cuidado en los momentos importantes del proyecto, así el seguimiento y control de los programas , se encuentran sincronizados con el programa de obra, tal como se puede observar en la siguiente tabla, la cual combina las actividades programadas en el la obra (en color naranja), con las medidas de prevención, mitigación y monitoreo ambiental en color verde), aunque el programa de obra solo llega hasta el mes 32, es de observarse que los programas de monitoreo continuaran, con la calendarización y duración adecuada, de acuerdo con los resultados obtenidos en la línea base (antes y durante la construcción).

Para ello se hace entrega como anexo el programa de monitoreo ambiental, mediante el cual se propone el seguimiento de los siguientes puntos:

1. Perfiles de playa, mediante los cuales se establecerá como evolucionarán los perfiles de playa, antes durante y después de la restitución y que servirá para dar atención a cualquier desviación de los resultados esperados.
2. Evaluación de la integridad de las estructuras.
3. Evaluación periódica de flora y fauna.
4. Registro de la flora y fauna que se desarrolle sobre los rompeolas
5. Flora y fauna terrestre
6. Acciones de prevención propuestas

Adicionalmente se entrega como anexo el programa de pastos marinos, mediante el cual se propone evaluar continuamente el estado de estos organismos que se encuentran protegidos.

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

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

En un escenario sin proyecto se esperaría que la playa seguirá perdiendo arena dejando expuestas cada vez en mayor amplitud las raíces de los árboles de mangle, hasta derribarlos, esto dejaría a la playa sin su protección , acrecentándose la erosión probablemente hasta llegar a la actual línea de mangle, cuyas raíces se encuentran bien afianzadas, pero que con la presencia de un evento meteorológico de baja magnitud, como un norte, alguna tormenta tropical, un temporal pueden llegar a ser afectados, con ello se disminuiría la amplitud de la playa y en las temporadas de marea alta o de oleajes extraordinarios la playa se continúe perdiendo y afectaría progresivamente el predio, debido a eventos acumulativos como marejadas, erosión continuada, arribazón masiva de sargazo, incluso se observa la posibilidad que la marejada ingrese a terrenos con menor altitud en la zona de manglar y pueda deslavar este, haciendo de forma desastrosa una marisma, que significaría grandes pérdidas para los propietarios del lote y las zonas colindantes, además de afectar significativamente la imagen del destino para la inversión.

En general sin proyecto se esperarían los procesos siguientes:

1. La energía del oleaje en la playa no se modifica y continuará la erosión de la playa, y poniendo en riesgo los mangles primero los que ya se encuentran frene al mar y posteriormente los que actualmente se encuentran resguardados por la barra arenosa en un futuro a mediano plazo.
2. Debido a la erosión sería muy importante y urgente aplicar medidas inmediatas, que no necesariamente llevarían el soporte de estudios y la planeación que se requiere.
3. Debido a las situaciones de emergencia que ocasionaría la erosión continuada se causarían impactos ambientales mayores, tales como generación de una playa artificial, con elementos poco naturales, pero efectivos por sus resultados inmediatos, la pérdida de terreno continental, el impacto a la percepción del turismo con baja de afluencia e impacto en el empleo y divisas que se genera en la zona.
4. Sería necesario implementar un acuerdo con los gobiernos para traer arena de otros sitios, tal como ya sucedió en 2006 y 2009 en Cancún y Playa del Carmen.

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO

El escenario que se espera en la zona con la autorización del proyecto es el que se observó en los modelos elegidos, ya descritos en el capítulo II en el que se espera los siguientes procesos:

1. La integración del proyecto en el escenario actual y de proyectos ya autorizados, conformando un esquema que promueve la disminución de la energía hacia la playa, por la difracción del oleaje en la zona de los rompeolas.

2. La reducción significativa del proceso erosivo en el sitio, debido a que la protección que ofrece la cresta arrecifal natural que se extiende desde punta maroma, hacia el sur ha sido extendida de forma artificial, por los rompeolas colocados.
3. Se espera que se genere una laguna arrecifal, artificial, producto de los rompeolas, en donde se acumulara arena, producto del sobrellenado de la barra arenosa y de la protección generada por estos, en este nuevo sistema generado, se espera que de manera natural sea promotor del crecimiento de pastos marinos, así como algas características del caribe, las cuales generaran un microambiente susceptible de atraer, resguardar y refugiar otros organismos, este microsistema esperado sería muy benéfico para la estabilidad del sistema que se continuará hasta la playa emergida.
4. La playa conformada mediante el abundamiento de la arena, se espera que al principio exista una pequeña erosión por el reacomodo de esta a lo largo del sistema litoral y posteriormente debido a la protección de los rompeolas esta se estabilice y tenga ciclos más armónicos de erosión y acreción de acuerdo con las temporadas del año
5. El mantenimiento de la barra arenosa, con el mismo material natural, es decir la misma arena con similares características que se desplaza en todo el litoral se moverá de forma estacional desde la playa seca (zona supralitoral), hacia la playa sumergida (zona infralitoral) con ello se producen las condiciones para que la playa tenga un equilibrio dinámico y se tenga certeza de la ubicación de cada zona.
6. La existencia de una barra arenosa estable propicia que los mogotes de mangle que actualmente son golpeados por el oleaje sean protegidos sin embargo, esta protección hará que dependan de los cuidados del promovente, por lo tanto será necesario el mantenimiento de los arriates, la vigilancia del sustrato dentro del arriate y por supuesto el riego abundante en época de sequía, lo que propicia que estos mogotes de manglar queden armónicamente integrados a las actividades productivas del sitio.
7. La estabilidad de la playa emergida permite que continúen las actividades productivas, que generan empleos y divisas, y se complementa de forma adecuada la infraestructura ya presente en sitio para la protección de la playa y en general de la tierra continental.
8. La vegetación plantada en la playa emergida, ayuda a la estabilización de los sedimentos, formando una base firme, tal como ocurre en el medio natural, lo cual le da mayor estabilidad a la playa rehabilitada se generará la sinergia necesaria para que ocurran los siguientes procesos.
    - Modificación de la topografía y amplitud de la playa.
    - Modificación en la dinámica de la costa, reponiendo la arena que se pierde de forma constante.
    - Tener ciclos de acreción erosión más estable con el tiempo.
    - Junto con los arrecifes se tendrá mayor estabilidad en la playa favoreciendo su amplitud, y el crecimiento del bentos y probablemente de pasto marino, al presentar menos cambios temporales.
9. El proyecto promueve la existencia de vegetación adecuada y que conserva la arena en armonía con las actividades productivas, los impactos ambientales que se producen

por la translocación de arena y en general por el mantenimiento de la duna y de la playa, son poco significativos-

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN.

Como ya se comentó, este proyecto puede considerarse una medida de mitigación para el proceso de erosión acelerado que se vive en gran parte del SAR, por lo tanto gran parte de sus componentes de diseño van ligados con medidas que pueden ser compensatorias, tales como la restitución de la arena que se ha perdido con el tiempo, el establecimiento de la protección arrecifal que muy probablemente existía cuando se formó esta franja de arena y que al perderse quizá de forma natural, en algún momento inicio todo este proceso erosivo. La plantación de vegetación nativa en la barra arenosa forma parte integral del proyecto y también es una medida que mitiga la perdida de la vegetación en el sitio, lo cual probablemente también atraiga la fauna que originalmente se beneficiaba de esta vegetación.

Para el caso de los impactos ambientales que podrían causarse por la implantación de las acciones propuestas fueron propuestas medidas de mitigación, estas se contemplaron de acuerdo con la identificación y evaluación de impactos ambientales, en este caso este escenario es muy similar al escenario en el cual se contempla la realización del proyecto, pero evitando el riesgo de sus impactos que podría causar, esto es se coloca una malla geotextil mediante la cual se previene la afectación de cualquier organismo que se encuentre fuera de la zona de trabajo, además también se previene la afectación de cualquier organismo relevante que se encuentre dentro del área de trabajo ya que con la prospección de la zona a trabajar inmediatamente antes de iniciar la labor se podrá ubicar y rescatar cualquier organismo que incidentalmente pudiera estar en el sitio, así mismo con los letreros informativos, la señalética y con personal experimentado se previenen accidentes que pudiesen redundar en impactos no previstos, mientras que los sistemas de registro, crearan experiencia y aportaran los datos para la correcta evaluación de las acciones, con estos elementos, se puede decir que el escenario esperado en el sitio es el cumplimiento de la legislación ambiental, la protección de la vida y los sistemas bióticos.

Además de los beneficios por la protección de la playa que ya se describieron en el escenario con proyecto, se espera que se logre aceptar este proyecto realmente como una acción necesaria debida a los impactos realizados en el pasado probablemente de forma natural y luego acrecentados con el manejo antrópico del litoral.

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

El pronóstico ambiental de este proyecto es que, al ser autorizado, se genera la protección y regeneración de una playa previa y largamente impactada, con ello se detiene el deterioro progresivo que esta estaba sufriendo y se posibilitan las actividades productivas para las que está destinada el sitio por los instrumentos e planeación territorial en esta zona.

El SAR, no se ve beneficiado ni perjudicado por la realización de estas obras de forma significativa, por ser estas muy pequeñas en comparación con el tamaño y extensión del SAR,

sin embargo, la experiencia de la realización de un manejo coherente, con estudios que soportan las acciones, sentaran precedentes de cómo se debe actuar ante las situaciones de erosión. Se espera aceptación social tácita de este proyecto ya que se trata de la restitución de una playa, que se incluye en los activos económicos y ambientales de Solidaridad,

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Para determinar la mejor solución se realizaron análisis de varias propuestas y alternativas para la mejor selección que pudiera reducir la erosión de la playa y que le dé estabilidad.

Uno de los componentes considerados para la ubicación y forma de los rompeolas fue la caracterización biológica, para evitar dañar la cama de pastos o de otros organismos sésiles.

Las alternativas en el modo de rehabilitar el sitio, la cuales fueron modeladas y desechadas debido a diversos factores, como su interacción con los factores marinos (oleaje corrientes y mareas), sin embargo, al realizar las modelaciones tenían como resultantes que esas soluciones presentaban inconvenientes, después de múltiples evaluaciones, se encontró que la mejor solución para la restitución del sitio es la aquí propuesta.

VII.6 CONCLUSIONES.

Para poder confrontar el problema de la erosión de playas es fundamental considerar la zona costera como un sistema, para ello es básico reconocer los limites naturales, y respetarlos en esta caso se reconocieron tres limites en el medio marino, los cuales fueron explicados a fondo en el capítulo II y IV y se les denomino, macrocelda, la cual conformó el Sistema Ambiental Regional, y contuvo la dinámica marina claramente diferenciada, dentro de ella se delimito la mesocelda la cual aunque contiene claras características distintivas, no fue tan útil para el presente proyecto, ya que se encontró que este tuvo su zona de influencia en la microcelda, lo cual es muy conveniente, ya que la influencia que este pueda tener se queda en un sitio geográfico, comparativamente pequeño en relación al SAR, que se encuentra empobrecido en sus características bióticas, y de calidad de agua e incluso de sedimentos, es probable que en este deterioro haya contribuido significativamente la arribazón masiva de sargazo que se vive en el sitio desde el año 2015.

Para que la erosión sea realmente mitigada y no sólo transferida a otros segmentos de la playa fue importante tomar en cuenta la infraestructura ya colocada, así como aquella que ya ha sido autorizada en el sitio. Para plantear la solución al problema de erosión costera en el sitio fue relevante conocer la dinámica litoral y características morfológicas de la zona, con el objeto de revisar las alternativas que potencialmente se encuentren en posibilidad de detener o al menos frenar la erosión en la playa.

> EL ESTUDIO DE LAS CONDICIONES QUE DETERMINAN LA DINÁMICA EN LA PLAYA, CONCLUYÓ QUE LA ÚNICA POSIBILIDAD DE MODIFICAR LAS CONDICIONES ACTUALES ES MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNA ESTRUCTURA QUE DISMINUYA LA ENERGÍA DEL OLEAJE HACIA ELLA, LA RESTITUCIÓN DE LA BARRA ARENOSA CON LA CONFORMACIÓN DE UNA PEQUEÑA DUNA COSTERA Y SU REFORESTACIÓN.

La caracterización de la biota en el SAR, encontró una diversidad de ambientes, que en general NO serán alcanzados por efecto alguno del proyecto, mientras que la zona de influencia del

proyecto delimitada como microcelda, se encuentra con escasa diversidad y abundancia de especies marinas.

La caracterización en la barra arenosa que será sujeta a cambios, demostró tener pocos elementos bióticos tanto de flora como de fauna, de los cuales los más relevantes son los mogotes de mangle, en riesgo de derribo por los efectos del oleaje y que serán protegidos por las acciones del presente proyecto.

El proyecto propuesto contiene los elementos más actuales y certeros que actualmente se conocen, los cuales indican que las acciones a realizar son coherentes con el ambiente natural e indispensable para las actividades económicas del sitio. La realización del proyecto propicia sistemas económicos en el sitio, y con ello el desarrollo y mantenimiento de los sistemas sociales.

El proyecto posibilita el mejoramiento del paisaje escénico, la realización de actividades económicas que benefician a la población y protege el límite del continente, es probable que genere microambientes con el retorno de especies al sitio.

Los impactos ambientales se consideran NO significativos ya que el proyecto es en esencia una medida para frenar la rápida erosión y pérdida de la calidad ambiental en el sitio.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

VIII.1 BIBLIOGRAFÍA.

Acuña, A. P. (2012). Impactos del incremento en el nivel medio del mar en la zona costera del Estado de Quintana Roo, México.

Arrecifes Saludables. (2018). Obtenido de www.healthyreefs.org: http://www.healthyreefs.org/cms/wp-content/uploads/2012/12/2018-MAR-Report-Card-Web.pdf

Bailard, J. A. 1984. "A Simplified Model for Longshore Sediment Transport," Proceedings, 19th International Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, New York, pp 1454-1470.

CICESE. (2013). Predictor de mareas MAR V. Ensenada, Baja California: http://predmar.cicese.mx/calendarios/.

Charlier, R.G. and DE MEYER, C.P. Coastal zone management. Coastal erosion response and management. Charlier, R.G. and De Meyer, C.P. Berlin: Springer, 1998, pp. 6-18c

de Almeida, L. R., Silva, R., & Martínez, M. L. (2022). The relationships between environmental conditions and parallel ecosystems on the coastal dunes of the Mexican Caribbean. Geomorphology, 397, 108006.https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X21004141

del Valle, R., Medina, R., and Losada, M. A. 1993. "Dependence of Coefficient K on Grain Size," Technical Note No. 3062, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol 119, No. 5, September/ October, pp 568-574.

Douglas L. Inman (2003) “Littoral Cells”. Reprint from Encyclopedia of Coastal Science (M. Schwartz, editor).CICESE. (2013). *Predictor de mareas MAR V.* Ensenada, Baja California: http://predmar.cicese.mx/calendarios/.

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Solidaridad, Quintana Roo.* Solidaridad, Quintana Roo: INEGI.

Jensen, R. E. (1983). "Methodology for the Calculation of a Shallow-Water Wave Climate,". *WIS Report 8, US Army Engineer Waterways Experiment Station*.

Meehl Gerald A., W. W. (2005). How mucho global warming and sea level rise? *science*, vol. 307.

Meza-Padilla, J. (2015). *Estimación de marea de tormenta y oleaje inducido por ciclones tropicales en mares mexicanes.* Yucatán, México: Laboratorio de ingeniería y procesos costeros. Unidad Sisal, Yucatán.

NOAA. (2010). Wave Wacth III. *http://csc-s-mapsq.csc.noaa.gov/hurricanes/viewer.html, accesada el 7/jul/10*.

Stewart, R. H. (2004). *Introduction to physical oceanography.* Texas.

Vatvani, D. (2012). *Storm surge and wave simulations in the Gulf of Mexico using a consistent drag relation for atmospheric and storm surge models.* Natural and hazards and earth system sciences.

INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Solidaridad, Quintana Roo. Solidaridad, Quintana Roo: INEGI.

Francingues, N. R., and Palermo, M. R. (2005). "Silt curtains as a dredging project management practice," DOER Technical Notes Collection (ERDC TN-DOER-E21). U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Gerald A. Meehl, Warren M. Washington, William D. Collins, Julie M. Arblaster, Aixue Hu, Lawrence E. Buja, Warren G. Strand and Haiyan Teng, 2005. "How Much More Global Warming and Sea Level Rise?", SCIENCE Vol. 307.

Guido Aldana, P., Ramírez Camperos, A., Godinez Orta, L., Cruz León, S., & Juárez León, A. (2009). Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México. http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1929/OT_141.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guimarais, M., Zúñiga-Ríos, A., Cruz-Ramírez, C. J., Chávez, V., Odériz, I., Van Tussenbroek, B. I., & Silva, R. (2021). The conservational state of coastal ecosystems on the mexican caribbean coast: Environmental guidelines for their management. Sustainability, 13(5), 2738. https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2738

Jensen, R. E. 1983b. "Methodology for the Calculation of a Shallow-Water Wave Climate," WIS Report 8, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS.

López, E. Estudio geológico de la Península de Yucatán. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. 25, núm. 1-3, 1973, pp. 22-72.

Macdonel Martínez, M., Julio Pindter Vega, Luis Herrejón, Juan Pizá, Héctor López, 1999, "Ingeniería Marítima y Portuaria", Alfaomega, México

Mann, M., & Emanuel, K. (2006). Atlantic hurricane trends linked to climate change. EOS. Transactions, American Geophysical Union, 233-244.

Martell-Dubois, R. (2013). Hidrodinamica litroal y evolucion morfologica en playas con aporte sedimentario escaso. Ciudad de Mexico: UNAM.

Meehl Gerald A., W. W. (2005). How mucho global warming and sea level rise? science, vol. 307.

Meza-Padilla, J. (2015). Estimación de marea de tormenta y oleaje inducido por ciclones tropicales en mares mexicanes. Yucatán, México: Laboratorio de ingeniería y procesos costeros. Unidad Sisal, Yucatán.

NOAA. (2010). Wave Wacth III. http://csc-s-mapsq.csc.noaa.gov/hurricanes/viewer.html, accesada el 7/jul/10.

Nolasco-Montero, E., & Carranza-Edwards, A. (1988). Estudio sedimentológico regional de playas de Yucatán y Quintana Roo, México. In Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (Vol. 15, pp. 49-66).

Odériz, I., Mendoza, E., Leo, C., Santoyo, G., Silva, R., Martínez, R., Grey, E.& López, R. (2014). An alternative solution to erosion problems at Punta Bete-Punta Maroma, Quintana Roo, Mexico: Conciliating tourism and nature. Journal of Coastal Research, (71 (10071)), 75-85.https://www.researchgate.net/publication/268213759

Phillips, O.M. 1977, "The dynamics of upper ocean", 2nd. Edición, Cambridge University

Reeve, Chadwick, Fleming, 2004, "Coastal Engineering, Processes. Theory and Design Practice", Spon Press, Oxon, UK

Robert Nicholls and Anny Cazenave, 2010. "Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones", SCIENCE Vol. 328.

Ruiz-Martínez, G., Silva-Casarín, R., & Posada-Vanegas, G. (2013). Comparación morfodinámica de la costa noroeste del estado de Quintana Roo, México. Tecnología y ciencias del agua, 4(3), 47-65.http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/365/325

Silva Casarin, R., I. Mariño Tapia, C. Enriquez Ortiz, E. Mendoza Baldwin, E. Escalante Mancera y F. Ruiz Rentería (2006), "Monitoring Shoreline Changes at Cancun Beach Mexico; Effects of Hurricane Wilma"

Stewart, R. H. (2004). Introduction to physical oceanography. Texas.US Corps of Engineers, Revisión del 1 de junio de 2006 , "Coastal Engineering Manual (CEM)", Coastal and Hydraulics Laboratory - Engineer Research and Development Center , Waterways Experiment Station - Vicksburg, Mississippi, USA.

Vatvani, D. (2012). Storm surge and wave simulations in the Gulf of Mexico using a consistent drag relation for atmospheric and storm surge models. Natural and hazards and earth system sciences.Elliff, C. I., & Silva, I. R. (2017). Coral reefs as the first line of defense: Shoreline protection in face of climate change. Marine environmental research, 127, 148-154.https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.03.007

Walton, T. L. 1980. "Littoral Sand Transport from Longshore Currents," Technical Note, Journal of the Waterway, Port, Coastal, and Ocean Division, American Society of Civil Engineers, Vol 106, No. WW4, November, pp 483-487.

WaveWatch III de la NOAA: http://csc-s-maps-q.csc.noaa.gov/hurricanes/viewer.html, accesada el 7/jul/10

Página para la predicción de mareas del CICESE: http://predmar.cicese.mx/calendarios/.

VIII.2 ANEXOS

ANEXO 1. ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS

ANEXO 2. CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA MARINA

ANEXO 3. PROYECTO EJECUTIVO

ANEXO 4. ESTUDIO DE RIESGO ANTE CICLONES TROPICALES

ANEXO 5. MEMORIA TÉCNICA DE MODELAJE

ANEXO 6. ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL PREDIO

ANEXO 7. IMPACTO DEL PAISAJE

ANEXO 8. CRONOGRAMA

ANEXO 9. PLANOS

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES