



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



FACTIBILIDAD FÍSICA PARA GANAR TERRENO AL MAR PARA USO RESIDENCIAL TURÍSTICO, EN LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA
SANDRA ISAURA MUÑOZ CASILLAS

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DE 2014



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 30 del mes de Mayo del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"FACTIBILIDAD FÍSICA PARA GANAR TERRENO AL MAR PARA USO RESIDENCIAL TURÍSTICO,
EN LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

MUÑOZ

Apellido paterno

CASILLAS

materno

SANDRA ISAURA

nombre(s)

Con registro:

B	1	2	0	6	9	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

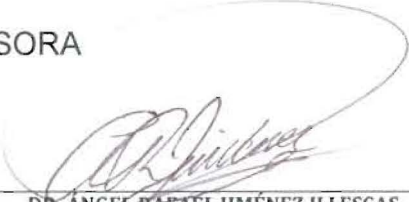
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis



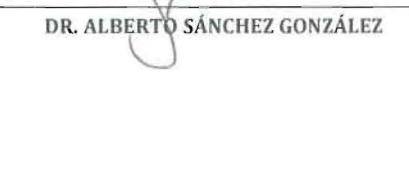
DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS
Director de Tesis



DR. ANGEL RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS
Director de Tesis

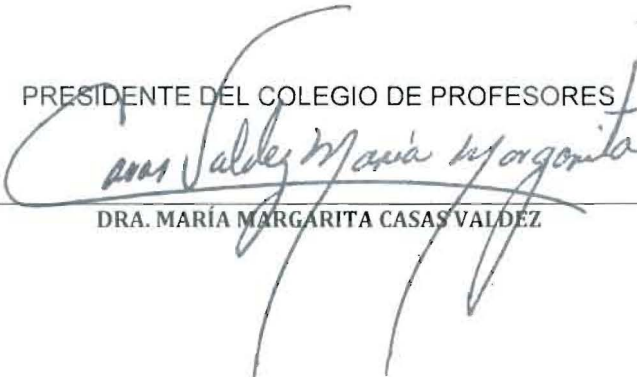


DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ



DR. ALBERTO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



IPN
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 16 del mes Junio del año 2014
el (la) que suscribe ARQ. SANDRA ISAURA MUÑOZ CASILLAS alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro B120695 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS Y DR. ÁNGEL RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS
y cede los derechos del trabajo titulado:

"FACTIBILIDAD FÍSICA PARA GANAR TERRENO AL MAR PARA USO RESIDENCIAL TURÍSTICO,
EN LA ENSENADA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: sandy.casillas@hotmail.com - mniebla@ipn.mx - rjimenez@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ARQ. SANDRA ISAURA MUÑOZ CASILLAS

nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

A mis directores: Dr. Maclovio Obeso Nieblas y Dr. Ángel Rafael Jiménez Illescas por su gran apoyo brindado y haberme ayudado a realizar los trabajos con su equipo y material de trabajo.

A los miembros de mi comité tutorial integrado por: Dr. Bernardo Shirasago Germán, Dr. Federico Andrés García Domínguez, Alberto Sánchez González y al M. C. José Luis Ortiz Galindo, por su tiempo, atención y apoyo a lo largo de este trabajo.

Al Dr. Enrique Hiparco Nava Sánchez por el gran apoyo brindado, al Dr. Ignacio Sánchez Rodríguez por ayudarme y haberme abierto las puertas del laboratorio para analizar algas, al Dr. Sergio Troyo Diéguez, al Dr. Sergio Francisco Martínez Díaz por su aportación en mi proyecto, a la Lic. Sandra Robles Gil y al M.C. Jean Rogelio Linero Cueto por ayudarme con una parte importantísima de mi trabajo.

A mis compañeros de cubículo: Gaby, Ehécatl, Heriberto, Felipe, y Juan, quienes ahora forman parte importante en mi vida, así como a la Dra. Griselda Margarita Rodríguez Figueroa quien también se convirtió en una gran amiga y compañera en el equipo de tochito.

A mi mamá que siempre tenía la comida lista, me consentía y me ofreció su casa, a mi papá que al igual que mi mamá me cuidaron y me apoyaron siempre, a mi sobrino Roger que fue mi compañero en algunas visitas al campo, a Carlos de Jesús Holguín quien me apoyo al cien por ciento, económica y moralmente en el transcurso de la maestría. A mi querido y único hermano que siempre me rescata en todas esas cosas de tecnología, por instalarme todos esos programas que necesitaba, a mi hermana Diana por su apoyo y su compañía de toda la vida.

Al Instituto Politécnico Nacional CICIMAR-IPN por abrirme las puertas y ser parte de esta institución. A todo el personal de CICIMAR, sobre todo a las señoras de la limpieza y al jardinero que mantiene siempre bonita y con vida a la escuela.

A Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) del IPN por las becas otorgadas durante el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis papas con todo mi cariño:

José Antonio Muñoz Muñoz

Ma. Lourdes Casillas Urzúa

A mis hermanos:

Diana Dalila Muñoz Casillas

José Antonio Muñoz Casillas

A toda mi familia y amigos que forman parte de mi vida y la hacen maravillosa cada día.

ÍNDICE

GLOSARIO	I
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABLAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	4
1.1. Terrenos ganados en lagos, mares endorreicos y ríos	4
1.2. Terrenos ganados en zonas costeras	5
1.3. Islas artificiales	7
1.4. Terrenos ganados al mar en la ciudad de La Paz, B.C.S.	15
1.4.1. Isla artificial en la Ensenada de La Paz, B.C.S.	19
1.5. Patrón de circulación	20
1.6. Tipo de sedimento en la Ensenada	22
1.7. Ambiente y perfiles de playa-duna	24
1.8. Huracanes y tormentas tropicales	25
1.9. Calentamiento global y el aumento del nivel del mar	26
1.10. Características sísmicas	28
1.10.1. Sismicidad de la región	28
1.11. Calidad del agua	30
1.11.1. Coliformes totales y fecales	30
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
3.HIPOTESIS	31
4.JUSTIFICACIÓN	32
5.OBJETIVO GENERAL	33
5.1. Objetivos particulares	33
6. ÁREA DE ESTUDIO	34
6.1. Localización y características de la Ensenada de La Paz	34
6.2. Formación de la Ensenada de La Paz	34
6.3. Formación de puntas arenosas	35
6.4. Geomorfología	37
6.5. Vientos	38
6.6. Clima	38
6.7. Marea	39
6.8. Oleaje	40
6.9. Salinidad	41
6.10. Fenómeno de brisa	41
6.11. Flora y fauna	41
6.11.1. Vegetación terrestre	41
6.11.2. Mangles	42
6.11.3. Vegetación marina	44
6.12. Ictiofauna	45
6.13. Moluscos	47
6.14. Avifauna	49
7. MATERIALES Y METODOS	50

7.1. Perfiles de playa	50
7.2. Batimetría de precisión	51
7.3. Cálculo del volumen del material de relleno	52
7.4. Mediciones lagrangeanas	52
7.5. Granulometría	53
7.6. Análisis de muestras	54
7.7. Localización del área de extracción del material para el relleno	54
7.8. Huracanes y tormentas tropicales	54
7.9. Calentamiento global y el aumento del nivel del mar	55
7.10. Modelo numérico	55
7.10.1. Información de entrada	55
7.10.2. Planteamiento matemático	56
7.10.3. Resolución numérica	56
7.10.4. Solución de salida	57
7.10.5. Calibración	57
7.10.6. Resolución de ecuaciones	58
7.10.6.1. Diferencias finitas	58
7.10.7. Sistema de ecuaciones	60
7.10.8. Parámetros y variables necesarias	63
8. RESULTADOS	66
8.1. Normatividad	66
8.2. Perfiles de playa	66
8.3. Batimetría de precisión	75
8.4. Batimetría general	76
8.5. Cálculo del volumen del material para el relleno	77
8.6. Mediciones lagrangeanas	78
8.7. Granulometría	81
8.7.1. Clasificación de las muestras	81
8.7.2. Características de los sedimentos	82
8.8. Localización del área de extracción del material para el relleno	83
8.9. Huracanes y tormentas tropicales	84
8.10. Determinación de la altura del oleaje	86
8.11. Proceso de erosión o acreción de sedimentos en el área de estudio	89
8.12. Modelo numérico	90
8.13. Modelo conceptual	109
9. DISCUSIÓN	111
10. CONCLUSIONES	117
11. RECOMENDACIONES	119
12. BIBLIOGRAFÍA	120
13. ANEXO	127
13.1. Lineamientos administrativos y marco jurídico	127
13.1.1. Manifestación de impacto ambiental	127
13.1.2. Concesión de la Zona Federal Marítimo Terrestre	128
13.1.3. Uso de suelo	128

GLOSARIO

Acreción. Puede ser natural o artificial. La acreción natural son los terrenos ganados al mar como consecuencia única de la acción de las fuerzas de la naturaleza. La acreción artificial involucra acciones antropogénicas, tales como un espigón, rompeolas o relleno artificial.

Ángulo de reposo. Es la pendiente máxima (medida respecto a la horizontal) a la que el material que conforma las márgenes de los ríos o playas permanece estable.

Anidación. Ocupación de un área para la fabricación de un nido de ave.

Barrera arenosa. Montículo de material no consolidado de arena, grava u otro material ubicado sobre el suelo marino en aguas poco profundas por medio de la acción simultánea del oleaje y corrientes.

Batimetría. Estudio de las profundidades marinas, de la tercera dimensión de los fondos lacustres o marinos.

Canal de navegación. Vía artificial de agua que normalmente conecta lagos, ríos u océanos, o una vía natural que se forma por la distribución de las diferentes islas en los archipiélagos, u otras formaciones geográficas en el agua.

Cantos. Es un fragmento de roca suelta, susceptible de ser transportado por medios naturales, como las corrientes de agua.

Concesiones. La concesión tiene por objeto la administración de los bienes públicos mediante el uso, aprovechamiento, explotación de las instalaciones o la construcción de obras y nuevas terminales de cualquier índole sea marítima, terrestre o aérea de los bienes del dominio público.

Corrientes marina. Corriente marina o corriente oceánica es un movimiento superficial de las aguas de los océanos y en menor grado, de los mares más extensos. Estas corrientes tienen multitud de causas, principalmente, el movimiento de rotación terrestre (que actúa de manera distinta y hasta opuesta en el fondo del océano y en la superficie) y por los vientos constantes o planetarios, así como la configuración de las costas y la ubicación de los continentes.

Corriente fluvial. Escorrentía por el cauce de un río.

Cuerpo de deriva. Equipo utilizado para medir la velocidad de la parcela de agua.

Demanda. Cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos en los diferentes precios del mercado por un consumidor.

Depósito de sedimento. Cuando por acción del oleaje y corrientes marinas el sedimento se acumula en un área.

Desarrollo sustentable. El que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

Diques. Es un terraplén para evitar el paso del agua, puede ser natural o artificial, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar.

Dragado. Operación de limpieza de los sedimentos en cursos de agua, para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río con el fin de aumentar la capacidad de transporte de agua, evitando así las inundaciones aguas arriba.

Duna. Una duna es una acumulación de arena, en los desiertos o el litoral, generada por el viento, por lo que las dunas poseen unas capas suaves y uniformes. Pueden ser producidas por cambios en el viento o por variaciones en la cantidad de arena.

Ecosistemas costeros. Espacio geográfico de interacción del medio acuático, el terrestre y la atmósfera.

Endorreicos. Los lagos de cuencas endorreicas son depresiones en la corteza terrestre que no poseen salida hacia el mar. Contienen aguas generalmente algo saladas, debido a la progresiva concentración de sales por efecto de la evaporación.

Erosión de playa. Es el desgaste sobre una superficie causado por el mar. Si el agente tiene mucha fuerza, tendrá mayor poder erosivo.

Escolleras. Estructura no lineal construida con bloques de roca de dimensiones considerables, o con elementos prefabricados de hormigón, (cubos, paralelepípedos, dolos y tetrápodos o cuadrípodos), son colocados dentro del agua, en ríos, arroyos o próximos a la costa marítima, con la intención de reducir el oleaje o evitar la decantación de arena.

Estadal. Regla graduada que permite mediante un nivel topográfico, medir desniveles, es decir, diferencias de altura.

Gaviones. Consiste en una caja de forma prismática rectangular, rellena de piedras, de enrejado metálico o de malla, colocado en las orillas de ríos o playas para reducir la erosión o en los fondos marinos para reducir las corrientes.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, es un organismo autónomo del gobierno mexicano, dedicado a la coordinación del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica del país. Fue creado el 25 de enero de 1983 bajo decreto presidencial.

Infraestructura. Realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanistas, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades y empresas.

Isla artificial. Es una isla que ha sido formada por el ser humano en vez de por procesos naturales. Generalmente son construidas usando arena o rocas o como una expansión de una o varias isletas. Las islas artificiales tradicionales son creadas mediante tierras ganadas al mar.

Laguna costera. Cuerpos de agua semicerrado y protegido por una barrera arenosa o de cantos cuya formación (carácter genético) está unida, o relacionada, con procesos de dinámica litoral, actuales o subactuales. Sus aguas son de salinidad variable, en función de la influencia tanto de las aguas marinas como de aguas continentales superficiales o subterráneas que la alimentan.

Levantamiento topográfico. Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

LGEEPA. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Marea. Cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por las fuerzas gravitacionales que ejercen la luna y el sol sobre la tierra.

Marea diurna. Características en las latitudes bajas, con una pleamar y una bajamar en el transcurso del día lunar. Considerando que el día lunar es de 24 h 50 min se producirá una pleamar y una bajamar cada 12 h 25 min.

Medio ambiente. Todo lo que rodea a un ser vivo. Desde el punto de vista humano, se refiere al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.

MIA. Manifestación de Impacto Ambiental. Documento mediante el cual se da a conocer, con base a estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad.

Mitigar. Conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas.

NMP. Número más probable.

Oleaje. Ondas que se desplazan por la superficie de mares.

Recursos marinos. Conjunto de seres vivos, fondos marinos y aguas de los mares que resultan útiles al hombre.

Países bajos. País europeo que forma parte del Reino de los Países bajos. Como su nombre lo indica, el territorio del país está formado por tierras bajas.

Pendiente. Declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal.

Perfiles de playa. Gráfica longitudinal para medir la altura y la distancia de la playa de un punto a otro.

Plataforma marítima. Porción de tierra en el mar donde antes hubo agua, hecho artificialmente por el hombre.

Pleamar. Fin del movimiento creciente de la marea, cuando el agua alcanza su nivel más alto.

Pólder. Término holandés que describe a terrenos pantanosos que se ganan al mar por medio de la construcción de diques y que una vez desecado se dedica al cultivo.

Polo de desarrollo. Zonas geográficas relativamente reducidas en las que se estimula la localización de actividades que impulsen la actividad económica.

Prisma. Objeto formado por cristales montado sobre un estadal, que tiene como función regresar la señal emitida por una estación total.

Rompeolas. Una estructura construida por el hombre para proteger una costa o un puerto contra la acción del oleaje.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Secretaría de estado del poder ejecutivo federal encargada de todo lo relacionado a la protección, restauración y conservación del medio ambiente, recursos naturales, bienes y servicios ambientales, así como del aprovechamiento de los mismos y del desarrollo sustentable de México.

Somero. Que tiene poca profundidad o se halla muy cerca de la superficie.

Terraplén. Montón de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta con un fin determinado.

Terrenos ganados al mar. Es el proceso de colocar tierra o arena donde antes hubo mar o agua. Se trata de dos prácticas distintas, una de ellas implica la obtención de nuevos suelos a partir de los cauces de los ríos o del mar, utilizables fundamentalmente en la creación de nuevos asentamientos urbanos, o en la agricultura. La otra práctica se refiere a la restauración a un estado más natural de los suelos afectados anteriormente por alguna catástrofe ecológica.

VMS. Vientos Máximos Sostenidos.

ZOFEMAT. Zona Federal Marítimo Terrestre, es un concepto que acoge la legislación mexicana al considerarla como un bien del dominio público que forma parte del Patrimonio Nacional (Ley General de Bienes Nacionales).

Zona costera. Aguas costeras, marinas, estuarinas y cercanas a las orillas de los grandes lagos y mares interiores, así como, una porción de tierra cercana a la costa, en donde actividades humanas y procesos naturales afectan y son afectados por lo que se da en las aguas.

Zona de tiro. Zona en específico donde se vierte el material extraído del proceso de un dragado.

LISTA DE FIGURAS

No.	Descripción	Pag.
1	Tenochtitlan. Antigua ciudad mexicana ocupada por un sistema de lagos en el centro del Valle de México, donde yace hoy en día la Ciudad de México, México. Esto se logró a partir de la construcción de grandes obras que tenían como propósito la desecación de los lagos, con un sistema de desagüe y desviando el río Cuautitlán.	4
2	Isla del Danubio. Se encuentra entre el río Danubio y el canal paralelo llamado Nuevo Danubio en Viena, Austria. Tiene 21.1 km de longitud y en sus partes más anchas tan solo llega a medir 210 m. cuenta con áreas de recreo, bares y áreas para hacer deporte.	5
3	Flevoland. Forma parte de los llamados Países Bajos que se caracterizan principalmente por sus terrenos ganados al mar mediante pólderes. Esta técnica se usó por primera vez en el siglo XII y consistía en una serie de diques que protegían a las tierras bajas que se encontraban al nivel del mar o más bajas aun, drenándolas por medio de un sistema de bombeo y así poder explotar el terreno con fines agrícolas e industriales.	6
4	Puerto de Zeebrugge. Se encuentra en la costa Belga y es puerta de entrada a la ciudad de Brujas. Es un puerto mercante de alta importancia que fue construido para recibir 10,000 barcos que pasan por el puerto anualmente.	6
5	Battery Park City. Se encuentra en el suroeste de Manhattan, Nueva York, con un área de 0.4 km ² que se levantó ganándole terreno al río Hudson, usando 917,000 m ³ de tierra y rocas provenientes de la excavación del World Trade Center.	7
6	Aeropuerto Internacional de Chubu Centrair. Ubicado en una isla artificial en la bahía de Ise, en la ciudad de Tokoname, es uno de los aeropuertos más modernos del mundo, inaugurado en 2005.	8
7	Aeropuerto Internacional de Kansai. Está ubicado en una isla artificial de 4 km de largo por 1 km de ancho, en la bahía de Osaka, Japón. Fue diseñado por el arquitecto Renzo Piano, inaugurado el 4 de septiembre de 1994.	8
8	Aeropuerto de Kōbe. Construido sobre una isla artificial frente a la costa de Kōbe, Japón. Proyectado como un aeropuerto de tercera clase para poder descongestionar el aeropuerto internacional de Osaka.	8
9	Aeropuerto Internacional de Hong Kong. Se edificó sobre una pequeña isla que fue devastada poco a poco vertiendo sus residuos sobre el mar para ganar terreno y formar una isla artificial más grande. Inaugurado en junio de 1998 remplazando al antiguo aeropuerto internacional de Kai Tak.	9
10	Aeropuerto Internacional de Macao. Construido sobre una isla artificial situada en el extremo oriental de la isla de Taipa, sus operaciones iniciaron en noviembre de 1995.	9

11	Fortaleza Flakfortet. Localizada en una isla artificial en Oresund. Construida entre los años 1910 y 1915.	9
12	Hulhumalé. Es una isla artificial que posee una superficie 2.0 km ² localizada en el atolón de Kaafu, Republica de Maldivas. Fue construida con el fin de establecer una nueva porción de tierra con la capacidad de albergar la expansión de la región de Malé en lo que a términos de desarrollo inmobiliario, industrial y comercial se refiere.	10
13	Isla Al Lulu. Es una isla artificial que alberga proyectos residenciales y comerciales sobre un área de 4.2 km ² . Localizado frente a las costas de la isla de Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos.	10
14	Isla Amwaj. Este proyecto es un conjunto de islas artificiales localizadas al norte de Baréin, con una extensión de 2.79 km ² . En este proyecto se desarrollan conjuntos residenciales, hoteles, comercio y un puerto deportivo.	10
15	Isla Balboa. Se encuentra en una zona de Newport Beach, California, USA. Está integrada por tres islas artificiales unidas entre sí y a tierra por puentes.	11
16	Isla Federación. Es un proyecto de una isla artificial en la costa de Sochi, Rusia. Recreará la silueta del mapa de Rusia y en ella se construirán residencias, hoteles, áreas culturales y recreativas.	11
17	Isla Jurong. Situada al suroeste de la ciudad de Singapur. Jurong es una isla artificial integrada por 7 islas: Pulau Ayer Chawan, Pulau Ayer Merbau, Merlimau Pulau, Pulau Pesek, Pulau Pesek Kecil, Sakra Pulau y Seraya Pulau.	11
18	Isla Rokkō. Está ubicada en la región sureste del Puerto de Kobe, Japón. Construida a partir de tierras ganadas al mar entre 1973 y 1992. Cuenta con hoteles, centros deportivos, comercios, museos y parques.	12
19	Isla Treasure. Construida en la Bahía de San Francisco, California, EUA. Fue creada a partir del llenado del material procedente del dragado de la Bahía en los años 1936 y 1937.	12
20	Palm Jumeirah, en Duái, EAU. Es una de las islas artificiales más grandes del mundo. Tiene una forma de palmera representativa de la región hecha tan solo de arena y protegida por un gran rompeolas que la protege de las condiciones climáticas.	12
21	Jabel Ali. Es la segunda isla artificial en forma de palmera en Dubái, EAU. Se encuentra en el distrito de Jabel Ali. Tiene un área de 8.4 km ² y se conecta a tierra por medio de tres puentes.	13
22	The World. Son un grupo de 300 islas artificiales dispuestas de tal forma que crean un mapamundi, se encuentra cerca de la costa de Dubái, EAU. Cubre un total de 9.4 km ² en su superficie terrestre.	13

23	Île Notre Dame. Esta isla artificial fue creada a partir del relleno de las excavaciones del metro de Montreal en 1965, diseñada para la Expo 67 que conmemoraba el centenario de Canadá. Se localiza en el Río San Lorenzo.	13
24	Ocean Reef. Este proyecto consta de 2 islas artificiales frente a las costas de Panamá, Panamá, en el Océano Pacífico, con una superficie total de 0.19 km².	14
25	Puente Peberholm. Es una pequeña isla artificial de 1.3 km² en Dinamarca. Fue creada como parte del puente Øresund, que conecta Dinamarca con Suecia.	14
26	The Pearl. Esta isla artificial en Catar, abarca 4,000,000 km², creando cerca de 32 km de costa para uso residencial con una previsión de 15.000 viviendas en el año 2013.	14
27	Thilafushi. Es una isla artificial creada como vertedero municipal de Malé en las Maldivas. Se encuentra entre los atolones Kaafu 's Giraavaru y Gulhifalhu, geográficamente es parte del canal Vaadhoo.	15
28a	Marina Fidepaz.	16
28b	CICIMAR.	16
29	Zona Naval y Sanatorio Naval.	16
30	Vista Coral.	16
31	Construcción de Vista Coral, iniciada en los 70's y terminada en los 80's.	17
32	Mercado de Pescadores.	17
33	Marina Palmira y Hotel Marina.	17
34	Construcción de la Marina Palmira y el desplante para la construcción del Hotel Marina (1988). En la imagen también se puede apreciar el terraplén donde hoy en día se encuentran los negocios de cocos y su estacionamiento. Formado con roca de la región (riolita), al igual que el rompeolas de la Marina La Paz.	18
35	Playas del Malecón de La Paz que han sido rellenadas.	18
36	Puerto Marítimo de Pichilingue.	19
37	Imagen satelital de la isla artificial Fidepaz y los vestigios de las antiguas islas que ahora forman bajos, resultado del dragado del canal de navegación que se hizo para la Marina Fidepaz.	20
38a	Orientación de la corriente total en el flujo.	21
38b	Orientación de la corriente total en el reflujo.	21
39a	Orientación de la corriente total en el flujo.	21
39b	Orientación de la corriente total en el reflujo.	21

40	Distribución espacial de sedimentos.	23
41	Tipos de sedimento del fondo de la Ensenada de La Paz.	23
42	Distribución natural de los sedimentos.	24
43	Principales sistemas de fallas en la República Mexicana.	28
44	Mapa geológico de la región La Paz-Los Cabos mostrando la distribución de las principales estructuras; EC, Falla El Carrizal; LP, Lineamiento La Paz; SJP, San Juan de Los Planes; SB, Falla San Bartolo; SJC, Falla San José del Cabo. Se muestra los epicentros de los temblores más fuertes ocurridos en la región.	29
45	Localización de la Ensenada de La Paz, B.C.S., México.	34
46	Origen y evolución de La Ensenada de La Paz: (a) Paleogeomorfología para hace más de 7 mil años. (b) formación de la punta entre 6 a 5 mil años antes del presente, la cual sería la base para el desarrollo de la barrera arenosa; (c) formación de la laguna y (d) evolución de la laguna hacia su morfología actual.	36
47	Mapa batimétrico de la Ensenada de La Paz.	37
48	Principales climas en la región.	39
49a	<i>Abronia marítima</i> .	42
49b	<i>Salicornia europea</i> .	42
49c	<i>Batis marítima</i> .	42
50a	<i>Matricaria marítima</i> .	42
50b	<i>Atriplex barclayana</i> .	42
50c	<i>Distichlis spicata</i> .	42
51	Localización de zonas de manglar en Punta Comitán.	43
52a	Mangle blanco.	43
52b	Mangle negro.	43
53a	<i>Ulva intestinalis</i> .	44
53b	<i>Ulva clathrata</i> .	44
53c	<i>Ulva lactuca</i> .	44
53d	<i>Laurencia pacífica</i> .	44
53e	<i>Sargassum sinicola</i> .	44

53f	<i>Rosenvingia intricata.</i>	44
53g	<i>Acetabularia párvula.</i>	44
53h	<i>Spyridia filamentosa.</i>	44
54a	<i>Achirus mazatlanus.</i>	46
54b	<i>Paralabrax maculatofasciatus.</i>	46
54c	<i>Diapterus peruvianus.</i>	46
54d	<i>Xenichthys xanti.</i>	46
54e	<i>Synodus scituliceps..</i>	46
54f	<i>Eucinostomus gracilis.</i>	46
54g	<i>Gymnura marmorata.</i>	46
54h	<i>Urobatis halleri.</i>	46
55a	<i>Corbula esmeralda.</i>	48
55b	<i>Leavicardium elenense.</i>	48
55c	<i>Chione californiensis.</i>	48
56	Transectos de los perfiles de playa en Punta Comitán.	51
57	Sitio donde se colectaron las 15 muestras en Punta Comitán.	53
58	Representación de las mallas (Hu,Hv,Z).	60
59	Representación numérica de la batimetría.	64
60	Representación numérica de las profundidades en metros en Punta Comitán.	65
61	Representación numérica de las profundidades en metros en Punta Comitán, con La Isla Artificial.	65
62	Perfiles de playa correspondientes a la estación de otoño.	68
63	Perfiles de playa correspondientes a la estación de invierno.	68
64	Perfiles de playa correspondiente a la estación de primavera.	69
65	Perfiles de playa correspondientes a la estación de verano.	69

66	Perfiles de playa correspondientes al transecto 1 de 3 estaciones del año.	69
67	Perfiles de playa correspondientes al transecto 2 de las 4 estaciones del año.	70
68	Perfiles de playa correspondientes al transecto 3 de las 4 estaciones del año.	70
69	Perfiles de playa correspondientes al transecto 4 de las 4 estaciones del año.	70
70	Perfiles de playa correspondientes al transecto 5 de las 4 estaciones del año.	71
71	En esta figura se tomaron imágenes satelitales de diferentes años y meses para comparar la evolución de Punta Comitán (los puntos rojos de cada foto están georeferenciados en el mismo lugar para hacer una comparación más notable).	72
72	En esta figura las líneas de colores corresponden al contorno de cada una de las fotos satelitales de la fig. 71.	72
73	Imagen en la temporada de invierno cuando la punta toma dirección suroeste.	73
74	Acumulación de sedimentos en Punta Comitán, resultado del transporte litoral ocasionado por el oleaje en la temporada de invierno.	73
75	Dirección de Punta Comitán en temporada de verano, cuando esta toma dirección noreste.	74
76	Oleaje del norte en la costa noroeste de Punta Comitán el día 16 de marzo de 2013.	75
76a	De derecha a izquierda, oleaje del norte del día 16 de marzo de 2013, refractado por Punta Comitán que se encuentra con el oleaje del otro lado de la playa, provocando acumulación de sedimento en este lado de la punta, en temporada de invierno.	75
77	Batimetría de precisión en Punta Comitán. Los puntos en la imagen representan los datos que fueron registrados, las líneas rojas constituyen las profundidades intermedias y las líneas negras las profundidades cada metro.	76
78	Batimetría general de la Ensenada de La Paz.	77
79	Corte transversal para el cálculo del material de relleno de la isla.	77
80	Dirección de las corrientes el 18 de febrero de 2013, referidas al nivel de marea de acuerdo a las tablas de marea del CICESE.	79
81	Dirección y velocidad de vientos el 18 de febrero de 2013.	79

82	Dirección de las corrientes el 26 de junio de 2013; referidas al nivel de la marea de acuerdo a las tablas de marea del CICESE.	79
83	Dirección y velocidad de vientos para el 26 de junio de 2013.	80
84	Dirección de las corrientes el 5 de diciembre de 2013, referidas al nivel de marea de acuerdo a las tablas de mareas del CICESE.	80
85	Dirección y velocidad de vientos para el 5 de diciembre de 2013.	80
86	Características de las muestras colectadas en Punta Comitán.	82
86a	Característica de los sedimentos en temporada de invierno en la parte suroeste de Punta Comitán.	82
87	Localización del área para la extracción del material para el relleno de la isla.	83
88	Historial de la trayectoria de huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales en la Ciudad de La Paz, con un radio de 125 km.	84
89	Descripción de los huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales.	84
90	Fetch máximo en la Ensenada de La Paz.	87
91	Predicción del oleaje para zonas someras (hasta 3 m).	87
92	Distancias máximas de fetch que pueden afectar al área de estudio.	88
93	Altura del oleaje para los huracanes que han pasado cerca y sobre la Ensenada de La Paz.	89
94	Velocidades críticas para el movimiento de sedimentos.	90
95	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación.	91
96	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación.	91
97	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación.	92
98	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación.	92

99	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el refluo de la marea en el tercer octavo de la simulación.	93
100	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el refluo de la marea en el tercer octavo de la simulación.	93
101	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el refluo de la marea en el cuarto octavo de la simulación.	94
102	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el refluo de la marea en el cuarto octavo de la simulación.	94
103	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el refluo de la marea en el quinto octavo de la simulación.	95
104	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el refluo de la marea en el quinto octavo de la simulación.	95
105	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el fluo de la marea en el sexto octavo de la simulación.	96
106	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el fluo de la marea en el sexto octavo de la simulación.	96
107	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el fluo de la marea en el séptimo octavo de la simulación.	97
108	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el fluo de la marea en el séptimo octavo de la simulación.	97
109	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el refluo de la marea en el último octavo de la simulación.	98
110	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el refluo de la marea en el último octavo de la simulación.	98
111	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el fluo de la marea en el primer octavo de la simulación con La Isla Artificial.	99
112	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el fluo de la marea en el primer octavo de la simulación con La Isla Artificial.	99

113	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación con La Isla Artificial.	100
114	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación con La Isla Artificial.	100
115	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación con La Isla Artificial.	101
116	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación con La Isla Artificial.	101
117	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	102
118	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	102
119	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	103
120	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	103
121	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	104
122	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación con La Isla Artificial.	104
123	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación con La Isla Artificial.	105
124	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación con La Isla Artificial.	105
125	Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el último octavo de la simulación con La Isla Artificial.	106
126	Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el último octavo de la simulación con La Isla Artificial.	106

127	Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz.	107
128	Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, frente a Punta Comitán.	108
129	Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, simulada con La Isla Artificial.	108
130	Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, frente a Punta Comitán, simulada con La Isla Artificial.	109
131	Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz (en rojo se representan los vectores correspondientes a la residual en condiciones normales y en negro los vectores una vez simulado con la Isla Artificial).	109
132	Zonificación primaria en el área de interés, de acuerdo al plan de Desarrollo Urbano del Estado de B.C.S.	129
133	Zonificación secundaria en el área de interés, de acuerdo al plan de Desarrollo Urbano del Estado de B.C.S.	129

LISTA DE TABLAS

No.	Descripción	Pag.
1	Clasificación de ciclones según CONAGUA.	26
2	Niveles máximos permitidos para coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) de acuerdo con las normas oficiales vigentes para diferentes usos de agua.	30
3	Principales componentes armónicas semidiurnas y diurnas en la Bahía de La Paz.	40
4	Lista de peces de fondo de la Ensenada de La Paz, B.C.S.	45
5	Especies de moluscos en la Ensenada de La Paz.	47
6	Especies de moluscos bivalvos en la Ensenada de La Paz.	48
7	Clasificación de las muestras de sedimento de Punta Comitán, generalizadas entre la clasificación de las arenas.	81
8	Porcentajes de los sedimentos.	82
9	Descripción de fenómenos meteorológicos ocurridos en la Ciudad de La Paz en un radio de 125 km. Categorías: D, depresión tropical; TT, tormenta tropical; H, huracán.	85

RESUMEN

Se propone la formación de una zona de playa, mediante la construcción de una Isla Artificial para un desarrollo habitacional de carácter eco-turístico, con base en los lineamientos administrativos y normativos del marco jurídico. Se evaluaron las variables que caracterizan la construcción, la ubicación, la cantidad y tipo de material que se recomienda utilizar para esta obra artificial. La isla se propone sea construida frente a Punta Comitán, localizada dentro de la laguna costera denominada Ensenada de La Paz, en B.C.S., México. Se realizaron 4 campañas para analizar los perfiles de playa de Punta Comitán durante un periodo de un año. Los resultados de los perfiles indican que el sedimento en esta área, es estable y solo tiene pequeños cambios estacionarios que responden al viento y al oleaje por viento que se presenta en el invierno y el verano. En cuanto al movimiento de la parcela de agua en el área de estudio, se registraron velocidades máximas de 19.5 cm s^{-1} . Se realizó una batimetría de precisión frente a Punta Comitán que se integró a la batimetría general de la Ensenada, que se utilizó en un modelo numérico barotrópico verticalmente integrado, para obtener el patrón de circulación en el área de estudio, así como en el resto de la Ensenada. El terreno ganado al mar se plantea de forma rectangular alineado con Punta Comitán siguiendo la forma natural y con una altura de 3 m sobre el nivel medio del mar. En el área de estudio se ha registrado un sedimento de tipo arenoso, así como en el resto de los canales de la ensenada de los cuales se extraerá el material para el relleno, que serían aproximadamente $659,000 \text{ m}^3$. Los resultados del modelo muestran que las corrientes no son significantes para erosionar la isla, las velocidades máximas se presentan en la boca de la ensenada y en la zona de canales.

ABSTRACT

The formation of a beach area is proposed by constructing an artificial island with a housing development of eco-tourism character, based on the administrative and legal framework of the legal guidelines, the variables that characterize the construction of a beach will be assessed artificial. Island is proposed to be built in front of Punta Comitán, located within the Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Four campaigns were conducted to analyze profiles Beach in Punta Comitán for a period of one year. The results indicate that the profiles of the sediment in this area is stable and has only small seasonal changes that respond to wind and wind waves that occurs in the winter and summer. As for the movement of water in the place of the study area, maximum speeds of 19.5 cm / s were recorded. The bathymetry of precision posted joined the general bathymetry of the lagoon that was used in a vertically integrated barotropic numerical model for the circulation pattern in the study area and in the rest of the cove. The reclaimed land arises aligned rectangular Punta Comitán following the natural shape and with a height of 3 m above mean sea level. In the study area there has been a sandy sediment type, as well as other channels. Cove which material for filling, which would be around 659,000 m³ will be removed. Model results show that the currents are not significant to erode the island, maximum speeds are given in the mouth of the creek and in the channels.

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 70% de nuestro planeta está cubierto de agua, un 97% de esta agua se encuentra en los océanos, mares y la zona costera. Los seres humanos siempre han buscado nuevas tierras donde habitar o realizar sus actividades, y si no las encuentran las crean (Obeso-Nieblas, 2003).

Las primeras formas de ganar terreno al mar, como los pólder (diques) en Holanda (siglo XII) estaban encaminados a conseguir nuevos terrenos donde cultivar, cuando la agricultura era el único modo de subsistencia que la gente conocía.

Actualmente, los desarrollos inmobiliarios y el turismo han llevado a la búsqueda de nuevas tierras donde construir lujosos apartamentos y hoteles frente a los océanos. Sin embargo, con la supuesta elevación del nivel de los mares causada por el calentamiento global, es razonable asumir que muchas de las áreas cercanas a las costas necesitarán pronto de algún tipo de medidas de protección contra el ascenso del nivel del mar (Manrique, 2011).

Los terrenos ganados al mar se presentan cuando se hacen formaciones naturales o artificiales de nuevas plataformas marítimas para extender la costa o crear islas artificiales utilizables fundamentalmente en la creación de nuevos asentamientos urbanos, desarrollos turísticos, industriales y comerciales (Wilffels, 2009). Los desarrollos turísticos son los establecimientos y alojamientos que ofrece una localidad a los turistas. En el caso turístico residencial son propiedades con límites administrativos establecidos, que comparten comunes denominadores donde viven o se establecen por temporadas los turistas y dentro de ellos se encuentran los servicios básicos, así como los que les ofrecen las empresas que proporcionan el servicio (PDU, 2003).

México cuenta con 17 estados que tienen litoral marítimo (Cabrera-Acevedo, 1993), con una longitud de costa de 11,120 kilómetros (INEGI, 2008), dividida en dos litorales, uno en el Océano Pacífico y el otro en el Golfo de México y Mar Caribe (Padilla-y-Sotelo, 2000). Actualmente de las 126 ciudades más grandes del

país, 48 son costeras (Garza y Shteingart, 2010). La economía en las costas de México aporta cerca del 4% del producto interno bruto (PIB) (León, 2009). La población asentada en la región costera registra una dinámica espacio-temporal que ha dado como resultado un cambio notable en la distribución de las localidades urbanas, lo que ha proporcionado una mayor ocupación del territorio en esta área (Padilla y Sotelo, 2000).

El crecimiento promedio de la población de la región costera mexicana fue de 2.8% entre 1900 y 1995, mientras que en el resto del país fue de 2.2% (Juárez-Gutiérrez, 2000). Este crecimiento responde al desarrollo de actividades económicas, principalmente turísticas, petroleras, portuarias, agrícolas e industriales. Ha sido un proceso sin precedentes en el cual los movimientos migratorios internos juegan un papel destacado en la distribución espacial de la población urbana actual (Padilla y Sotelo, 2000). La rapidez del crecimiento de la población en las costas ha sido mayor que en el interior del país, lo que indica la atracción que han sentido los migrantes por las costas (Gutiérrez-de-MacGregor y González-Sánchez, 1999). Menos del 25% de la población de México vive en las costas, pero como en el resto del país, en los litorales está ocurriendo un incremento en la concentración y crecimiento urbano (León, 2009).

Las zonas costeras del país se reconocen como áreas de gran relevancia ecológica y económica, pero también como una porción territorial limitada y vulnerable a los procesos derivados del emplazamiento de los asentamientos humanos (Gabriel-Morales y Pérez-Damián, 2006).

La costa es la parte de un continente o de una isla que limita con el mar. Tiene un paisaje inestable, donde en los sectores de playa su perfil bidimensional puede crecer debido, al depósito de sedimentos y en otros casos pueden disminuir por los procesos de erosión marina. La costa se constituye a partir de dos características fundamentales: la orilla del mar y la porción de la tierra cercana a ella (Nava-Escudero, 2006). Las costas también son modificadas por otros factores como el clima, el viento, el oleaje, actividades biológicas y las actividades humanas.

Generalmente, las poblaciones en los litorales se localizan en lugares protegidos contra el viento, con aguas de poca profundidad y con mareas y oleaje poco intenso. Usualmente, estas características del litoral definen el espacio que ocupa la ciudad, encontrándose la mayoría de ellas en zonas donde existe una bahía o laguna, seguida de un valle abierto que permita a sus pobladores realizar actividades de agricultura y ganadería, además de las que se llevan a cabo para aprovechar los recursos marinos. La mayoría de estas ciudades no se sostienen sólo de la utilización de las riquezas del mar, ya que también desarrollan actividades agropecuarias y forestales, así como turísticas, artesanales y comerciales. Sin embargo, la tendencia histórica de la distribución de la "población ligada al océano", indica que cada día un mayor número de seres humanos se desplazan a las zonas costeras, con la esperanza de aprovechar los recursos que los mares les ofrecen (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1991).

Las tierras ganadas al mar se construyen debido al proceso de colocar tierra, rocas, escolleras, diques, gaviones o arena donde antes hubo agua lo cual implica la obtención de nuevos suelos a partir de los cauces de los ríos o del mar, utilizables fundamentalmente en la creación de nuevos asentamientos urbanos, o en la agricultura (Jiménez *et al.*, 2006).

En México se publicó el 8 de junio de 2006 en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) el Reglamento para impulsar y generar los insumos técnicos y los procesos participativos para el desarrollo sustentable de océanos y costas de México, a pesar del extenso patrimonio litoral de México y de la importancia estratégica de las zonas costeras, no se contaba con una política ambiental nacional hasta esta fecha (Azuz *et al.*, 2011).

1. ANTECEDENTES

En el proceso de ganar terreno al mar en zonas inundadas se tienen: terrenos ganados al mar en lagos, mares endorreicos, ríos, zonas costeras marinas e islas artificiales.

1.1. Terrenos ganados en lagos, mares endorreicos y ríos.

Entre los ejemplos notables se incluyen: la región del oeste de Nueva Orleans, Florida, EUA, que está flanqueada por el Río Misisipi y el Lago Pontchartrain, de manera que debe protegerse mediante diques; Washington, Distrito Columbia, EUA, construido en parte sobre tierras que alguna vez fueron pantanosas; la Ciudad de México, México, que está situada en el lugar donde antiguamente se ubicaba el Lago de Texcoco (Fig. 1); la Isla del Danubio ubicada en el río Danubio en Viena, Austria (Fig. 2); las islas de Toronto, Canadá, así como Fort Lauderdale en Florida, EUA, que es la Nueva Venecia, en la que se han construido más de 5 mil canales y con ese material han elevado el nivel de los terrenos, construyendo intercaladamente penínsulas y canales, desarrollando una zona residencial náutica, en donde se puede llegar a cada residencia en yate o automóvil.

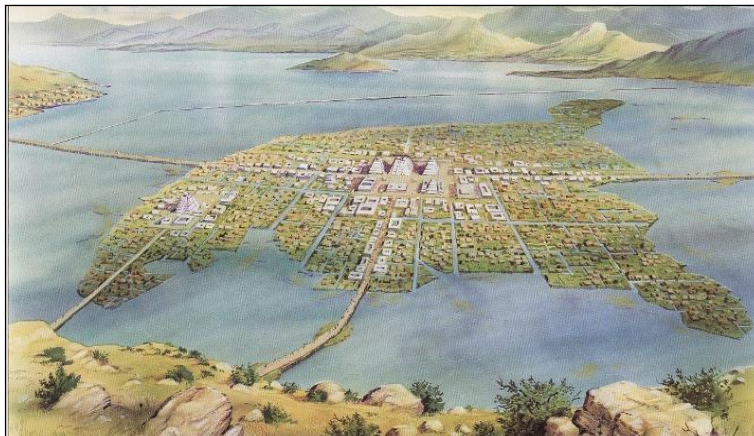


Figura 1. Tenochtitlan. Antigua ciudad mexicana ocupada por un sistema de lagos en el centro del Valle de México, donde yace hoy en día la Ciudad de México, México. Esto se logró a partir de la construcción de grandes obras que tenían como propósito la desecación de los lagos, con un sistema de desagüe y desviando el río Cuautitlán (Olivas 1997)



Figura 2. Isla del Danubio. Se encuentra entre el río Danubio y el canal paralelo llamado Nuevo Danubio en Viena, Austria. Tiene 21.1 km de longitud y en sus partes más anchas tan solo llega a medir 210 m. cuenta con áreas de recreo, bares y áreas para hacer deporte (Wien.info, 2014).

1.2. Terrenos ganados en zonas costeras

Dentro de las zonas urbanas que le han ganado al mar, destacan las siguientes: Helsinki, Finlandia, cuya mayor parte del centro está construida sobre tierra recuperada; parte de Ciudad del Cabo, Sudáfrica; la costa de Chicago, Illinois, EUA; parte de Boston, Massachusetts, EUA; los famosos pólderes de los Países Bajos (Flevoland) (Fig. 3); el Puerto de Zeebrugge, Bélgica (Fig. 4); Battery Park City en Manhattan, Nueva York, EUA (Fig. 5); la zona residencial en el suroeste de Brest, Bielorrusia y Mónaco, el Principado de Mónaco han aumentado su territorio debido a la ganancia de tierras al mar. La Ciudad de Río de Janeiro, Brasil, fue construida en gran parte en tierra recuperada o ganada al mar. En Japón, alrededor del 20% de las tierras en el área de la Bahía de Tokio han sido ganadas al mar; Venecia está compuesta por 95 islas artificiales, cuyos edificios están contruidos sobre pilotes. Fue fundada en el siglo V d. C. para defenderse de los pueblos germanos y sus habitantes llegaron a dominar los mares del mundo medieval.



Figura 3. Flevoland. Forma parte de los llamados Países Bajos que se caracterizan principalmente por sus terrenos ganados al mar mediante pólderes. Esta técnica se usó por primera vez en el siglo XII y consistía en una serie de diques que protegían a las tierras bajas que se encontraban al nivel del mar o más bajas aun, drenándolas por medio de un sistema de bombeo y así poder explotar el terreno con fines agrícolas e industriales.



Figura 4. Puerto de Zeebrugge. Se encuentra en la costa Belga y es puerta de entrada a la ciudad de Brujas. Es un puerto mercante de alta importancia que fue construido para recibir 10,000 barcos que pasan por el puerto anualmente.



Figura 5. Battery Park City. Se encuentra en el suroeste de Manhattan, Nueva York, con un área de 0.4 km² que se levantó ganándole terreno al río Hudson, usando 917,000 m³ de tierra y rocas provenientes de la excavación del World Trade Center (Russell, 1994).

1.3. Islas artificiales

Las islas artificiales son también terrenos ganados al mar, creadas por el hombre de diversas formas y con diversos propósitos. Actualmente se han construido un gran número en el planeta, entre las más famosas se pueden mencionar las siguientes:

Aeropuerto de Chubu (Fig. 6), Aeropuerto de Kansai (Fig. 7), Aeropuerto de Kobe (Fig. 8) en Japón; Aeropuerto Internacional de Hong Kong (Fig. 9) y Aeropuerto Internacional de Macao en China (Fig. 10); Fortaleza Flakfortet en Oresund (Fig. 11); Hulhumalé en Maldivas (Fig. 12); Isla Al Lulu en Abu Dhabi, EAU (Fig. 13); Isla Amwaj en Bejrén (Fig. 14); Isla Balboa en California, USA (Fig. 15); Isla Federación en Rusia (Fig. 16); Isla Jurong en Singapur (Fig. 17); Isla Rokko en Japón (Fig. 18); Isla Treasure en San Francisco USA (Fig. 19); Isla Palm Jumeirah (Fig. 20), Jabel Ali (Fig. 21) y The World (Fig. 22) en Dubái, EAU; Ile Notre-Dame en Canadá (Fig. 23); Islas Ocean Reef en Panamá (Fig. 24); el Puente Peberholm en Oresound, Suecia (Fig. 25); The Pearl en Qatar (Fig. 26); Thilafushi en Maldivas (Fig. 27); Isla Banana en Nigeria; Isla Verde en Egipto; Nodeuldeom en Corea del Sur; Isla Dejima en Nagasaki, Japón, (Bermuda online, 2011).



Figura 6. Aeropuerto Internacional de Chubu Centrair. Ubicado en una isla artificial en la bahía de Ise, en la ciudad de Tokoname, es uno de los aeropuertos más modernos del mundo, inaugurado en 2005.



Figura 7. Aeropuerto Internacional de Kansai. Está ubicado en una isla artificial de 4 km de largo por 1 km de ancho, en la bahía de Osaka, Japón. Fue diseñado por el arquitecto Renzo Piano, inaugurado el 4 de septiembre de 1994.



Figura 8. Aeropuerto de Kōbe. Construido sobre una isla artificial frente a la costa de Kōbe, Japón. Proyectado como un aeropuerto de tercera clase para poder descongestionar el aeropuerto internacional de Osaka.



Figura 9. Aeropuerto Internacional de Hong Kong. Se edificó sobre una pequeña isla que fue devastada poco a poco vertiendo sus residuos sobre el mar para ganar terreno y formar una isla artificial más grande. Inaugurado en junio de 1998 reemplazando al antiguo aeropuerto internacional de Kai Tak.



Figura 10. Aeropuerto Internacional de Macao. Construido sobre una isla artificial situada en el extremo oriental de la isla de Taipa, sus operaciones iniciaron en noviembre de 1995.



Figura 11. Fortaleza Flakfortet. Localizada en una isla artificial en Oresund. Construida entre los años 1910 y 1915.



Figura 12. Hulhumalé. Es una isla artificial que posee una superficie 2.0 km² localizada en el atolón de Kaafu, Republica de Maldivas. Fue construida con el fin de establecer una nueva porción de tierra con la capacidad de albergar la expansión de la región de Malé en lo que a términos de desarrollo inmobiliario, industrial y comercial se refiere.



Figura 13. Isla Al Lulu. Es una isla artificial que alberga proyectos residenciales y comerciales sobre un área de 4.2 km². Localizado frente a las costas de la isla de Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos.



Figura 14. Isla Amwaj. Este proyecto es un conjunto de islas artificiales localizadas al norte de Baréin, con una extensión de 2.79 km². En este proyecto se desarrollan conjuntos residenciales, hoteles, comercio y un puerto deportivo.



Figura 15. Isla Balboa. Se encuentra en una zona de Newport Beach, California, USA. Está integrada por tres islas artificiales unidas entre sí y a tierra por puentes.



Figura 16. Isla Federación. Es un proyecto de una isla artificial en la costa de Sochi, Rusia. Recreará la silueta del mapa de Rusia y en ella se construirán residencias, hoteles, áreas culturales y recreativas.



Figura 17. Isla Jurong. Situada al suroeste de la ciudad de Singapur. Jurong es una isla artificial integrada por 7 islas: Pulau Ayer Chawan, Pulau Ayer Merbau, Merlimau Pulau, Pulau Pesek, Pulau Pesek Kecil, Sakra Pulau y Seraya Pulau.



Figura 18. Isla Rokkō. Está ubicada en la región sureste del Puerto de Kobe, Japón. Construida a partir de tierras ganadas al mar entre 1973 y 1992. Cuenta con hoteles, centros deportivos, comercios, museos y parques.



Figura 19. Isla Treasure. Construida en la Bahía de San Francisco, California, EUA. Fue creada a partir del llenado del material procedente del dragado de la Bahía en los años 1936 y 1937.



Figura 20. Palm Jumeirah, en Duái, EAU. Es una de las islas artificiales más grandes del mundo. Tiene una forma de palmera representativa de la región hecha tan solo de arena y protegida por un gran rompeolas que la protege de las condiciones climáticas.



Figura 21. Jabel Ali. Es la segunda isla artificial en forma de palmera en Dubái, EAU. Se encuentra en el distrito de Jabel Ali. Tiene un área de 8.4 km² y se conecta a tierra por medio de tres puentes.



Figura 22. The World. Son un grupo de 300 islas artificiales dispuestas de tal forma que crean un mapamundi, se encuentra cerca de la costa de Dubái, EAU. Cubre un total de 9.4 km² en su superficie terrestre.



Figura 23. Île Notre Dame. Esta isla artificial fue creada a partir del relleno de las excavaciones del metro de Montreal en 1965, diseñada para la Expo 67 que conmemoraba el centenario de Canadá. Se localiza en el Río San Lorenzo.

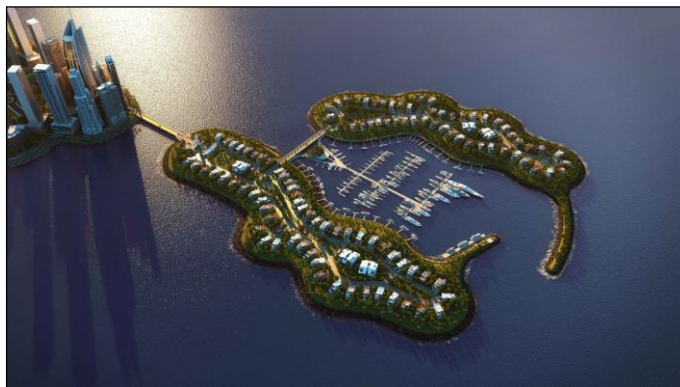


Figura 24. Ocean Reef. Este proyecto consta de 2 islas artificiales frente a las costas de Panamá, Panamá, en el Océano Pacífico, con una superficie total de 0.19 km².



Figura 25. Puente Peberholm. Es una pequeña isla artificial de 1.3 km² en Dinamarca. Fue creada como parte del puente Øresund, que conecta Dinamarca con Suecia.



Figura 26. The Pearl. Esta isla artificial en Catar, abarca 4,000,000 km², creando cerca de 32 km de costa para uso residencial con una previsión de 15.000 viviendas en el año 2013.



Figura 27. Thilafushi. Es una isla artificial creada como vertedero municipal de Malé en las Maldivas. Se encuentra entre los atolones Kaafu 's Giraavaru y Gulhifalhu, geográficamente es parte del canal Vaadhoo.

1.4. Terrenos ganados al mar en la Ciudad de La Paz, B.C.S

Existen pocos documentos o información acerca de los terrenos ganados al mar en la Ciudad de La Paz, por lo cual se hizo una comparación con fotos cartográficas del INEGI del año 1976 contra la situación actual que presenta la costa de la ciudad (en las figs. 28a, 28b, 29a, 29b, 31a, 31b, 33 se muestran las imágenes que se comparan, en blanco y negro son del año 1976 y las imágenes a color son imágenes actuales). Entre los lugares más notables que han sido ganados al mar se encuentra la Marina Fidepaz (Fig. 28a), parte del terreno donde hoy en día se encuentra el CICIMAR (Fig. 28b), la Zona Naval y el Sanatorio Naval (Fig. 29), Vista Coral (Fig. 30 y 31), la antigua Cooperativa de Pescadores (Fig. 32), así como la Marina La Paz y el Hotel Marina (Fig. 33 y 34). De igual forma las playas del Malecón han sido rellenadas con arena protegiéndolas con escolleras para retener el sedimento y hacer que la playa crezca o se mantenga (Fig. 35). Otro terreno ganado al mar es el Puerto Marítimo de Pichilingue (Fig. 36).



Figura 28 a) Marina Fidepaz, b) CICIMAR.



Figura 29. Zona Naval y Sanatorio Naval.

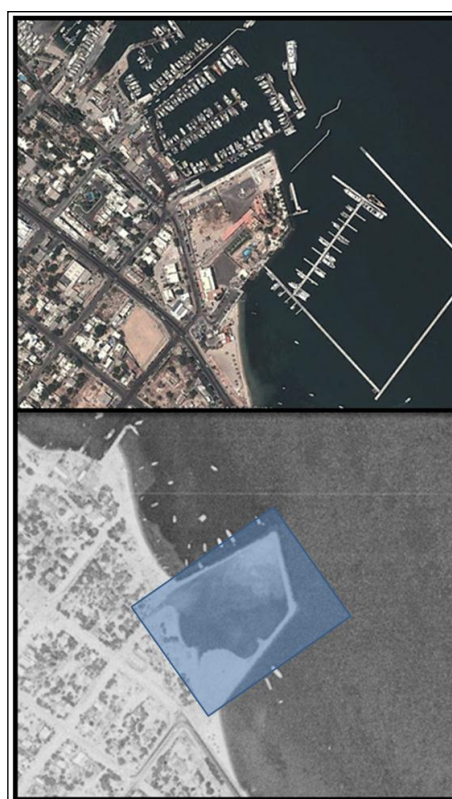


Figura 30. Vista Coral.



Figura 31. Construcción de Vista Coral, iniciada en los 70's y terminada en los 80's.



Figura 32. Mercado de pescadores.

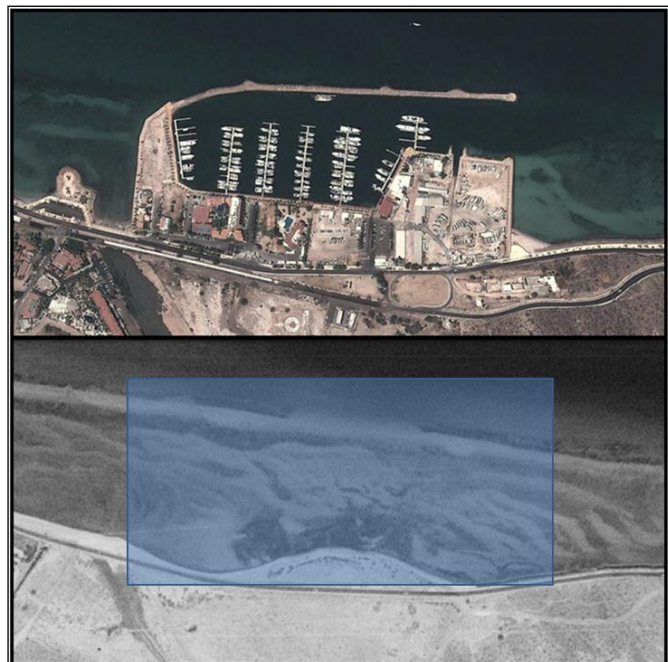


Figura 33. Marina Palmira y Hotel Marina.



Figura 34. Construcción de la Marina Palmira y el desplante para la construcción del Hotel Marina (1988). En la imagen también se puede apreciar el terraplén donde hoy en día se encuentran los negocios de cocos y su estacionamiento. Formado con roca de la región (riolita), al igual que el rompeolas de la Marina La Paz.



Figura 35. Playas del Malecón de La Paz que han sido rellenadas.



Figura 36. Puerto Marítimo de Pichilingue.

1.4.1. Isla artificial en la Ensenada de La Paz. B.C.S.

En el año de 1982 en la Ensenada de La Paz, B.C.S., se iniciaron los trabajos de dragado para crear un acceso a la Marina Fidepaz, el cual conecta a la marina con el canal principal de la ensenada, este canal tiene una longitud de 2.5 km, un ancho de 30 m y una profundidad de 3.5 m. El material procedente del dragado fue vertido en la zona de tiro autorizada por Secretaria de Marina a través de la Dirección General Adjunta de Oceanografía. El material se dispuso a un lado de dicho canal aproximadamente a un kilómetro de la marina, formando cuatro pequeñas islas. Para el 2005 tres de ella se habían convertido en bajos y el canal se había azolvado por lo cual se le dio mantenimiento para alcanzar la profundidad óptima, vertiendo el material en el lugar de tiro autorizado, pero disponiéndolo en un solo punto creando una isla de unos 100 x 260 m aproximadamente. Hoy en día esta isla es el lugar de anidación de algunas aves (Fig. 37).

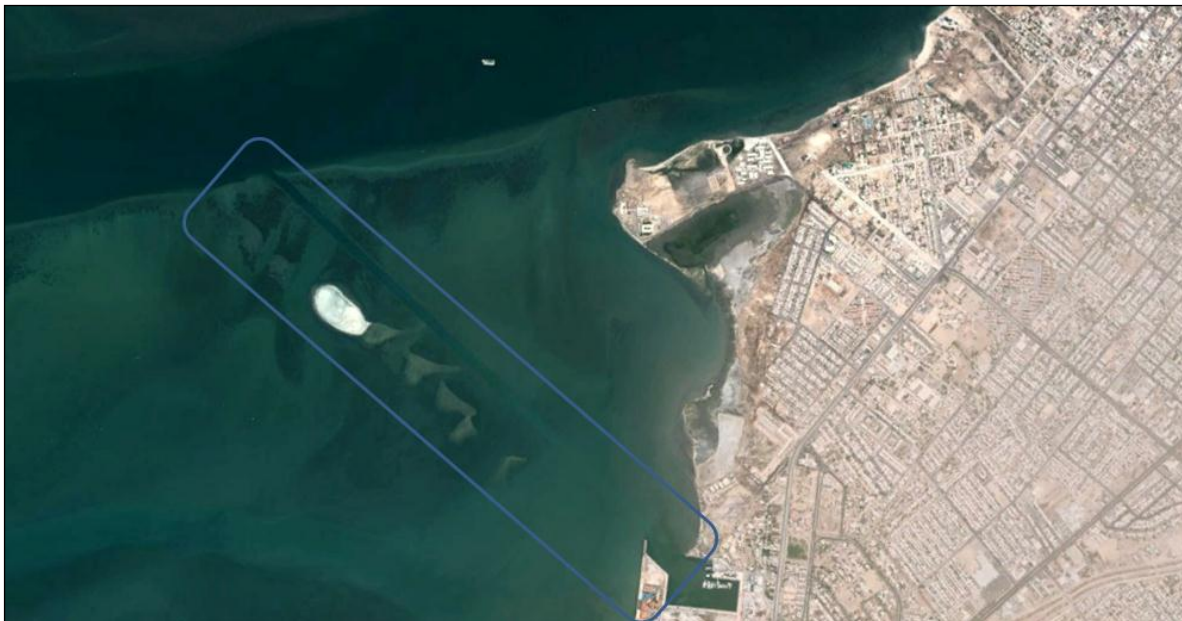


Figura 37. Imagen satelital de la isla artificial Fidepaz y los vestigios de las antiguas islas que ahora forman bajos, resultado del dragado del canal de Fidepaz que se hizo para la Marina Fidepaz.

1.5. Patrón de circulación

Según Morales y Cabrera-Muro (1982), durante el flujo de la marea en la Ensenada de La Paz, se observan dos canales que se unen frente al CICIMAR. Posteriormente, uno de los canales toma dirección hacia la izquierda dirigiéndose hacia el sur de la ensenada. La corriente remanente en el canal principal continúa hacia adentro y frente al Comitán forma un giro a la izquierda, internándose también en la región sur de la ensenada. Finalmente, un tercer flujo se dirige hacia el noroeste, frente al Estero Zacatecas (Fig. 38a). Durante el reflujo se presenta una sola dirección de salida (Fig. 38b). El flujo oeste-este presenta una circulación por la parte sur de la ensenada y otra por el canal principal. Estos flujos se juntan antes de la boca para salir por los canales ahí existentes.

a

b

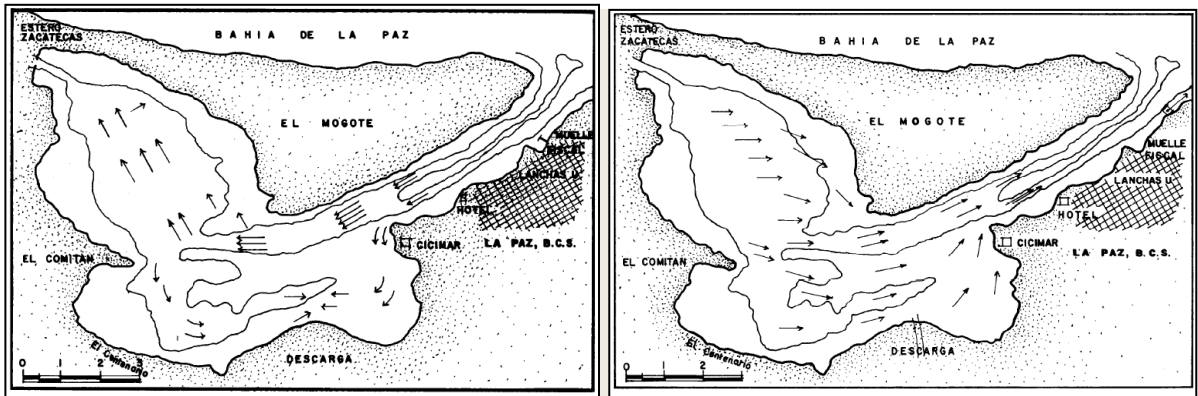


Figura 38. a) Orientación de la corriente total en el flujo, b) Orientación de la corriente total en el reflujo.

Obeso-Nieblas *et al.*, (1993), reportaron que las velocidades por marea tienen un comportamiento muy uniforme en la parte somera de la ensenada. Durante el flujo y el reflujo las velocidades máximas se localizan en la frontera abierta de la Bahía de La Paz y en la zona de los canales, con valores de orden de 70 cm/s en el canal de acceso a la ensenada. La distribución de velocidades durante el flujo y el reflujo muestran las velocidades mínimas en las partes someras de la ensenada (Fig. 39a, 39b).

a

b

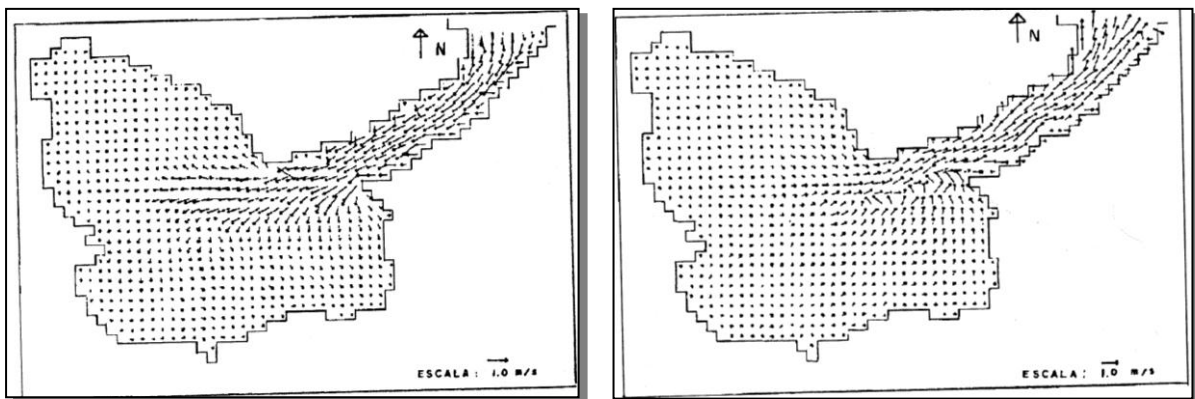


Figura 39. a) Orientación de la corriente total en el flujo, b) Orientación de la corriente total en el reflujo. Tomadas de Obeso-Nieblas *et al.* 1993.

1.6. Tipo de sedimento en la ensenada

Según Rodríguez-Meza (1999) el lecho marino de la Ensenada de La Paz está caracterizado por un grupo de sedimentos (arena, arena lodosa, lodo y lodo arenoso) y están distribuidos al norte, sur, centro y periferia. En la parte norte, los sedimentos se caracterizan por el predominio del sustrato arenoso y comprende desde el canal principal hacia el centro y norte del cuerpo lagunar, en donde se observa una mayor corriente y movimiento del agua por efecto de las mareas (Chávez, 1985). El material sedimentario depositado en la región sur se compone principalmente por lodo y arena, en el cuerpo lagunar la periferia es poco profunda y la composición de sus sedimentos es afectada por el escurrimiento pluvial y las descargas de aguas residuales que se llevaban anteriormente. En la parte centro, el material se caracteriza por una mayor profundidad y niveles de materia orgánica, el sustrato es arenoso con zonas de lodo (Rodríguez-Meza, 1999) (Fig. 40).

Los sedimentos de la ensenada, según Green-Ruiz y Larrinaga-Cunningham (1986), se describen generalmente como arena y arena fangosa en la mayor parte de la laguna, con franjas menores de fango arenoso y fango en los márgenes noroeste y sur-sureste (Fig. 41).

Por otro lado Cruz-Orozco *et al.* (1989), definieron la distribución de sedimentos a lo largo de las márgenes de la laguna, observando en general, tres áreas con diferente composición textural: una compuesta casi en un 100% de arena fina bien seleccionada presente en la parte norte de la laguna. Otra formada por una mezcla de arena y limo en la parte oeste y finalmente hacia los extremos sur y sureste se presenta una mezcla de arena, limo y arcilla asociada con abundantes restos de detritos de manglar (Fig. 42).

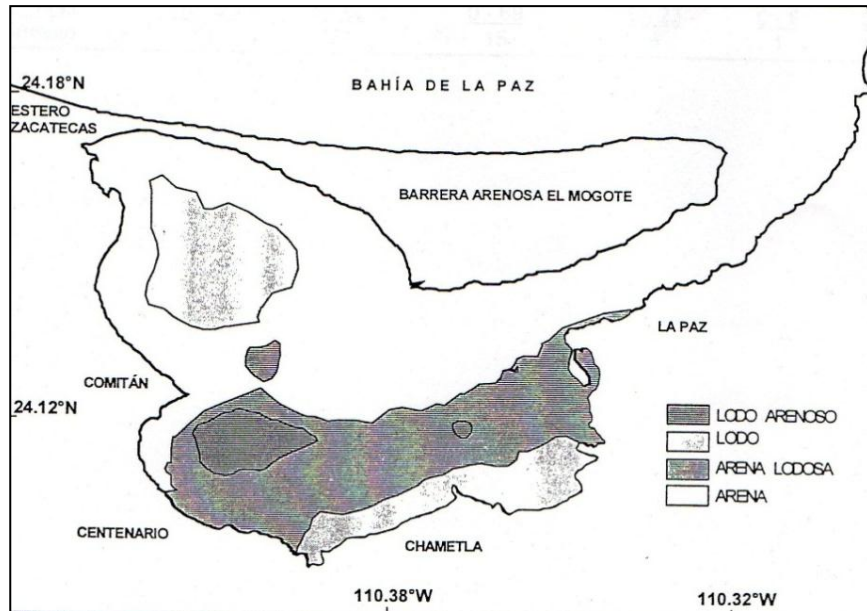


Figura 40. Distribución espacial de sedimentos (Rodríguez-Meza, 1999).

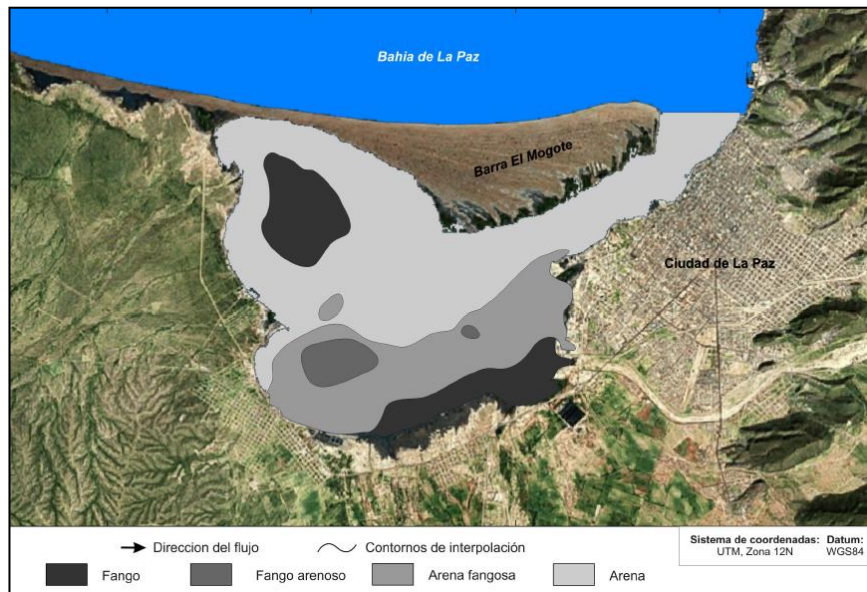


Figura 41. Tipos de sedimento de la Ensenada de La Paz (Green-Ruiz y Larrinaga-Cunningham). .1986).

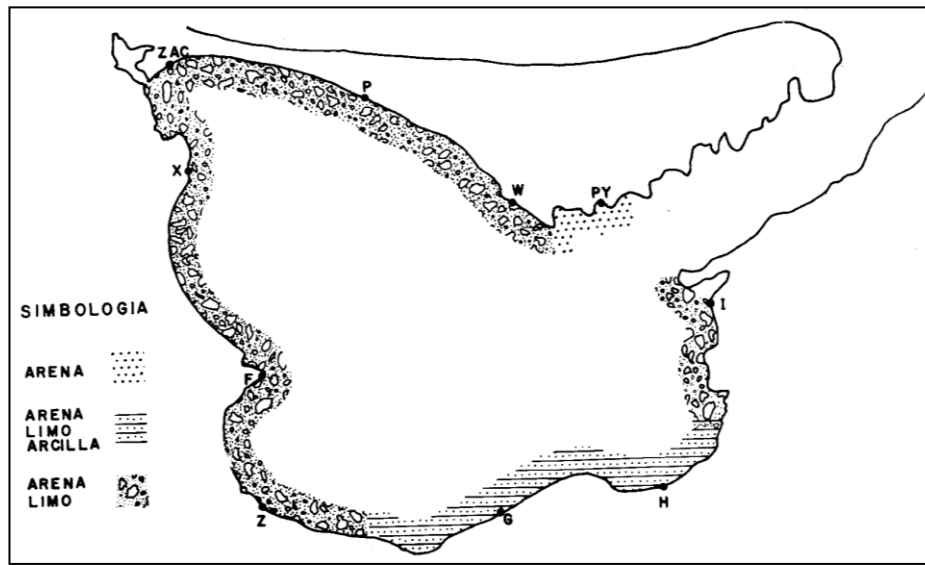


Figura 42. Distribución natural de los sedimentos, tomada de (Cruz-Orozco *et al.*, 1989).

1.7. Ambiente y perfiles de playa-duna

En el litoral de la Bahía de La Paz, los atributos morfológicos muestran una predominancia en los procesos eólicos y depositacionales, ya sea por corrientes marinas o escurrimientos fluviales. La abundancia de este ambiente al sur de la bahía está relacionada a la batimetría que disminuye paulatinamente hacia la barrera arenosa, provocando que el oleaje incidente del norte pierda fuerza al llegar a la costa, permitiendo que las corrientes costeras transporten y distribuyan el sedimento desde la margen oeste de la bahía hacia el este, depositándolo en las orillas de la barrera arenosa El Mogote (Velasco-García, 2009).

1.8. Huracanes y tormentas tropicales

Los ciclones tropicales son fenómenos que afectan las costas mexicanas desde varios puntos de vista: condiciones meteorológicas, operación de obras hidráulicas, control de inundaciones, protección civil, desarrollo sustentable de las comunidades, entre otras (CONAGUA 2012).

La atmósfera terrestre se encuentra en continuo movimiento, esencialmente por la falta de uniformidad de la energía que recibe del Sol, combinada con los movimientos de rotación y traslación del planeta, así como la inclinación de su eje. Un ciclón tropical es una manifestación extrema del flujo atmosférico alrededor de un centro de muy baja presión sobre la superficie terrestre (CONAGUA 2012).

Los ciclones tropicales inician su desarrollo como pequeñas perturbaciones atmosféricas en las zonas del planeta y en las épocas del año que cumplen con las condiciones necesarias para su formación e intensificación. En este momento se le conoce como una onda tropical cuando ya existe un flujo giratorio establecido, los ciclones tropicales continúan intensificándose bajo condiciones favorables. Continúan con su movimiento general de Este a Oeste con un ligero componente hacia el Norte (en el Hemisferio Norte de la Tierra). Cuando los vientos rebasan los 63 km/h, el meteoro se clasifica como una tormenta tropical. Si la tormenta llega a intensificarse lo suficiente para rebasar vientos de 119 km/h, entonces se le clasifica como huracán (CONAGUA 2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de ciclones según CONAGUA (2012).

Tipo	Terminología	Vientos Máximos en Km/h	Presión central (hPa)	Marea de tormenta (m)	Daños Potenciales	Índice de peligrosidad	Definición
0	Onda Tropical	...	...	...	Mínimos	...	Vaguarda o elongación con curvatura ciclónica formada en la corriente de los vientos alisios.
1	Perturbación Tropical	...	1008	...	Moderados	...	Sistema de convección organizada originada en los trópicos.
2	Depresión Tropical	<62 km/h	1005	...	Localmente destructivo	Moderado	Ciclón tropical en el que el viento en superficie es de 62 km/h o menos.
3	Tormenta Tropical	63 a 118 km/h	1004 a 985	Menos a 1.1	Destruyctivo	Moderado	Ciclón tropical bien organizado, de núcleo caliente con vientos de 63 a 118 km/h.
4	Huracán moderado	(Cat 1) 119 a 153 at 2) 154 a 177	984 a 980 979 a 965	1.2 a 1.5 1.6 a 2.4	Altamente destructivo	Fuerte	Ciclón tropical de núcleo caliente en el cual el viento máximo sostenido en superficie es de 119 km/h o más.
5	Huracán intenso	(Cat 3) 178 a 208 (Cat 4) 209 a 251 (Cat 5) =/>920	964 a 945 944 a 920 >920	2.5 a 3.6 3.7a 5.4 >5.4	Extremadamente destructivo	Severo	

1.9. Calentamiento global y el aumento del nivel del mar

Durante los últimos 400 mil años, el clima de la Tierra ha sido inestable, con temperaturas oscilantes de un clima cálido a una edad de hielo en tan sólo unas décadas. Sin embargo, estas variaciones han sido menos frecuentes en los últimos 10 mil años. De acuerdo con la evidencia disponible, es poco probable que la

temperatura media global haya variado más de 1° C en un siglo en el transcurso de este periodo. Gracias a estudios realizados en núcleos de hielo, se ha establecido una sólida correlación entre el contenido de CO₂ en la atmósfera y la temperatura terrestre; altas concentraciones atmosféricas de este gas han coincidido con incrementos en la temperatura media global. (Estrada-Porrúa, 2001).

Recientemente se ha advertido que las modificaciones globales de las condiciones naturales pueden generar cambios severos en los diferentes tipos de ecosistemas (ITESM-Guaymas, 1993).

La incidencia de sucesos climáticos extremos está aumentando en algunas partes del mundo; los episodios de El Niño han sido más frecuentes, persistentes e intensos desde mediados de la década de los años 70, comparados con los observados durante el siglo pasado (Estrada-Porrúa, 2001).

La deducción más inmediata del efecto de dicho calentamiento, es la posible fusión de los casquetes de Groenlandia y de la Antártida en un futuro, y como consecuencia la subida global del nivel del mar. Sin embargo las investigaciones que hasta ahora se han realizado comparando situaciones similares a las del presente interglaciar Holoceno, así como los diferentes modelos utilizados con el fin de predecir los futuros escenarios climáticos y del nivel del mar, aún presentan numerosas incertidumbres debido a la complejidad del funcionamiento del sistema climático, lo que impide incluso el poder determinar hasta qué grado la actividad humana está alterando el clima, o si este cambio es de origen natural (Zazo, 2006).

La tendencia de la subida del nivel del mar en el siglo 20 ha sido de 1.7 mm/año que podría producir un aumento de 0.15 m del 2010 al 2100 (Houston y Dean, 2011), pero debido a la compleja actividad tectónica, la subsidencia y la extracción de petróleo, los valores fluctúan de 1.0 cm/año en Texas a 0.3 cm/año en México (Engelen *et al.*, 1993).

Se propone una altura de 3 m sobre el NMM, con el fin de preservar por muchos años la vida útil de la isla, además el desplante de las residencias podría estar sostenidas sobre pilotes que le den más altura. De acuerdo a la literatura de los estudios previos que se han realizado sobre la subida del nivel del mar y

considerando que en la Bahía de La Paz la pleamar máxima registrada es de 1.329 m (Anónimo 1985), serían necesarios 726 años para que esta se convirtiera en un bajo.

1.10. Características sísmicas

La parte sur de la Península de Baja California representa una zona tectónicamente activa por la existencia de un sistema de fallas principalmente normales y de rumbo asociadas a centros de expansión de fondo oceánico en el Golfo de California. Estos sistemas forman estructuras tectónicas de horst, graben y medio graben, las cuales permiten que afloren unidades estratigráficas más antiguas y que se formen cuencas hidrológicas (Fig. 43) (Fletcher *et al.*, 2003).



Figura 43. Principales sistemas de fallas en la República Mexicana.

1.10.1. Sismicidad de la región

La región de La Paz-Los Cabos está localizada en la parte más al sur de la Península de Baja California, la cual está compuesta de un gran bloque central de

rocas plutónicas y metamórficas del Mesozoico, que forman la Sierra de La Laguna, el área está cortada por fallas transpeninsulares que controlan la geometría de cuencas cuaternarias y dividen el área en distintos bloques tectónicos, algunas de las principales estructuras son: Falla El Carrizal, Falla San Juan de Los Planes, Falla San Bartolo, Falla San José del Cabo y el lineamiento La Paz (Fig. 44). Las fallas tienen rumbo N-NO y su nombre proviene de los poblados o comunidades que están por donde pasan (Fletcher y Munguía, 2000).

La Falla La Paz, está localizada a lo largo del lado este de la cuenca La Paz–El Carrizal (Aranda-Gómez y Pérez-Venzor, 1989). Los temblores más fuertes ocurridos en la región, son interpretados como asociados al movimiento fuera de costa de la extensión de la falla La Paz (Molnar, 1973; Munguía *et al.*, 1992).

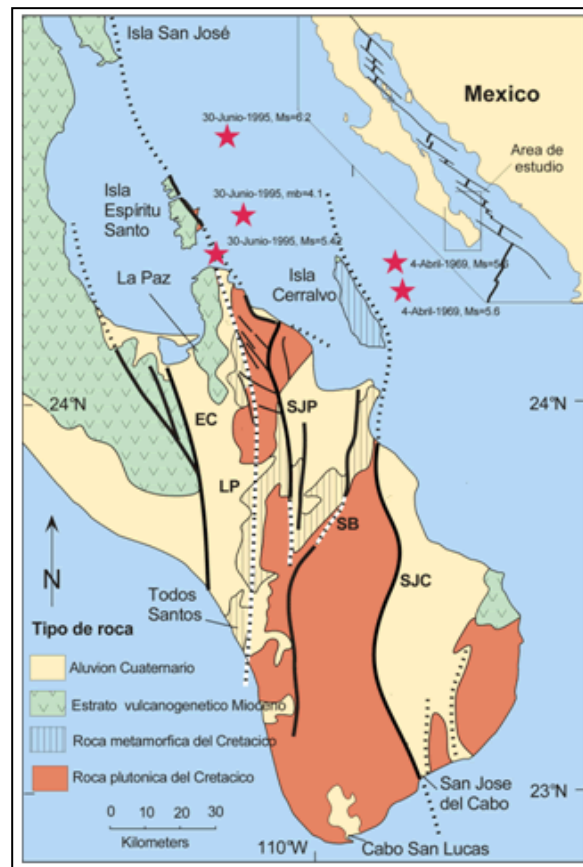


Figura 44. Mapa geológico de la región La Paz-Los Cabos mostrando la distribución de las principales estructuras: EC, Falla El Carrizal; LP, Lineamiento La Paz; SJP, San Juan de Los Planes; SB, Falla San Bartolo; SJC, Falla San José del Cabo. Se muestra los epicentros de los temblores más fuertes ocurridos en la región (Molnar, 1973, Munguía *et al.*, 1992 y Fletcher y Munguía, 2000).

1.11. Calidad del agua en la Ensenada de La Paz

1.11.1. Coliformes totales y fecales

La calidad del agua es un término que refiere a la composición del agua o a sus contenidos, los cuales son afectados por procesos naturales y por actividades humanas. Los niveles permitidos de cada sustancia son fijados de acuerdo al uso específico al que el agua es destinada. En el caso del agua potable y de uso recreativo, los límites tolerables son normados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro (Martínez-Díaz, 2010) (tabla 2).

Tabla 2. Niveles máximos permitidos para coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) de acuerdo con las normas oficiales vigentes para diferentes usos de agua.

CT	CF	Tipo de agua o fuente
70	14	Área aprobada para la producción de moluscos bivalvos
700	88	Área restringida para la producción de moluscos
2000	1000	Agua para uso recreativo
5000		Agua de contacto secundario
	230	Moluscos

Las unidades para el agua son en NMP/100 ml y para moluscos es de NMP/100 g.

En un estudio realizado por Martínez Díaz (2010), se procesaron 44 muestras correspondientes a 11 estaciones que se encontraban dentro de la Ensenada de La Paz, para conocer la calidad del agua de la ensenada. En los resultados obtenidos en dicho estudio se pudo observar que en septiembre y diciembre se presentó un fenómeno que refleja el incremento de la contaminación de la ensenada debido al arrastre de aguas residuales de la Ciudad de La Paz, coincidente con la precipitación que se presenta en estos meses superando

significativamente los límites máximos que permite la norma para agua de contacto directo con humanos en actividades recreativas.

Los resultados obtenidos, muestran que de acuerdo a la norma vigente, en la mayor parte del año, el agua de la Ensenada de La Paz, cumple con las características sanitarias adecuadas para los propósitos que actualmente se le dan, esto es, para actividades turísticas y de navegación ya que de acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CCE-CCA-001-1989, el conteo de coliformes en la Ensenada de La Paz es menos de 200 coliformes fecales NMP/100 ml de agua (Martínez-Díaz, 2010).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región costera tiene un importante potencial para desarrollos principalmente turísticos, siempre y cuando se preserven los ecosistemas y se trate de conservar el equilibrio entre la población y el medio ambiente que la rodea. El problema a resolver es ganar terreno al mar en condiciones favorables para el ecosistema, construyendo una isla artificial con zona de playa, con un ambiente natural a partir del análisis de las variables físicas. Se propone como una herramienta para la creación de nuevos espacios de costa (playa) que sean habitables y de recreación turística, con el fin de mitigar la explotación del litoral natural, que ocasiona cambios en el ecosistema y el deterioro de las zonas costeras.

3. HIPÓTESIS

Frente a Punta Comitán existen las condiciones físicas necesarias para la construcción y desarrollo de una isla artificial con zona de playa, sin causar modificaciones significativas a la hidrodinámica de la laguna.

4. JUSTIFICACIÓN

¿Por qué hacer una isla artificial en Baja California Sur, si existe espacio en tierra firme?

El Estado de Baja California Sur tiene 73,909 km² de extensión territorial lo que representa el 3.8% de la superficie del país y cuenta con 2,131 km de litoral, teniendo el 19.2 % de las costas nacionales (INEGI 2014). Su población está integrada por 637,026 habitantes, con una densidad de población de 8.6 habitantes/km² (INEGI, 2011). En el estado de Baja California Sur, los desarrollos y el crecimiento poblacional significativo solo se presenta en ciudades como La Paz, Loreto, San José y Cabo San Lucas, siendo éstos los principales polos de desarrollo turístico y de infraestructura, ya que cuentan con todos los servicios y acceso a vías de comunicación.

Baja California Sur es un estado con muchos atractivos turísticos y grandes extensiones de playas, donde en los últimos años el desarrollo y la creciente demanda por el litoral es muy notorio. El acceso a las playas es cada vez más restringido y los espacios de costa cerca de la ciudad ya están en su mayoría ocupados. Los desarrollos residenciales costeros se destacan por hacer uso de concesiones de las costas frente al mar, considerando la zona federal como propiedad para el desarrollo de sus actividades, esto en principio ocasiona cambios físico-biológicos en la estructura de la costa. Además, socialmente estos desarrollos acaparan la zona federal, dejando poco espacio de recreación para la población local (Nava-Escudero, 2006).

En virtud de que se prevé un incremento en la demanda de la zona costera en el Municipio de La Paz, este proyecto es una propuesta para obtener línea de costa a través del desarrollo de una isla artificial para uso residencial turístico, buscando la manera de englobar las necesidades y preferencias de los turistas cuando quieren adquirir una propiedad en la playa. El desarrollo residencial se construiría sobre terreno ganado al mar en una isla con zona de playa, lo que significa que no se edificaría sobre la costa existente, de esta manera se crearían

nuevos espacios de playa en la zona turística de la Ciudad de La Paz. Las características esenciales para la creación de este proyecto son aguas cristalinas, poco profundas, pero con acceso a un canal de navegación, oleaje pequeño, tranquilidad del lugar, acceso a servicios primarios como luz, agua, teléfono, internet, televisión por cable, servicios públicos, clínicas, hospitales, centros comerciales, estaciones de servicio, acceso a vías de comunicación como aeropuertos, carreteras y puertos de navegación. Se podrá arribar al lugar en automóvil a través de un puente de dos carriles, con embarcaciones menores e inclusive, se podrían fondear yates cerca del desarrollo.

5. OBJETIVO GENERAL

Proponer la construcción de una isla artificial con una zona de playa apropiada para el desarrollo de un conjunto habitacional de carácter ecoturístico, con base en las variables físicas, para proporcionar el ambiente que caracteriza a la zona costera.

5.1. Objetivos particulares

- Analizar y aplicar los lineamientos administrativos del marco jurídico para ganar terreno al mar.
- Evaluar las variables físicas que caracterizan la construcción de una isla artificial.
- Determinar las dimensiones de la isla artificial, con base en las características físicas del área de estudio, de manera que este desarrollo sea factible y de mínimo impacto.
- Proponer un modelo conceptual para construir la isla artificial frente a Punta Comitán.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1. Localización y características de la Ensenada de La Paz

La Ensenada de La Paz es una laguna costera que se localiza al sur de la Bahía de La Paz en el Estado de Baja California Sur, en las coordenadas de 24° 06' hasta 24° 10.5' N y 110° 18.5' a 110° 26.3' W (Fig. 45). Tiene una longitud aproximada de 12 km y 5 km de ancho. Con un área aproximada es de 45 km², con respecto al nivel medio del mar (NMM) (Obeso-Nieblas *et al.*, 1993). La ensenada se encuentra separa de la bahía por una barrera arenosa denominada El Mogote de aproximadamente 12 km de largo en dirección este-oeste y de 2.67 km en su parte más ancha. Se considera a La Ensenada de La Paz como una laguna costera con circulación antiestuarina (Aguirre-Bahena, 2002). El fondo es limo-arenoso con algunos cantos en la porción noroccidental donde desemboca el estero Zacatecas (Félix, 1976).

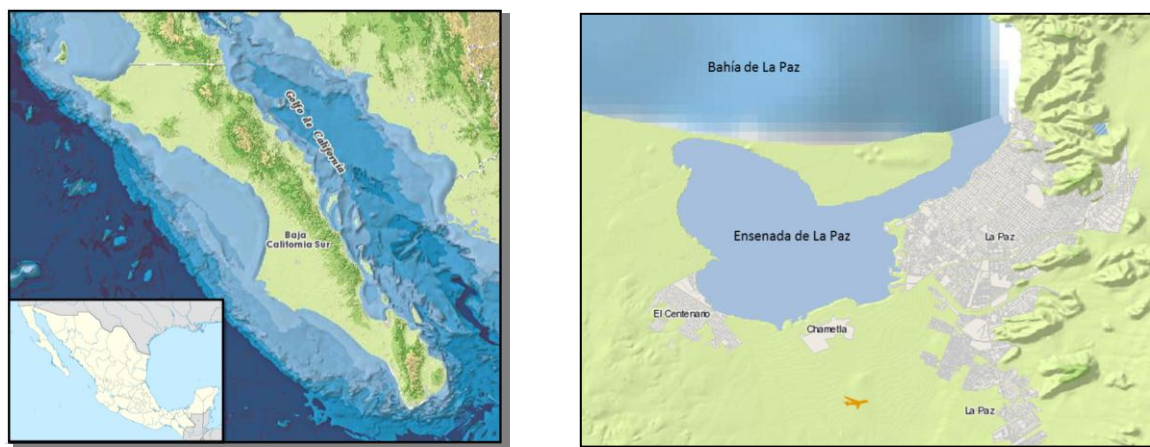


Figura 45. Localización de la Ensenada de La Paz, B.C.S., México (INEGI, 2013).

6.2. Formación de la Ensenada de La Paz

Los elementos geomorfológicos de una laguna costera se han establecido como: 1) la barrera, 2) la boca y 3) la depresión (Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989). Su origen se evalúa por la fisiografía, los controles geológicos, las

condiciones atmosféricas y la oceanografía costera. Su formación se debe a tres eventos en la era cuaternaria, el primero ocurrió hace 80 mil años, cuando el mar se encontraba de 5 a 8 m debajo del nivel actual, estabilizando la construcción de la elevada topografía de depósitos deltaicos en el pleistoceno. El segundo evento fue hace 18 mil años encontrándose el mar a 130 m debajo del nivel actual. La plataforma continental actual se expuso luego a procesos terrestres atmosféricos: valles y cañones fueron erosionados, la sedimentación fluvial ocurrida en las llanuras aluviales y los deltas produjeron zonas de erosión de suelos. Y en el tercer evento que ocurrió hace 5 mil años, la transgresión bajo y el nivel del mar se recuperó quedando a cuatro m del nivel actual. En esta etapa se dieron los procesos de construcción de barreras, comenzaron a formar la parte estrecha de la plataforma interna y las depresiones inundadas. Los sedimentos terrígenos y marinos llegaron a progradar lentamente la línea de costa, iniciando así la regresión del Holoceno. Los principales ríos pronto llenaron sus antiguas bahías.

La Ensenada de La Paz es una laguna costera originada en una depresión inundada dentro del margen continental y protegida por una barrera arenosa (El Mogote). Estas barreras habitualmente se encuentran paralelas a la costa y la laguna suele ser de poca profundidad, no tienen escorrentías y la energía más alta se presenta en los canales (Lankford, 1976) (Fig. 46).

6.3. Formación de puntas arenosas

Según Long y Hughes (1995) la formación de barreras arenosas responde a dos sistemas de onda dominantes, estos promontorios se pueden encontrar en todo el mundo y se forman comúnmente por el oleaje dominante. Son frecuentemente asociados a un banco de arena hacia el mar que se extiende bajo el agua (Shepard y Wanless, 1971). En el caso de El Mogote que es la barrera arenosa que se encuentra frente a la Ensenada de La Paz se formó por el transporte litoral de corrientes generadas por oleajes y mareas (Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989) (Fig. 46). Para Punta Comitán el oleaje dominante proviene del

noreste en el invierno y del sur en el verano, lo que contribuye a la consolidación de la punta arenosa.

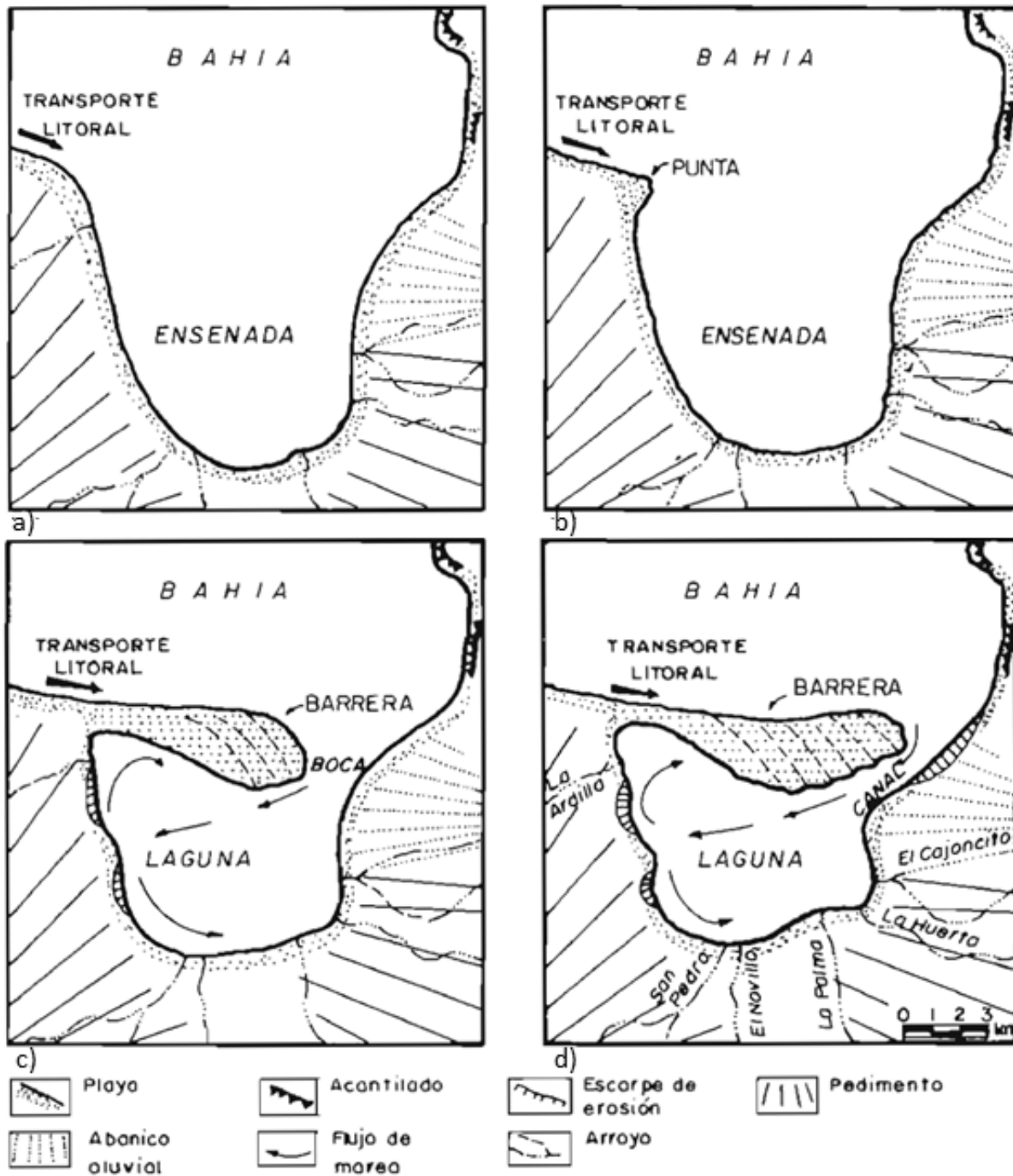


Figura 46. Origen y evolución de La Ensenada de La Paz: (a) Paleogeomorfología hace más de 7 mil años, (b) formación de la punta entre 6 a 5 mil años antes del presente, la cual sería la base para el desarrollo de la barrera arenosa, (c) formación de la laguna y (d) evolución de la laguna hacia su morfología actual. Tomadas de Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989.

6.4. Geomorfología

Morfológicamente la Ensenada de La Paz presenta dos zonas distintas en su conexión con la Bahía de La Paz; existen dos canales paralelos de aproximadamente 4 km de longitud y 0.6 km de ancho, con una profundidad media de 7 m, los cuales no presentan áreas de almacenamiento (Fig. 47). El resto de la laguna se puede esquematizar como una red simple de canales con áreas de almacenamiento someras de 10 y 20 cm de profundidad con respecto al NMM, las cuales en las partes noroeste y sur resultan ser extensas (Jiménez-Illescas, 1983; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993).

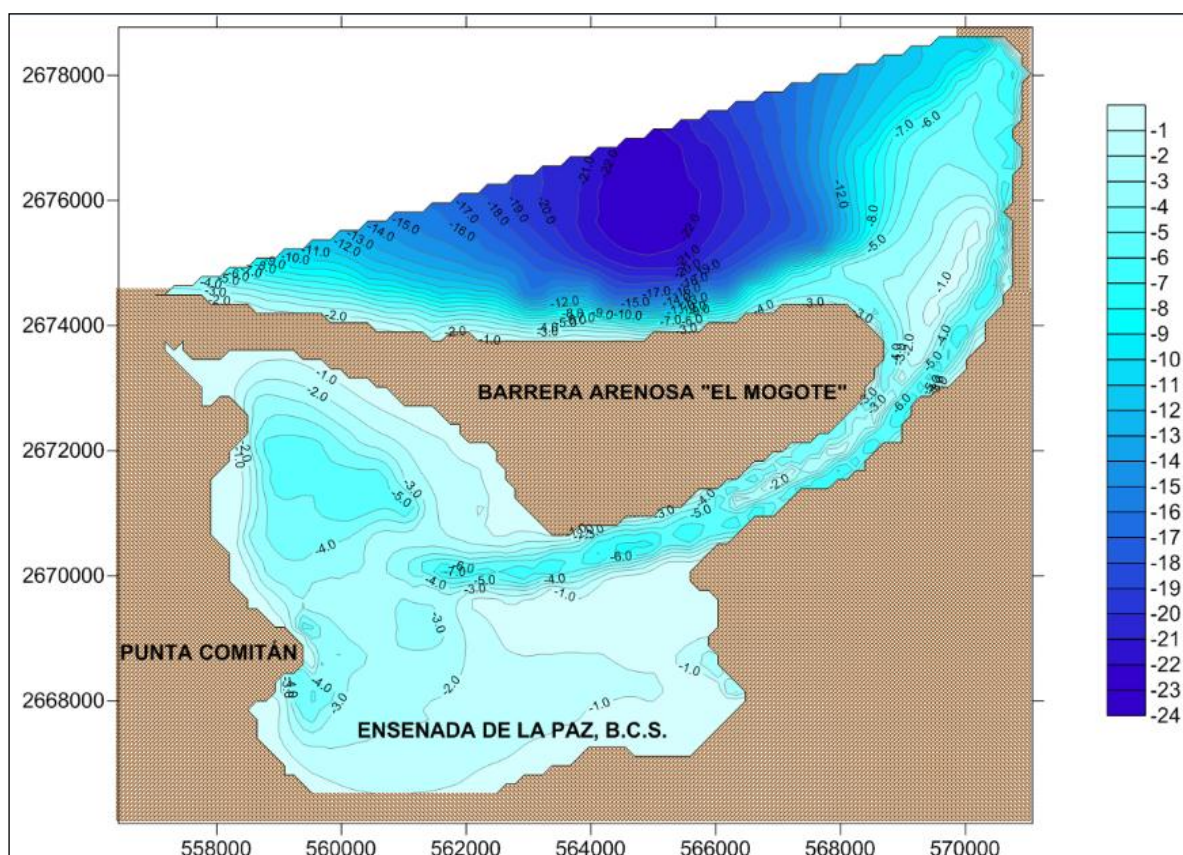


Figura 47. Mapa batimétrico de la Ensenada de La Paz.

6.5. Vientos

En la Ensenada de La Paz, los vientos soplan por la mañana del noroeste durante los meses de noviembre a mayo y después del crepúsculo cambian a vientos del sur; durante el resto del año los vientos del sureste y suroeste son los dominantes (Anónimo, 1978 y Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, 1989) conocidos comúnmente como Coromueles y del Noreste (Collas) (Obeso-Nieblas *et al.*, 2007). Las calmas son frecuentes en primavera y verano (Anónimo, 1978). Las velocidades de los vientos dominantes son de 4-6 m/s (García y Mosiño, 1968).

6.6. Clima

El área de estudio tiene un tipo de clima seco y árido BW (h') (Espinoza-Avalos, 1979; Jiménez-Quiroz, 1991; Obeso *et al.*, 2008), cálido y muy cálido, se localiza en la zona árida desértica (INEGI, 2013) (Fig. 48), con un periodo de lluvias de agosto a diciembre y precipitación anual promedio de 180 mm (Obeso-Nieblas, 2003; Obeso-Nieblas *et al.*, 2008). También se registran lluvias en invierno, principalmente en diciembre (Robles-Gil, 1988). La precipitación máxima es en septiembre (60 mm) (Salinas-Zavala *et al.*, 1990). La temperatura media anual es de 19.7°C, mínima de 2°C (diciembre-febrero), y máxima 43°C (agosto/septiembre) (García, 1973). Las corrientes fluviales reciben agua solo episódicamente durante las escasas lluvias de verano y eventos de alta energía como ciclones y tormentas tropicales. La temporada de huracanes inicia el 15 de mayo y termina el 15 de noviembre, su punto culminante agosto y septiembre (Robles-Gil, 1998; WOM, 2014). La evaporación de la Ensenada de La Paz tiene un total anual de 215 mm que excede la precipitación (Obeso-Nieblas, 2003).

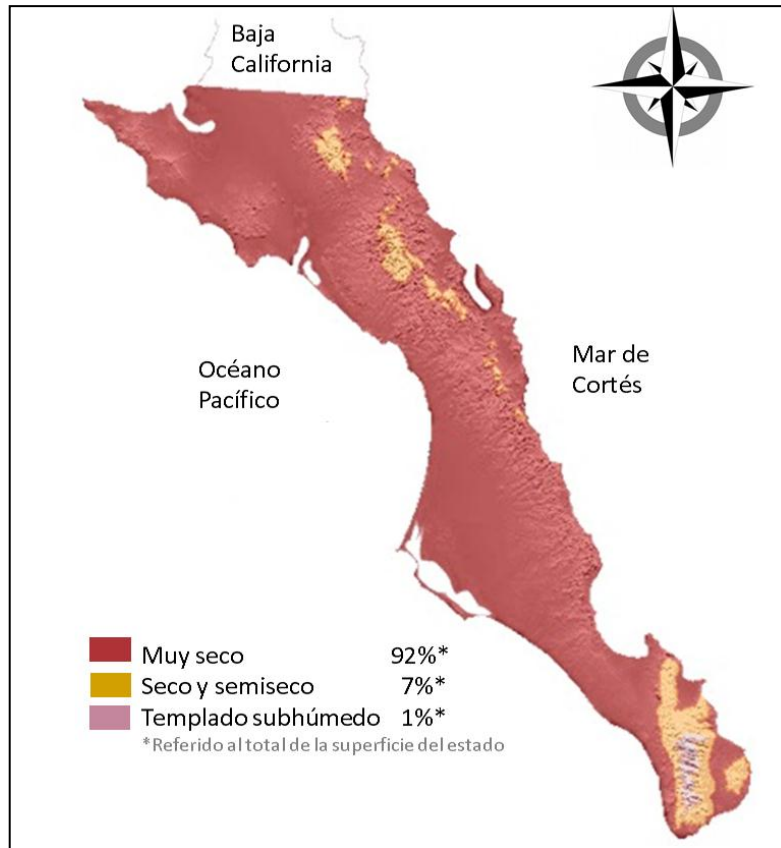


Figura. 48. Principales climas en la región (INEGI, 2013).

6.7. Mareas

El régimen de mareas en la zona se ha caracterizado como mixto semidiurno (García-Pámanes, 1978; Obeso-Nieblas, 1986; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993; Obeso-Nieblas, 2003), siendo la constituyente principal de la marea la M^2 (Instituto de Geofísica, 1978).

En la Ensenada de La Paz, las principales componentes armónicas de la marea son: M_2 , S_2 , N_2 y K_2 , K_1 , O_1 y P_1 (Tabla 3) (Grivel y Grivel, 1983; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993). La pleamar máxima registrada fue de 1.329 m y la bajamar mínima registrada fue de -0.987 m, referidos al nivel medio del mar (Anónimo, 1985).

El tiempo de residencia del agua en la Ensenada de La Paz es de 5.4 periodos de marea, este sería suficiente para renovar el agua si la ensenada

tuviera un sistema de mezcla y circulación efectivo, pero sus extensas áreas someras no lo permiten y solo presenta una circulación de bombeo por marea, perturbada por las condiciones de viento local (Salinas-Zavala, 2000).

Tabla 3. Principales componentes armónicas semidiurnas y diurnas en la Ensenada de La Paz.

CONSTITUYENTE	FASE	AMPLITUD
semidiurnas	grados	metros
M2	274.29	0.239
S2	271.59	0.179
N2	274.8	0.05
K2	267.86	0.059
diurnas	grados	metros
K1	83.91	0.25
O1	81.08	0.171
P1	84.69	0.081

6.8. Oleaje

La Ensenada de La Paz se encuentra separada de la Bahía de La Paz por la barrera arenosa conocida como El Mogote, que protege a la ciudad de La Paz y la ensenada, además funciona como una barrera natural contra fenómenos como las tormentas y oleaje de fondo producto de huracanes. En general sus aguas presentan poco oleaje, lo que permite que en la porción sur de la ensenada el sedimento fino se deposite y forme una planicie de inundación, donde las aves playeras se alimentan. El oleaje promedio en la ensenada es en general menor a 5 cm, es de destacar que el 13 de julio de 1995 se registró un oleaje máximo de 30 cm de altura con un período de 21 segundos, frente a Punta Comitán (Obeso-Nieblas, 1995 y 1996),

6.9. Salinidad

La distribución de salinidad en bajamar y pleamar presentó los valores mínimos en general en la entrada y los máximos hacia el sur de la ensenada. En la parte norte, donde existe la zona de más profundidad se observa en marea alta mayor homogeneidad en los valores. Lo anterior sugiere la influencia de la batimetría en la distribución de salinidad. En bajamar los valores extremos fueron 36.42 ups y 38.17 ups (estación 4 y 14) y en pleamar 35.43 ups y 38.83 ups en las estaciones 2 y 15 (Espinoza-Avalos, 1979).

6.10. Fenómeno de brisa

El fenómeno de “brisa” es importante en la región y es producto de la diferencia de disipación de la energía en la frontera mar-tierra. Esto se presenta en el verano durante el día, cuando la temperatura de la tierra supera marcadamente a la del mar. Este contraste da lugar a que el aire que está sobre el mar, sea más frío que el que está sobre la tierra, y por lo tanto se produce un desplazamiento de aire marítimo hacia la tierra, cambiando la dirección e intensidad del viento y produciendo una notoria disminución de temperatura (Obeso-Nieblas *et al.*, 2002).

6.11. Flora y fauna

6.11.1. Vegetación terrestre

La vegetación del salitral de Punta Comitán se encuentra dominada por plantas suculentas y halófitas de la subfamilia de las *Salicornioideae* como: *Abronia marítima* (Fig. 49a), *Salicornia europea* (Fig. 49b) y *Batis marítima* (Fig. 49c). Éstas plantas se pueden encontrar a unos 50 m de la playa (Roberts, 1989). En las áreas de dunas estables el tipo de vegetación que se puede encontrar

es *Matricaria marítima* (Fig. 50a), *Atriplex barclayana* (Fig. 50b) y *Distichlis spicata* (Fig. 50c).



Figura 49. a) *Abronia marítima*, b) *Salicornia europea*, c) *Batis marítima*.

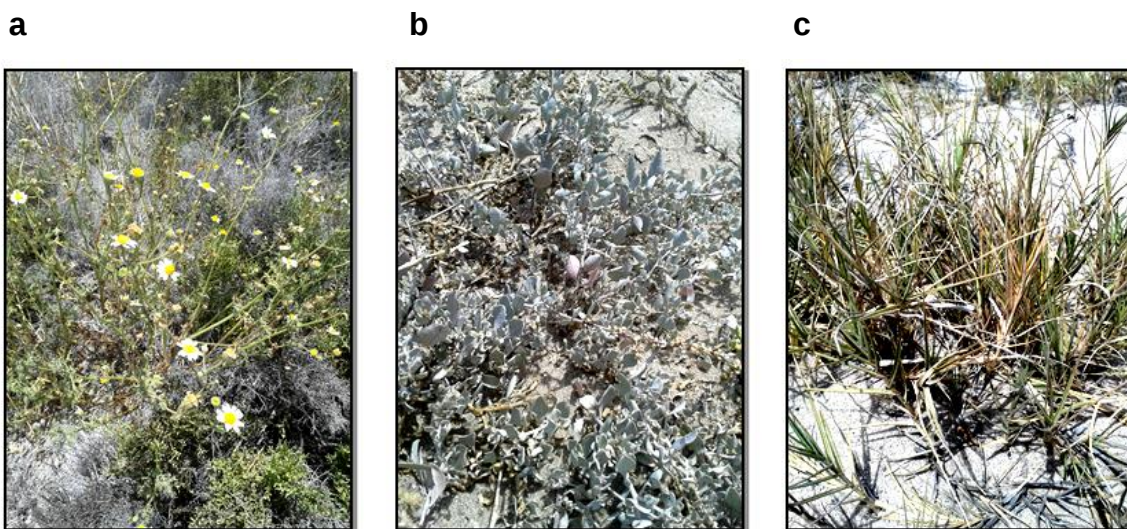


Figura 50. a) *Matricaria marítima*, b) *Atriplex barclayana*, c) *Distichlis spicata*.

6.11.2. Mangles

En el ecosistema de la Ensenada de La Paz, se encuentran las especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*) (Maeda, 1981). El sistema cuenta con una zona lodosa plana que da hacia el mar, la cual queda expuesta durante la marea

baja. A esta zona es donde regularmente concurren diversas aves costeras a alimentarse. La fronda de la comunidad de mangle es usada por especies de aves terrestres como criaderos y para pernoctar (Mendoza-Salgado *et al.*, 2002). Para el área específica del Comitán (Fig. 51) se pueden encontrar cuatro comunidades de manglar en los cuales habitan el mangle blanco (Fig. 52a) y el mangle negro (Fig. 52b). La comunidad más grande tiene un área aproximada de 33,400 m² y la más cercana se encuentra a 330 m con una superficie de 270 m².



Figura 51. Localización de zonas de manglar en Punta Comitán.

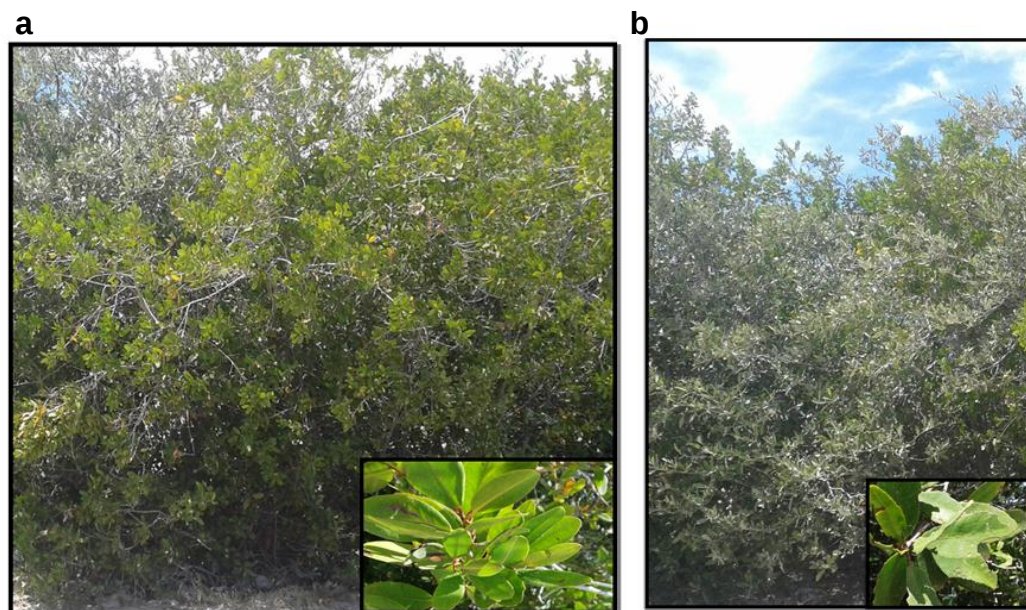


Figura 52. a) Mangle blanco, b) Mangle negro.

6.11.3. Vegetación marina

En Punta Comitán la flora marina está integrada por *Ulva intestinalis* (Fig 53a), *Ulva clathrata* (Fig. 53b), *Ulva lactuca* (Fig 53c), *Laurencia pacífica* (Fig. 53d), *Sargassum sinicola* (Fig. 53e), *Rosenvingea intricata* (Fig. 53f), *Acetabularia parvula* (Fig. 53g) y *Spyridia filamentosa* (Fig. 53h).

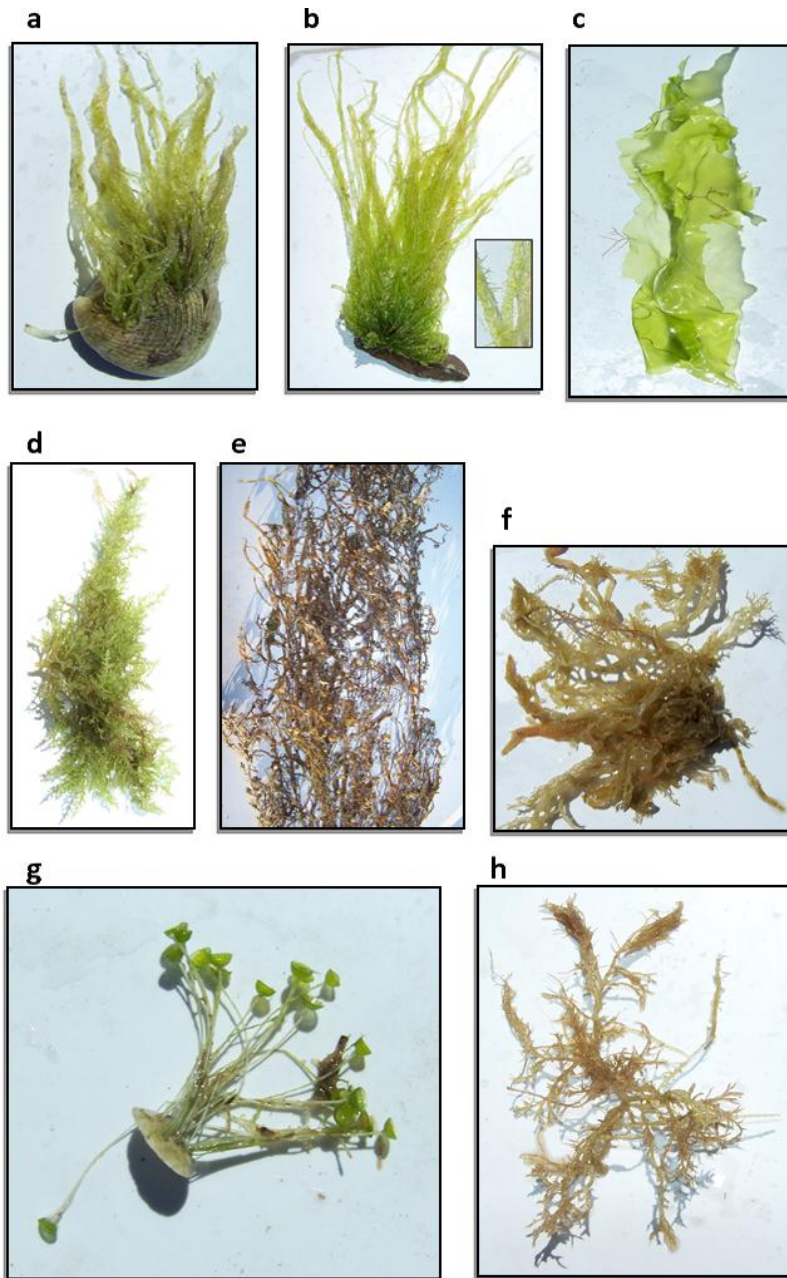


Figura 53. a) *Ulva intestinalis*, b) *Ulva clathrata*, c) *Ulva lactuca*, d) *Laurencia pacífica*, e) *Sargassum sinicola*, f) *Rosenvingia intricata*, g) *Acetabularia párvula*, h) *Spyridia filamentosa*.

6.12. Ictiofauna

Malpica-Maury (1991) determinó la abundancia de la ictiofauna accesible a redes de arrastre en la Ensenada de La Paz reportó 42 especies, representantes de 36 géneros en 26 familias (Tabla 4).

Tabla 4. Lista de peces de fondo en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Listado sistemático de acuerdo a Nelson (1994).

CLASE: CHONDRICHTHYES	ORDEN: SCORPAENIFORMES	FAMILIA: MULLIDAE
ORDEN: RAJIFORMES	FAMILIA: SCORPAENIDAE	<i>Mulloidichthys dentatus</i>
FAMILIA RHINOBATIDAE	<i>Sebastes cortezi</i>	FAMILIA: EPHIPPIDIDAE
<i>Rhinobatos glaucostigma</i>	FAMILIA: TRIGLIDAE	<i>Chaetodipterus zonatus</i>
FAMILIA UROLOPHIDAE	<i>Prionotus horrens</i>	FAMILIA: SCARIDAE
<i>Urobatis halleri</i>	ORDEN: PERCIFORMES	<i>Nicholsina denticulata</i>
<i>Urobatis maculatus</i>	FAMILIA: SERRANIDAE	ORDEN PLEURONECTIFORMES
FAMILIA: GYMNURIDAE	<i>Diplectrum pacificum</i>	SUBORDEN: PLEURONECTOIDEI
<i>Gymnura marmorata</i>	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	FAMILIA: PARALICHTHYIDAE
CLASE: OSTEICHTHYES	FAMILIA: LUTJANIDAE	<i>Cyclopsetta panamensis</i>
ORDEN: CLUPEIFORMES	<i>Hoplopagrus guentheri</i>	<i>Etropus crossotus</i>
FAMILIA: CLUPEIDAE	<i>Lutjanus aratus</i>	<i>Paralichthys woolmani</i>
<i>Opisthonema libertate</i>	FAMILIA: GERREIDAE	FAMILIA: CYNOGLOSSIDAE
FAMILIA: ENGRAULIDAE	<i>Diapterus peruvianus</i>	<i>Symphurus leei</i>
<i>Anchoa ischana</i>	<i>Eucinastomus gracilis</i>	<i>Symphurus chabanaudi</i>
ORDEN: SILURIFORMES	<i>Eugerres axillaris</i>	FAMILIA: ACHIRIDAE
FAMILIA: ARIIDAE	FAMILIA: HAEMULIDAE	<i>Achirus mazatlanus</i>
<i>Arius platypogon</i>	<i>Haemulon scudleri</i>	ORDEN: TETRAODONTIFORMES
ORDEN: AULOPIIFORMES	<i>Haemulopsis elongatus</i>	SUBORDEN: TETRAODONTOIDEI
FAMILIA: SYNODONTIDAE	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	FAMILIA: BALISTIDAE
<i>Synodus scituliceps</i>	<i>Orthopristis cantharinus</i>	<i>Balistes polylepsis</i>
ORDEN: SYNGNATHIFORMES	<i>Orthopristis chalceus</i>	FAMILIA: TETRAODONTIDAE
<i>Hippocampus ingens</i>	<i>Pomadasys macracanthus</i>	<i>Sphoeroides annulatus</i>
<i>Syngnathus californiensis</i>	<i>Pomadasys panamensis</i>	<i>Sphoeroides</i> sp.
ORDEN: MUGILIFORMES	<i>Xenichthys xanti</i>	FAMILIA: DIODONTIDAE
FAMILIA: MUGILIDAE	FAMILIA: SPARIDAE	<i>Diodon holocanthus</i>
<i>Mugil cephalus</i>	<i>Calamus brachysomus</i>	

En Punta Comitán se registraron como abundantes *Achirus mazatlanus* (24.03%) (Fig. 54a), *Paralabrax maculatofasciatus* (22.04%) (Fig. 54b) y *Diapterus peruvianus* (19.35%) (Fig. 54c). Otras especies fueron *Xenichthys xanti* (6.89%) (Fig. 54d), *Synodus scituliceps* (5.74%) (Fig. 54e) y *Eucinostomus gracilis* (5.23%) (Fig. 54f). En biomasa, además de estas especies destacaron *Gymnura marmorata* (Fig. 54g) y *Urobatis halleri* (Fig. 54h) (Malpica-Maury, 1999).

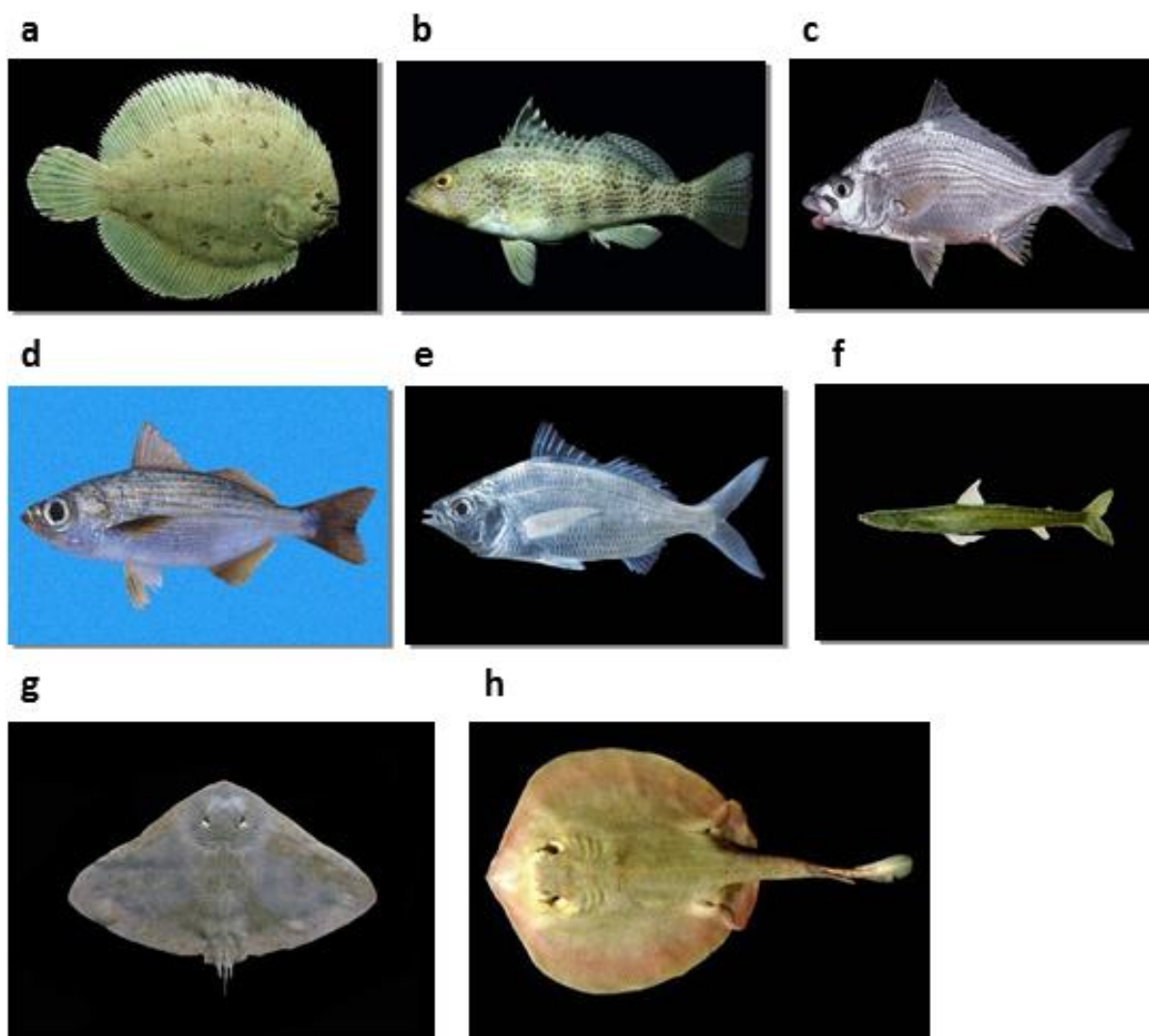


Figura 54. a) *Achirus mazatlanus*, b) *Paralabrax maculatofasciatus*, c) *Diapterus peruvianus*, d) *Xenichthys xanti*, e) *Synodus scituliceps*, f) *Eucinostomus gracilis*, g) *Gymnura marmorata*, h) *Urobatis halleri*. Tomada de Malpica-Mauri, 1991.

6.13. Moluscos

García-Domínguez (1991) registró 71 especies de moluscos (46 bivalvos, 21 gasterópodos, 2 cefalópodos, 1 escafópodo y 1 poliplacóforo) (Tabla 5), Mientras que Pérez-Navarrete (1995) registró 26 especies de moluscos bivalvos pertenecientes a cuatro órdenes y 13 familias en la Ensenada de La Paz (Tabla 6).

Tabla 5. Especies de moluscos en la Ensenada de La Paz (García-Domínguez, 1991).

BIVALVOS	<i>Mytella guyanensis</i>	<i>Polinices recluzianus</i>
<i>Solen rosaceus</i>	<i>Transenella modesta</i>	<i>Eupleura muriciformis</i>
<i>Tagelus affinis</i>	<i>Reata undulata</i>	<i>Oliva spicata</i>
<i>Tagelus politus</i>	<i>Diplodonta</i> sp.	<i>Nassarius versicolor</i>
<i>Donax navicula</i>	<i>Codakia distinguenda</i>	<i>Nassarius luteostoma</i>
<i>Chione undatella</i>	<i>Tellina ochracea</i>	<i>Crepidula onix</i>
<i>Chione gnidia</i>	<i>Psammotreta mazatlanica</i>	<i>Olivella steveni</i>
<i>Chione mariae</i>	<i>Feliniella sericata</i>	<i>Olivella</i> sp.
<i>Trigoniocardia granifera</i>	<i>Macra californica</i>	<i>Cantharus pallidus</i>
<i>Trigoniocardia biangulata</i>	<i>Lithophaga aristata</i>	<i>Bulla gouldiana</i>
<i>Laevicardium elenense</i>	<i>Semele guaymasensis</i>	<i>Crepidula incurva</i>
<i>Ventricolaria isocardia</i>	<i>Atrina maura</i>	<i>Strombina gibberula</i>
<i>Megapitaria squalida</i>	<i>Anomia peruviana</i>	<i>Acteocina carinata</i>
<i>Dosinia dunkeri</i>	<i>Isognomon janus</i>	<i>Terebra</i> sp.
<i>Dosinia ponderosa</i>	<i>Leavicardium elatum</i>	<i>Caliptrea conica</i>
<i>Trachycardium panamense</i>	<i>Modiolus capax</i>	<i>Muricopsis armatus</i>
<i>Lucina undatoides</i>	<i>Arcopsis solida</i>	CEFALOPODOS
<i>Lucina lampra</i>	<i>Cardida affinis</i>	<i>Octopus digueti</i>
<i>Lucina prolongata</i>	<i>Brechidontes semilaevis</i>	<i>Octopus hubbsorum</i>
<i>Divalinga eburnea</i>	<i>Ostrea palmula</i>	ESCAFOPODOS
<i>Lima orbigny</i>	<i>Chione californiensis</i>	<i>Dentalium semipolitum</i>
<i>Nuculana impar</i>	GASTROPODOS	POLIPLAFOPODOS
<i>Tagelus longissinuatus</i>	<i>Cerithium stercusmuscarum</i>	<i>Cheatopectera</i> sp.
<i>Protothaca grata</i>	<i>Epitonium</i> sp.	
<i>Anadara multicostrata</i>	<i>Theodoxus luteofasciatus</i>	
<i>Anadara perlabiata</i>	<i>Natica chemnitzii</i>	

Tabla 6. Especies de moluscos bivalvos en la Ensenada de La Paz (Pérez-Navarrete, 1995).

<i>Corbula esmeralda</i>	<i>Semele guaymasensis</i>
<i>Trigoniocardia granifera</i>	<i>Trachycardium panamense</i>
<i>Nucula na impar</i>	<i>Donax navicula</i>
<i>Cumingia pacifica</i>	<i>Lucina cancelaris</i>
<i>Lucina prolongata</i>	<i>Diplodonta sp.</i>
<i>Nucula declivis</i>	<i>Megapitaria squalida</i>
<i>Lucina lampra</i>	<i>Trigoniocardia biangulata</i>
<i>Abra tepocana</i>	<i>Tagelus politus</i>
<i>Laevicardium elenense</i>	<i>Arcopsis solida</i>
<i>Chione californiensis</i>	<i>Tellina inaequistriata</i>
<i>Cyclinella jadisi</i>	<i>Anadara perlabiata</i>
<i>Anadara multicostata</i>	<i>Chione mariae</i>
<i>Felaniella sericata</i>	<i>Lucina undatoides</i>

De acuerdo a las especies registradas por Pérez-Navarrete (1995), frente a Punta Comitán se pueden encontrar *Corbula esmeralda* (Fig. 55a), *Leavicardium elenense* (Fig. 55b), *Chione californiensis* (Fig. 55c) y *Lucina cancelaris*, siendo estas especies de las más abundantes.

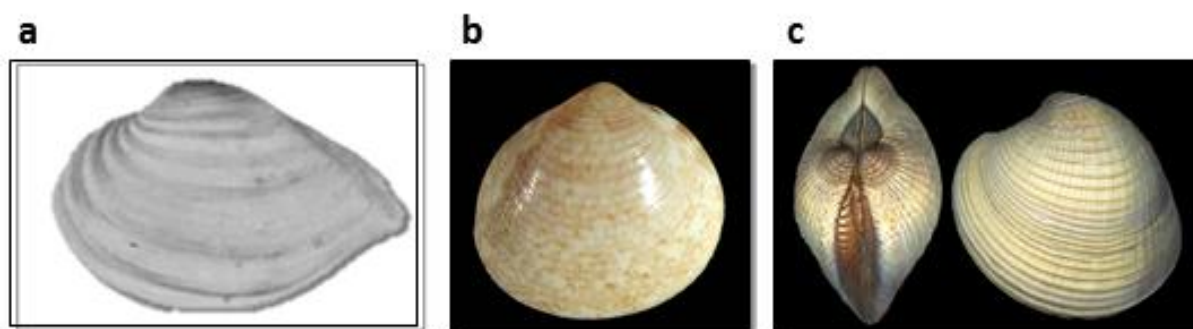


Figura 55. a). *Corbula esmeralda*; b) *Leavicardium elenense*; c) *Chione californiensis*.

6.14. Avifauna

Las aves marinas participan como un factor que ayuda a mantener el equilibrio de las poblaciones de organismos que ellas depredan (Ainley, 1980).

La densidad de la comunidad del área varía en el ciclo anual teniendo, en general, valores altos a fines de verano, otoño, invierno y principios de primavera, y

los valores bajos a mediados de primavera y principios de verano (Mendoza-Salgado, 1983).

Las aves que se han identificado en la Ensenada de La Paz son: martín pescador (*Megaceryle alcyon*), pato canelo (*Anas cyanoptera*), pato bola (*Aythya affinis*), pato picoacerrado (*Mergus serrator*), garza blanca (*Casmerodiu albus*), garza melenuda (*Dichromanassa rufescens*), garza pechoblanco (*Hydranassa tricolor*), tildillo (*Charadrius semipalmatus*), tildillo (*Charadrius wilsonia*), correlimos (*Squatarola melanocephala*), correlimos (*Pluvialis squatarola*), gaviota picoanillado (*Larus delawarensis*), gaviota reidora (*Larus occidentalis*), gallito de mar (*Sterna elegans*), gallito de mar (*Sterna maxima*), gavilán pescador (*Pandion halíctetus*), zambullidor moñudo (*Podiceps nigricollis*), zambullidor picoanillado (*Podilymbus podiceps*), correlimos (*Calidris minutilla*), correlimos (*Limnodromus griseus*) y arenero patiamarillo (*Tringa melanoleuca*) (Mendoza, 1983). También se encuentra pelícano café (*Pelecanus occidentalis*), pato buzo orejudo (*Phalacrocorax auritus*), tijereta (*Fregata magnificens*), garza morena (*Ardea herodias*), garza ganadera (*Bubulcus ibis*), garcita raicera (*Butorides striatus*), garza blanca (*Ardea alba*), garcita nívea (*Egretta thula*), garceta tricolor (*Egretta tricolor*), guáco corona clara (*Nyctanassa violácea*), ibis blanco (*Eudocimus albus*), zarapico pihuiui (*Catoptrophorus semipalmatus*), playero alzacolita (*Actitis macularia*), zarapito trinador (*Numenius phaeopus*), zarapito picolargo (*Numenius americanus*), pico pando canelo (*Limosa fedoa*), gaviota pata amarilla (*Larus livens*), gallito marino (*Sterna caspia*) paloma pitahayera (*Zenaida asiática*), güitacochi (*Campylorhynchus brunneicapillus*), chante prieto (*Phainopepla nitens*) y chipe de mangle (*Dendroica petechia*) (Mendoza, et al. 2002).

7. MATERIALES Y METODOS

Para ganar terreno al mar es necesario integrar la normatividad y las variables que influyen en el desarrollo del proyecto. Dentro de la normatividad se deben tomar en cuenta la municipal, estatal y federal, ya que los tres órdenes de gobierno cuentan con legislaciones para este tipo de proyectos y desarrollos. Las variables físicas que se pueden considerar para ésta investigación son: perfiles de playa, batimetría de precisión, volumen del material para el relleno y dragado, patrón de circulación, localización del área de extracción del material para el relleno, determinar el tamaño de grano del material de relleno, velocidad y dirección de los vientos dominantes y reinantes, presencia de huracanes y tormentas tropicales, oleaje, mareas, prisma de marea, estabilidad hidrodinámica de la laguna, presencia del fenómeno de brisa, efecto del calentamiento global en el aumento del nivel del mar, características sísmicas de la región.

7.1. Perfiles de playa

Los datos de los perfiles de playa que representan en promedio la variación estacional se registraron con una Estación Total, en un periodo de un año. Octubre (otoño), febrero (invierno), junio (primavera) de 2012 y agosto (verano) de 2013 (Fig. 56). Con la separación entre la estación y el prisma (distancia horizontal (H) en metros), la altura (V) en metros con respecto a la horizontal de la estación, la latitud y longitud del lugar (X, Y) en grados, minutos y segundos Se obtuvieron los perfiles graficando la altura (V) y la distancia (H). Se dibujaron con el programa AutoCAD 2013, referidos al NMM (Nivel Medio del Mar) obtenido del pronóstico de marea con el programa MAR V1.0 del CICESE (González, 2009). Para ubicar los puntos en un mapa, se utilizaron las coordenadas UTM.

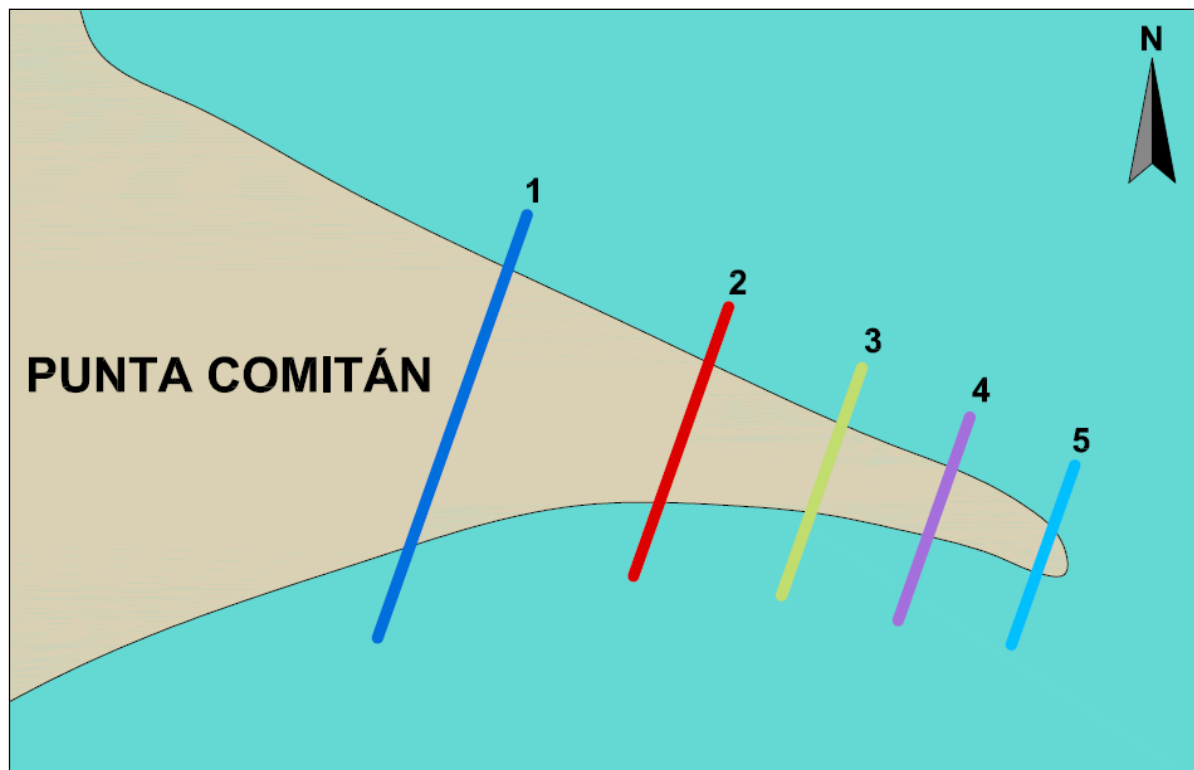


Figura 56. Transectos de los perfiles de playa en Punta Comitán.

7.2. Batimetría de precisión

Se realizó una batimetría de precisión frente a Punta Comitán el 20 de septiembre de 2012, con un equipo de GPSmap Sounder (GARMIN) y una lancha, recolectándose 600 datos. Con los datos se creó una tabla con el programa Excel 2010 con las coordenadas UTM en X y Y, y la profundidad en metros. Estos datos se refirieron al NMM y con el programa AutoCAD 2013 se dibujaron las isobatas cada 20 cm de profundidad. Esta batimetría se utilizó para obtener las pendientes de la playa alrededor de Punta Comitán y calcular la cantidad de material que se requiere para la construcción de la isla.

7.3. Cálculo del volumen del material de relleno

Con los perfiles de playa y la batimetría de precisión se calculó la cantidad de material necesario para una isla con una dimensión de 150 m de ancho por 500 m de largo y 3 m sobre el NMM, mientras que la profundidad desde el lecho marino hasta el NMM se encuentra entre los 3.60 y 4.00 m. La isla artificial se dividió en seis plataformas, tres sumergidas y tres sobre el NMM. Las plataformas sumergidas contienen el material desde el NMM hasta el lecho marino. Las plataformas emergidas incluyen el material que se encuentra desde el NMM hasta 3 m de altura. Para calcular el material de las plataformas sumergidas se utilizó la batimetría y las pendientes que se registraron en el lado noreste y suroeste de Punta Comitán. De manera similar el cálculo del material de las plataforma emergidas se calculó con base a las pendientes que se obtuvieron de los perfiles de playa en el lado suroeste y noreste de Punta Comitán.

7.4. Mediciones lagrangeanas

Para obtener la circulación lagrangeana frente a Punta Comitán, se realizaron mediciones con cuerpos de deriva el 18 de febrero, 26 de junio y 5 de diciembre de 2013. Los cuerpos de deriva se constituyeron de láminas galvanizadas calibre 16 en forma de cruz, tres boyas tipo camaroneras para la flotabilidad, una plomada para conservar la verticalidad en la parte inferior de la cruz y un GPS (GARMIN) que proporcionó la posición (latitud, longitud), de acuerdo al intervalo de tiempo asignado durante el muestreo. Se utilizó el software Excel 2010 para calcular la distancia entre cada registro, y se usó el teorema de Pitágoras para obtener la velocidad de las corrientes. Las trayectorias de la parcela de agua se obtuvieron con base a la dirección de los cuerpos de deriva, calculada de acuerdo a las funciones trigonométricas. Las trayectorias lagrangeanas se graficaron con el Software Surfer 10, creando una tabla en la cual la primera y segunda columna corresponden a las coordenadas longitud y latitud del dato

obtenido en campo, la tercera columna contiene la rapidez y la cuarta columna corresponde a la dirección y finalmente se obtuvo un diagrama georeferenciado de la trayectoria de las corrientes.

7.5. Granulometría

Se realizó una recolecta de quince muestras de sedimento en Punta Comitán, cinco de ellas en la parte central, que es la parte más alta y donde se forman pequeñas dunas, y las otras 10 por toda la costa de la punta (Fig. 57).



Figura 57. Sitio donde se colectaron las 15 muestras en Punta Comitán.

7.6. Análisis de muestras

Para realizar el análisis granulométrico se ordenaron las muestras y se etiquetaron. Se lavaron con agua destilada con el fin de retirar la sal y se procedió a un secado por dos días en horno. Una vez que las muestras se encontraban completamente secas se pesaron, tomando de cada una de ellas 100 g los cuales se pasaron por el tamiz # 12, separando la fracción fina de la fracción gruesa, para analizar la fracción fina con láser y la fracción gruesa por el método de tamizado por rotap. Después se calcularon los porcentajes de cada una y se clasificó el tipo de material de acuerdo a Folk (1974).

7.7. Localización del área de extracción del material para el relleno

Con los resultados del análisis de los sedimentos en Punta Comitán, se procedió a la búsqueda de un banco de extracción de material que cumple con las características lo más similares posibles a la de los resultados. Esto con el propósito de que la estructura de la isla sufra cambio mínimos con el paso del tiempo.

7.8. Huracanes y tormentas tropicales

Se obtuvieron una serie de datos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de huracanes y tormentas tropicales que han afectado a la Ensenada de La Paz, tomando en cuenta la magnitud del fenómeno y la cercanía a la ensenada. Con estos datos se realizaron gráficas para poder predecir la altura del oleaje y los efectos de erosión y depositación que podrían ocasionar estos meteoros a la isla artificial.

7.9. Calentamiento global y el aumento en el nivel del mar

Uno de los efectos del ascenso del nivel del mar sobre las costas es el comportamiento transgresivo del espacio litoral (avance de la línea de costa en dirección tierra adentro). Esta migración se refleja de tres maneras: a) la inundación de la planicie, b) la intrusión de la cuña salina a través de bocas y esteros, y c) la erosión de la línea de costa (Wayne *et al.*, 1993). Esta información da la pauta para proponer la altura de la isla, que asegure la vida útil de la isla.

7.10. Modelo numérico

La modelación numérica es una técnica basada en el cálculo numérico, utilizada en muchos campos de estudio (ingeniería, ciencia, etc) desde los años 60 para validar y refutar modelos conceptuales propuestos a partir de observaciones o derivados de teorías anteriores. Si el cálculo de las ecuaciones que representan el modelo propuesto es capaz de ajustar las observaciones, entonces se habla de un modelo consistente con las mismas y se dice también que el modelo numérico confirma las hipótesis; si el cálculo no permite en ningún caso reproducir las observaciones, se habla de un modelo inconsistente con los datos y que refuta el modelo conceptual. A menudo, este término se utiliza como sinónimo de simulación numérica.

La estructura del modelo numérico se construye con los siguientes etapas:

7.10.1. Información de entrada. Determinación del área de estudio, condiciones de frontera y condiciones iniciales.

Este es el estudio físico del área de la cual se desea obtener resultados con el modelo numérico, en ella es necesario definir los límites que tendrá, como lo son: su extensión y las fronteras. Es necesario que los datos sean fronteras naturales y tratar de aproximarse lo más posible a la realidad. De igual forma se deberá tener

en cuenta que tan finos se quieran los resultados, tratando de que los elementos no sean demasiado grandes o demasiado pequeños, puesto que si son demasiado grandes, se perdería la fidelidad y algunas características importantes podrían ser ignoradas por el modelo. En el otro caso si los elementos son muy pequeños disminuye la eficiencia y aumenta el costo de la simulación o predicción del fenómeno en estudio y el tiempo de procesamiento de los datos sería más tardado (Obeso-Nieblas, 1986).

Las condiciones de frontera se deberán tomar como una serie de datos que deben ser medidas y estimadas en el área de estudio. La precisión de los resultados y el éxito de la modelación dependerán de la calidad y cantidad de los datos obtenidos en campo.

7.10.2. Planteamiento matemático (ecuaciones y sus términos).

Una vez definida el área y obtenidas las características de la región, se deben obtener las ecuaciones matemáticas, que gobiernan el comportamiento de las propiedades a pronosticar o simular.

Las leyes de conservación y relaciones empíricas son frecuentemente empleadas en estos procesos y expresadas por medio de ecuaciones diferenciales parciales. Los métodos numéricos empleados, requieren de ecuaciones en diferencias para efectuar las iteraciones que conducirán a la solución, por lo cual son obtenidas estas ecuaciones a partir de ecuaciones diferenciales parciales, lineales o no lineales.

7.10.3. Resolución numérica (esquematización, discretización e integración).

Para tratar las ecuaciones definidas sobre un dominio continuo, con ayuda de la computadora digital, es necesario discretizar las variables independientes o dominio del problema y transformar las ecuaciones en una nueva serie sobre el

dominio discretizado. Tales procesos introducen claramente un grado de aproximación adicional en el modelo, es necesario entonces, la formulación de un procedimiento iterativo para calcular los resultados. Han sido desarrolladas diferentes técnicas para este proceso, diferencias finitas y elementos finitos.

7.10.4. Solución de salida (red espacio-temporal de variables deseadas).

Una vez discretizado el problema se deberán escribir las rutinas en un programa para computadora que sea capaz de realizar los cálculos requeridos para la solución. Estos programas efectúan sus cálculos con los datos de entrada que se deberán preparar como archivos de acuerdo a los datos obtenidos en el área de estudio. El sistema de programación que se usó para ese modelo es Compaq Visual FORTRAN 6.0.

7.10.5. Calibración (Comparación con mediciones hechas en campo, ajustes, modificaciones y predicciones).

Calibrar el modelo hidrodinámico significa poder predecir la respuesta del sistema a la acción de los forzantes con relativa precisión, compararla con las mediciones y ajustarla para que los pronósticos sean similares a las de las mediciones hechas en campo. Los resultados numéricos obtenidos por el programa de computadora, pueden o no ser iguales a la realidad de las propiedades físicas del área estudiada. Estas irregularidades pueden ser causadas por la falta de información, error en los parámetros y variables físicas, errores en el programa de cálculo, error en la formulación matemática, malas aproximaciones, etc. Para arreglar el programa se deberá localizar la fuente de la falla y efectuar los arreglos correspondientes, para que el programa pueda entonces emitir una solución más aproximada a la realidad.

Calibrar el modelo lleva a una mejor resolución de los datos, datos de mayor confiabilidad y más aproximados a la realidad.

7.10.6. Resolución de ecuaciones

7.10.6.1. Diferencias Finitas

El principio en el cual se sustenta el método de diferencias finitas es, el que plantea que las derivadas de una función pueden ser aproximadas por una combinación lineal de los valores de la función en puntos del dominio. La función es evaluada en un conjunto discreto de puntos, los cuales conforman la cuadrícula de integración.

La derivada de una función de una sola variable se define generalmente en la forma:

$$dy / dx = \lim_{h \rightarrow 0} (y(x+h) - y(x)) / h$$

Para poder hacer el cálculo en una computadora, no se pueden tomar límites, así que se sugiere que (h) tenga un valor muy pequeño pero nunca nulo, para demostrar que la aproximación es bastante cercana y que los errores no se incrementan conforme el proceso continúe.

El método se puede describir como la sustitución de una derivada por una diferencial (McCracken y Dorn, 1978).

Ejemplo:

$$\Delta y / \Delta x = (y(x+h) - y(x-h)) / 2 \Delta h$$

Se usará este procedimiento para resolver las ecuaciones diferenciales parciales, trabajando con aproximaciones que serán presentadas como diferencias.

El método de diferencias finitas es una de las técnicas más directas que se pueden utilizar en computadoras para resolver ecuaciones diferenciales. Lo primero es discretizar la zona en la que las ecuaciones se definen ya sea en una red o malla regular y finita de puntos; las derivadas que se tienen son entonces aproximadas por diferencias y sustituidas en las ecuaciones originales. Apoyándose en las condiciones iniciales y las condiciones de frontera de la región, pueden ser calculados sucesivamente los valores de los puntos interiores de la red.

Para aproximar las derivadas de las ecuaciones diferenciales hay diferentes formas de hacerlo: diferencias hacia adelante, diferencias hacia atrás y diferencias centradas (Fig. 58).

Considerando solamente diferencias en dirección (x).

-Diferencias hacia adelante:

$$\Delta y / \Delta x = (y(i+1, j) - y(i, j)) / \Delta x$$

-Diferencias hacia atrás:

$$\Delta y / x = (y(i, j) - y(i-1, j)) / \Delta x$$

-Diferencias centrales:

$$\Delta y / \Delta x = (y(i+1, j) - y(i-1, j)) / 2 \Delta x$$

Para este trabajo se usara el método de diferencias centradas, ya que tiene una alta velocidad de convergencia y estabilidad.

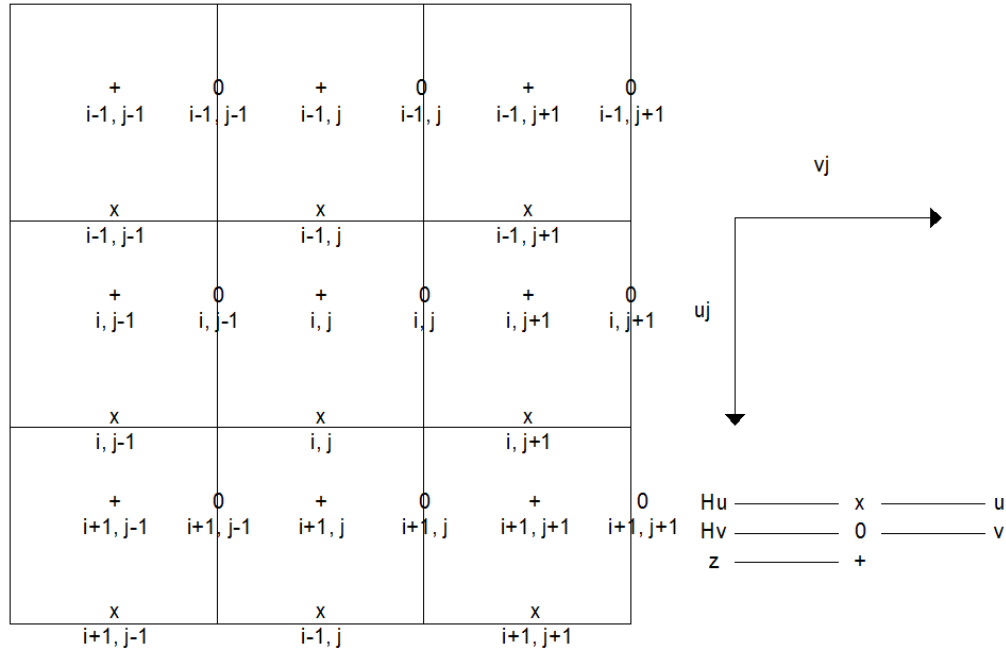


Figura 58. Representación de las mallas (Hu,Hv,Z).

7.10.7. Sistema de ecuaciones

La simulación numérica se llevará a cabo mediante un modelo bidimensional hidrodinámico barotrópico, verticalmente integrado desarrollado en diferencias finitas centradas en el espacio y adelantadas en el tiempo. El modelo funciona con las principales componentes armónicas de la marea, en la frontera abierta con la Ensenada de La Paz. Las condiciones de frontera son: la velocidad de la corriente normal a la costa es igual a cero ($V_n=0$), la variación normal de la velocidad tangencial a la costa es nula ($(V_t)_n=0$); en el mar (frontera abierta) es decir en la comunicación con la Bahía de La Paz, el gradiente normal de la corriente es nulo y se prescribe el nivel del agua o velocidades a partir de mediciones.

El modelo funciona con la ecuación de continuidad y la ecuación de movimiento, con las cuales se describe el movimiento del agua en forma macroscópica. Las ecuaciones se simplifican y se adaptan para encontrar las soluciones numéricas apoyándose en la batimetría y en las condiciones de frontera.

El nivel del mar varía armónicamente con la frontera abierta de la Ensenada de La Paz:

$$Z(x,y,t) = A_i(x,y) \cdot \sin(w_i t + a_i(x,y))$$

$Z(x, y, t)$ = Variación de la superficie del mar.

$A_i(x, y)$ = Amplitud de las constituyentes de la marea.

$w_i(i,j)$ = Velocidad angular de las constituyentes de la marea.

$a_i(x,y)$ = Fases de la constituyente

t = Tiempo.

-Ecuación de continuidad:

$$\partial_z W + \partial_x U + \partial_y V = 0$$

-Ecuación de movimiento:

$$\partial U / \partial t + U \partial U / \partial x + V \partial U / \partial y + R U - A H \nabla^2 U - f V + g \partial Z / \partial x = F_x$$

$$\partial V / \partial t + U \partial V / \partial x + V \partial V / \partial y + R V - A H \nabla^2 V - f U + g \partial Z / \partial y = F_y$$

Dónde:

(x,y) = Coordenadas cartesianas.

$U(x,y,t)$ = Componente de la velocidad de la corriente integrada verticalmente en la dirección (x).

$V(x,y,t)$ = Componente de la velocidad de la corriente integrada verticalmente en la dirección (y).

$Z(x,y,t)$ = Variación de la superficie del mar.

f = Parámetro de Coriolis.

g = Gravedad.

AH = Coeficiente horizontal de viscosidad ($m^2 s^{-1}$).

t = Tiempo

R = Coeficiente de fricción de fondo.

H_u = Profundidades en los puntos de la red en los cuales se calculará la velocidad (U).

H_v = Profundidad en los puntos de la red de los cuales se calculará la velocidad (V).

H = Profundidad instantánea del mar ($H=H_u+Z$) y también ($H=H_v+Z$).

F_x = Componente de la fuerza generadora de la marea en dirección (x).

F_y = Componente de la fuerza generadora de la marea en dirección (y).

$\nabla^2 U$ = Laplaciano de (U).

$\nabla^2 V$ = Laplaciano de (V).

El sistema de ecuaciones diferenciales se resuelve por medio de método de diferencias finitas centradas. En las ecuaciones se sustituyen las expresiones diferenciales por diferencias finitas centradas en el espacio y adelantadas en el tiempo. Se efectúa la integración del sistema de ecuaciones en todo el espacio para cada paso de tiempo.

Las componentes de la velocidad de la corriente (U , V) son integradas verticalmente desde una profundidad media ($-h$) hasta la superficie libre (Z).

Diferencias centradas:

-Para el tiempo.

$$\Delta U / \Delta t = (U(i, j)_{t + \Delta t} - U(i, j)_t) / \Delta t$$

-En la dirección (x).

$$\Delta U / \Delta x = (U(i + 1, j) - U(i - 1, j)) / 2\Delta x$$

-En la dirección (y).

$$\Delta U / \Delta y = (U(i, j + 1) - U(i, j - 1)) / 2\Delta y$$

7.10.8. Parámetros y variables necesarias

Para ejecutar las soluciones numéricas se deben conocer los parámetros que corresponden a la batimetría y las condiciones de frontera variables (Fig. 58, 59, 60).

Se debe hacer una discretización de sistema, para delimitar las fronteras, con la finalidad de que describan lo más posible las características reales de la región.

En la determinación del intervalo de la solución numérica en tiempo (t) y en espacio (Δx) y (Δy), se debe tomar en cuenta el criterio desarrollado por (Courant-Friedrich-Lewy, 1928).

Si $\Delta x = \Delta y$, tenemos:

$$\Delta t \leq \Delta x / (2 * g * h_{\max})^{0.5}$$

Para este caso:

$$\Delta x = 50 \text{ m}$$

$$h_{\max} = 22 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Para lograr una estabilidad en el modelo se deben proporcionar condiciones de frontera que se acerquen más a la realidad. Es entonces cuando las elevaciones de la superficie y las velocidades de las corrientes serán prácticamente las mismas de un periodo a otro.

Las condiciones de frontera son aquellos valores de amplitud de los principales componentes armónicos de la marea en todos los puntos de la frontera abierta con la Bahía de La Paz.

Los datos de la profundidad en la Ensenada de La Paz fueron obtenidos del mapa batimétrico GARMIN v8.5 (MapSource) de una batimetría general de la

Ensenada de La Paz (Jiménez-Illescas, 1996) y de una batimetría de precisión realizada frente a Punta Comitán en septiembre de 2012. Se integraron los tres archivos para tener una mayor cantidad y resolución de los datos y una aproximación más cercana a la realidad del área de estudio.

Los intervalos espaciales de solución numérica (Δx) y (Δy) para la región de estudio se definieron en base a la configuración de la región y el tamaño de la red de puntos que nos permita tener un método estable para determinar el intervalo temporal de solución numérica (Δt), referido a un periodo de la marea semidiurno (88,450 s), se usó el criterio de (Courant-Friedrich-Lewy, 1928), tomando para ello el valor máximo de la profundidad, pues con ello se obtiene el valor más pequeño de (Δy), de donde se estimó ($\Delta t = 2$ s); dando con esto (44,225) pasos de tiempo en el periodo de la marea, y determinando con ello la estabilidad del modelo.

Con los parámetros y variables anteriores se corrió el programa del modelo en una computadora, para un periodo de la marea, utilizando los coeficientes $\Delta H=0.0025$ m²/s y $R=0.003$ (Fig. 59, 60 y 61).

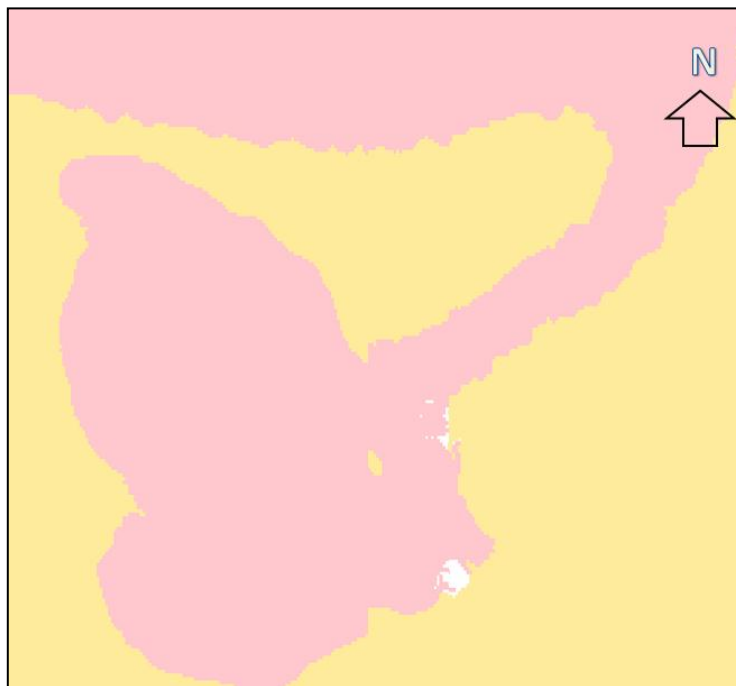


Figura 59. Representación numérica de la batimetría en m de la Ensenada de La Paz.

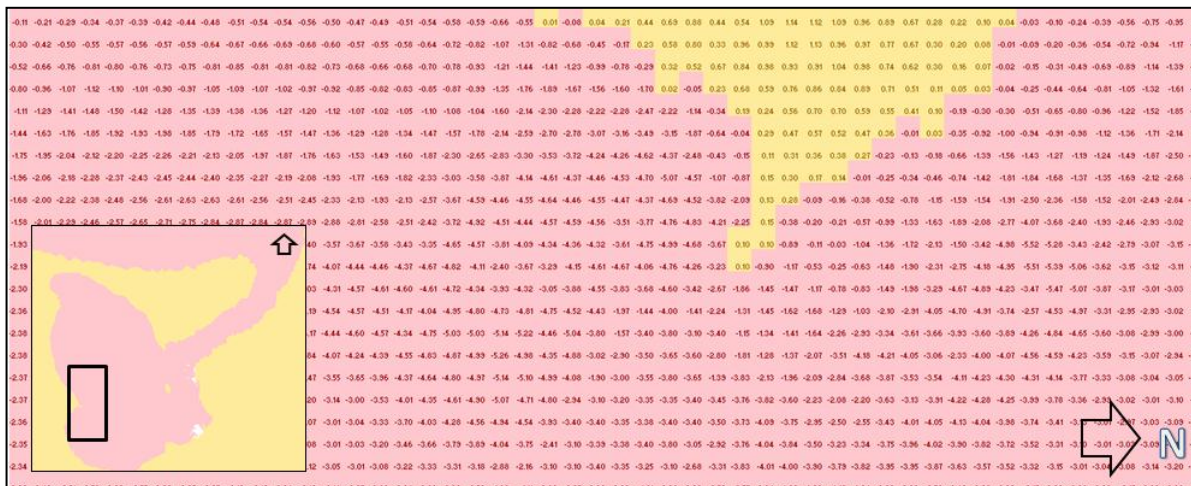


Figura 60. Representación numérica de las profundidades en metros en Punta Comitán.

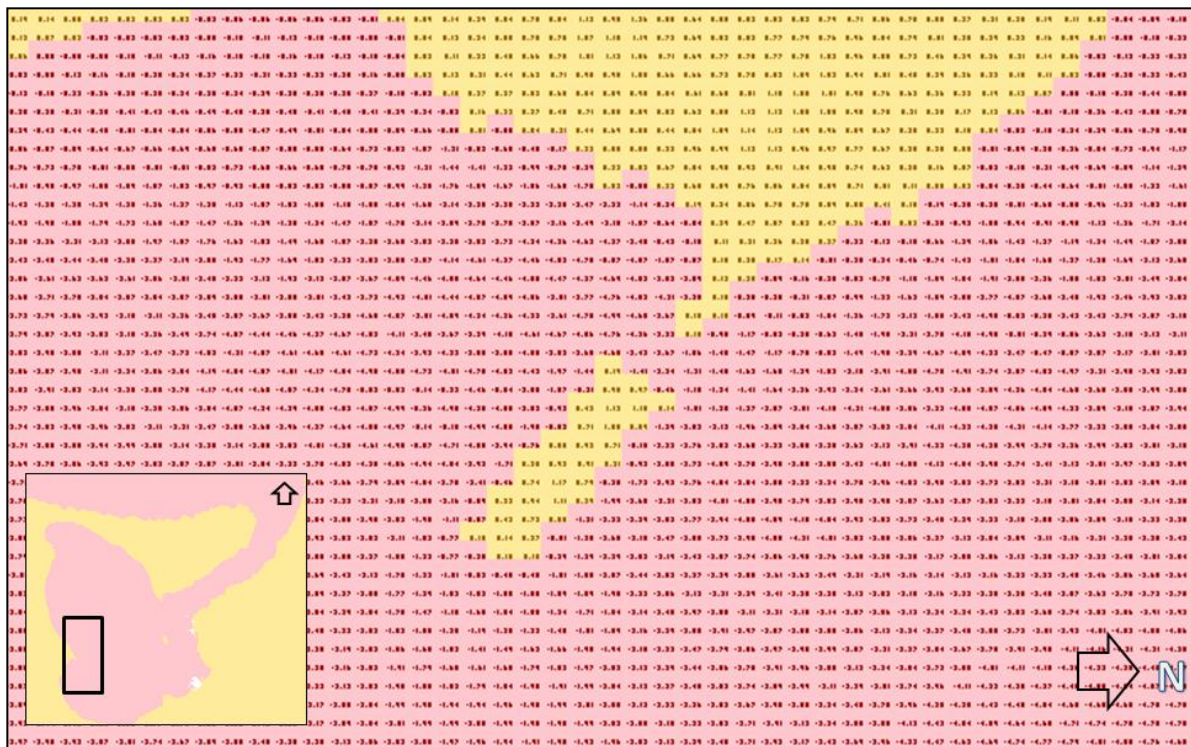


Figura 61. Representación numérica de las profundidades en metros en Punta Comitán, con La Isla Artificial.

8. RESULTADOS

8.1. Normatividad

Los lineamientos administrativos en la que se sustenta esta investigación por sus objetivos y el área de interés son: el Plan Nacional de Desarrollo, Plan Estatal de Desarrollo, Ley de Desarrollo Urbano del Estado de B.C.S., Ley de Turismo del Estado de B.C.S., Ley de Equilibrio Ecológico, Reglamento de Construcción, Reglamento de Protección al Medio Ambiente, Reglamento de Fraccionamiento del Estado de B.C.S., Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar (Anexo 1).

8.2. Perfiles de playa

De acuerdo a los resultados de otoño, se encontró que los cuatro perfiles presentan una forma heterogénea en la distribución vertical y horizontal, se puede observar las pendientes más pronunciadas de los perfiles en los extremos, encontrándose la pendiente más grande en la parte noreste de Punta Comitán con una inclinación promedio de 2.6° y la pendiente menor en la parte suroeste con 2.2° . Los perfiles se refirieron al NMM y fueron realizados en pleamar (Fig. 62).

Los perfiles de invierno presentan una distribución heterogénea verticalmente, con un gradiente mayor en los extremos de los perfiles. La mayor pendiente se registró en la parte noreste de Punta Comitán con una inclinación de 6.4° , mientras que en la parte suroeste la pendiente fue de 3.4° . Los perfiles en esta campaña se hicieron en bajamar (Fig. 63).

Los perfiles de primavera muestran los sedimentos acumulados en la parte noreste, se han distribuido por toda la punta, reduciendo así el ángulo de la pendiente en referencia a lo que se presentó en invierno en la costa noreste de Punta Comitán. Los perfiles en esta campaña se hicieron en bajamar (Fig. 64).

Los perfiles de verano, muestran una distribución de alturas que se incrementa desde el transecto cinco al uno. El mayor ángulo de la pendiente se presentó en promedio del lado suroeste de Punta Comitán con 9.8° y 8.8° en la parte noreste. Los perfiles realizados en esta campaña se hicieron en pleamar (Fig. 65).

En el transecto 1, se registró acreción en verano en la costa suroeste y erosión en primavera de Punta Comitán, entretanto en la costa noreste de la punta se observó acreción en primavera y erosión en invierno y verano (Fig. 66).

Para el transecto 2, los sedimentos de la parte suroeste presentaron acreción en el otoño y en el verano, siendo el verano la estación con mayor depositación de sedimentos. En cuanto al invierno hubo erosión y en primavera fue cuando se presentó la mayor erosión. Para la parte noreste de la punta, la mayor acreción de sedimento se presentó en primavera, hubo erosión en el otoño, enseguida en el verano y la mayor erosión se dio en el invierno (Fig. 67).

Se observó que en el transecto 3 en la parte suroeste de la punta, se registró acreción durante el otoño y el invierno, mientras que para verano hubo erosión y primavera fue la estación en la que se presentó la mayor erosión. En la parte noreste de la punta, los transectos de invierno, primavera y verano fueron muy similares, siendo primavera la que presentó una ligera acreción de sedimentos, mientras que para el otoño fue donde hubo la mayor cantidad de depositación (Fig. 68).

Para el transecto 4, los resultados de invierno indican que fue la estación donde se presentó la mayor cantidad de sedimento en la parte suroeste de la punta, para primavera hubo erosión, seguida de la estación de otoño y la estación de verano fue cuando se presentó la mayor erosión. En cuanto a la parte noreste, durante el otoño es cuando se encontró mayor acreción de los sedimentos, seguida de la estación de primavera, y en el invierno y verano es cuando se presenta la mayor erosión (Fig. 69).

El transecto 5 es donde se observa la mayor dinámica de los sedimentos de la punta, esto es porque esta parte es la más susceptible a los cambios que genera

el viento y el oleaje, encontrando que durante el invierno, hay una gran cantidad de depósito de sedimento en la parte suroeste y totalmente erosionado en la parte noreste de la punta. El verano es cuando la punta se encuentra recuperada tanto de la playa suroeste como de la playa noreste. En otoño se presenta erosión en la parte suroeste y acreción la mayor acreción en la parte noreste en comparación a las otras estaciones del año. Primavera es la estación donde se encuentra la menor cantidad de sedimentos. (Fig. 70).

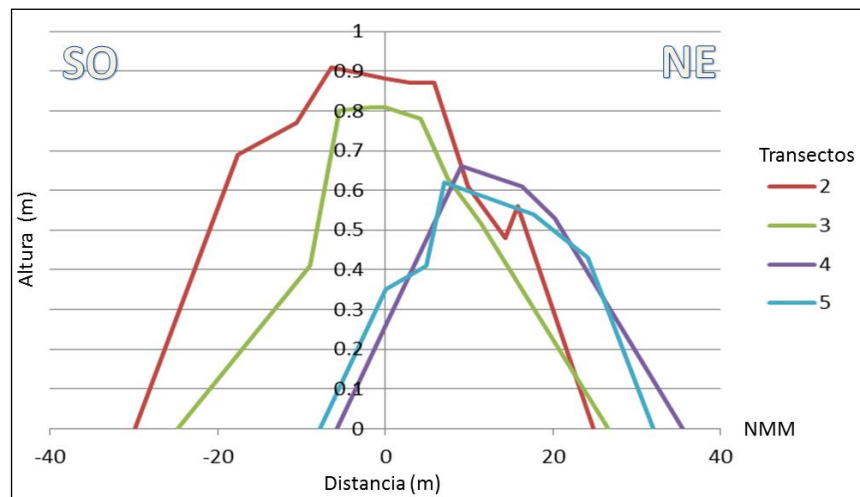


Figura 62. Perfiles de playa correspondientes a la estación de otoño.

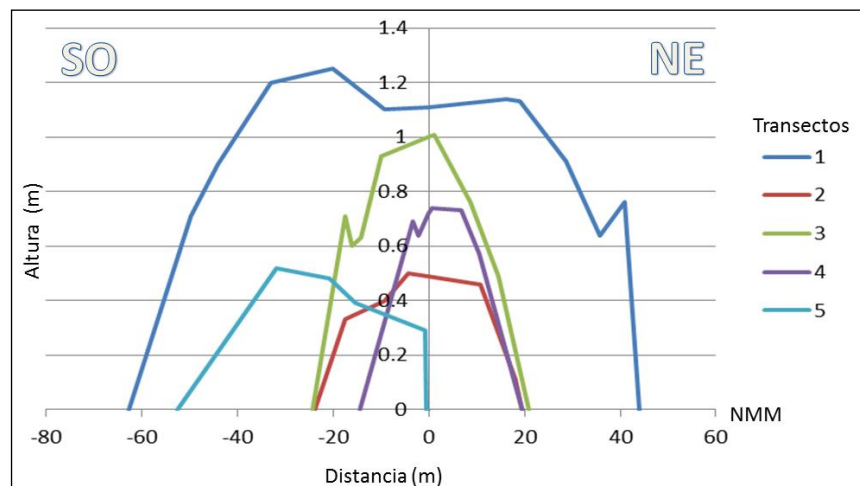


Figura 63 Perfiles de playa correspondientes a la estación de invierno.

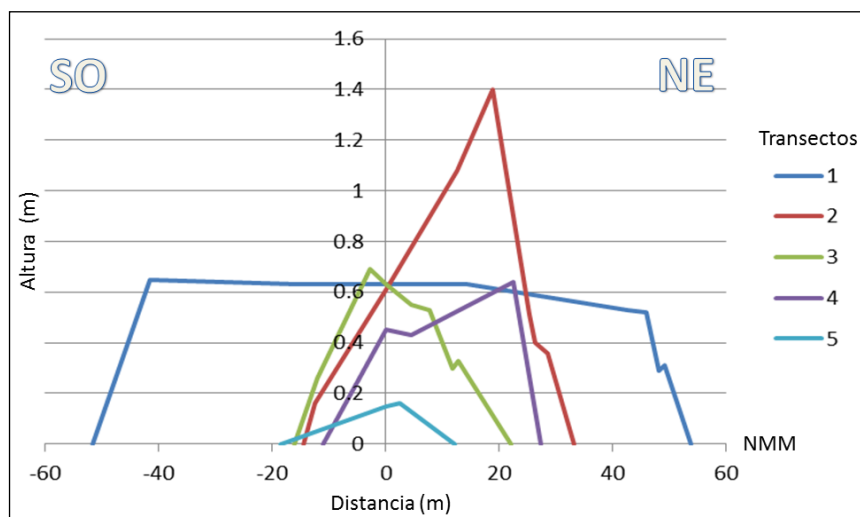


Figura 64. Perfiles de playa correspondiente a la estación de primavera.

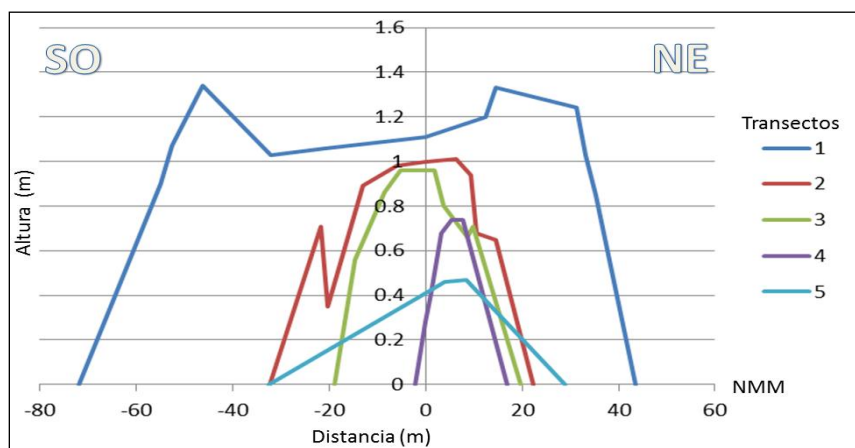


Figura 65. Perfiles de playa correspondientes a la estación de verano.

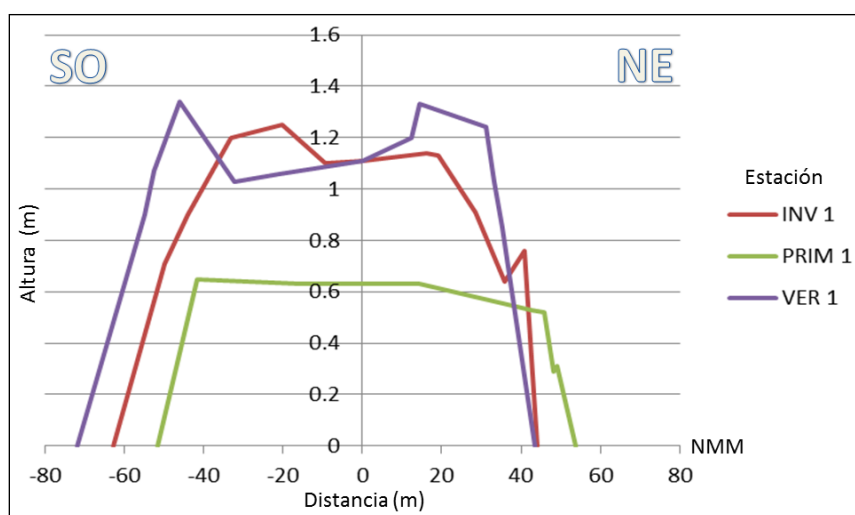


Figura 66. Perfiles de playa correspondientes al transecto 1 de 3 estaciones del año.

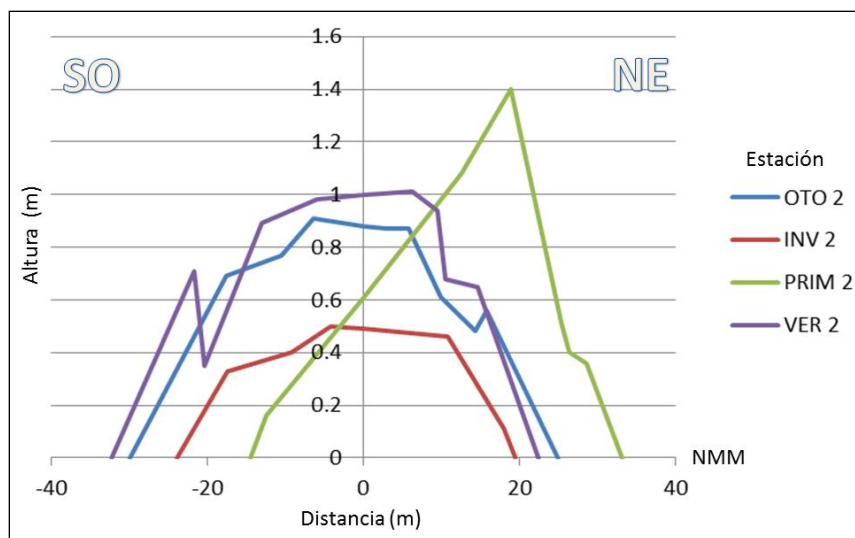


Figura 67. Perfiles de playa correspondientes al transecto 2 de las 4 estaciones del año.

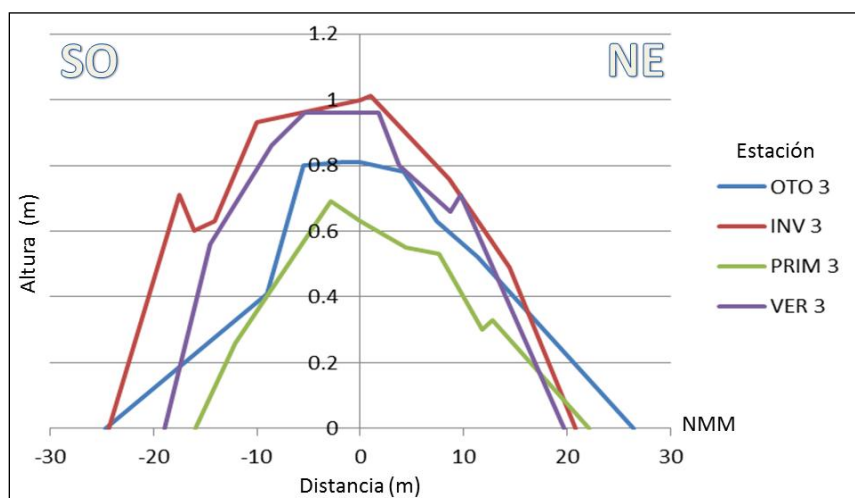


Figura 68. Perfiles de playa correspondientes al transecto 3 de las 4 estaciones del año.

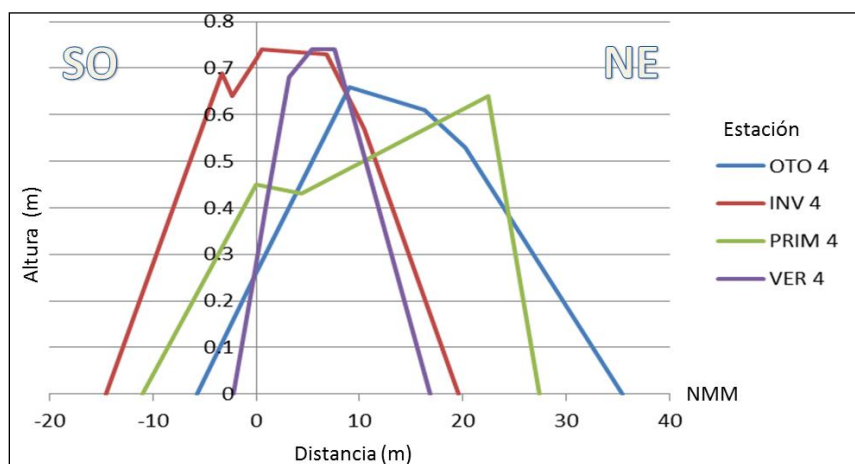


Figura 69. Perfiles de playa correspondientes al transecto 4 de las 4 estaciones del año.

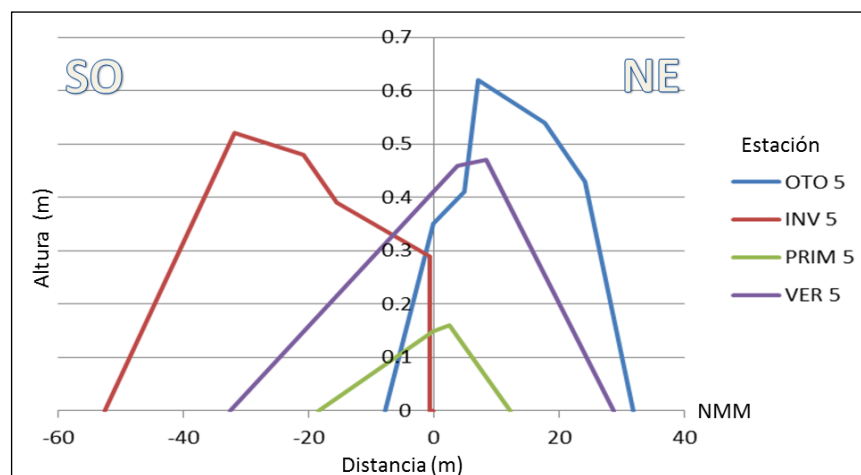


Figura 70. Perfiles de playa correspondientes al transecto 5 de las 4 estaciones del año.

Estos resultados muestran que en el transecto 1, durante el invierno y el verano es cuando se encontró más sedimentos en Punta Comitán, invierno con $3,564.00 \text{ m}^3$ y verano con $4,063.00 \text{ m}^3$ y el más erosivo fue el de primavera con $1,020 \text{ m}^3$ (Fig. 66). Para el segundo transecto, se registró más sedimento en verano con $1,568.00 \text{ m}^3$ y otoño $1,302.00 \text{ m}^3$ y menos sedimento en invierno con 623 m^3 (Fig. 67). En el tercero, cuarto y quinto transecto, se acumuló más sedimento durante la estación de invierno $1,041 \text{ m}^3$, 580 m^3 y 621 m^3 respectivamente (Figs. 68, 69 y 70). En el tercer y quinto transecto, se presentaron los perfiles más erosionados en primavera con 497 m^3 para el tercer transecto y 598 m^3 para el quinto (Fig. 68 y 70) y para el cuarto transecto el perfil más erosionado fue el de verano con 369 m^3 (Fig. 69).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los perfiles de playa que se lograron en el periodo de un año y a la comparación de imágenes de satélite de diferentes meses y años (Figs. 71 y 72), se puede deducir que Punta Comitán tiene una evolución estacional en los sedimentos. El extremo de la punta responde a los efectos del viento y al oleaje local. Durante los meses de invierno, el extremo de la punta tiene dirección suroeste y se produce acreción en este lado de la playa, al parecer por los vientos de invierno que vienen del noreste y son más intensos (Figs. 73 y 74). En los meses de verano, el extremo de la punta crece hacia el noreste, debido a la influencia de los vientos del sur (Fig. 75).

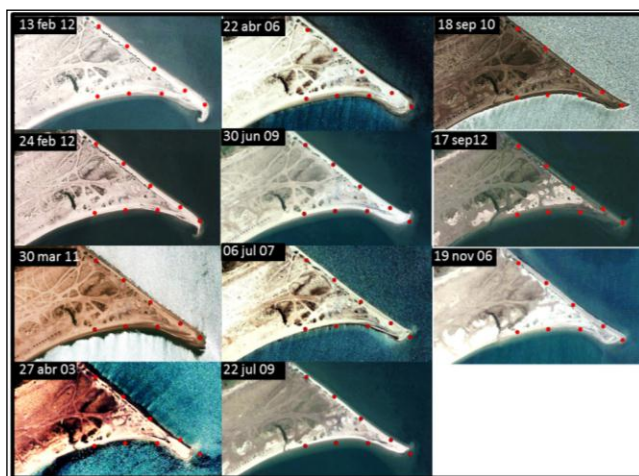


Figura 71. Imágenes satelitales de diferentes años y meses para comparar la evolución de Punta Comitán. Los puntos rojos de cada foto están georeferenciados en el mismo lugar para hacer una comparación más notable.

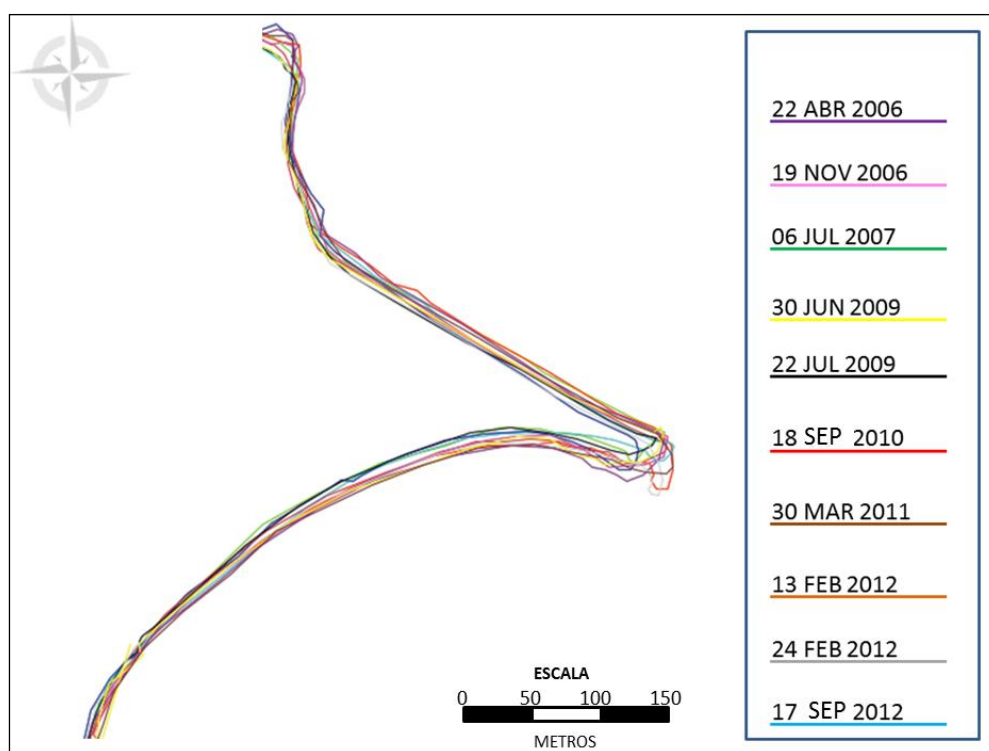


Figura 72. Líneas de colores que corresponden el contorno de cada una de las fotos satelitales de la figura 71.



Figura 73. Imagen en la temporada de invierno cuando la punta toma dirección suroeste.

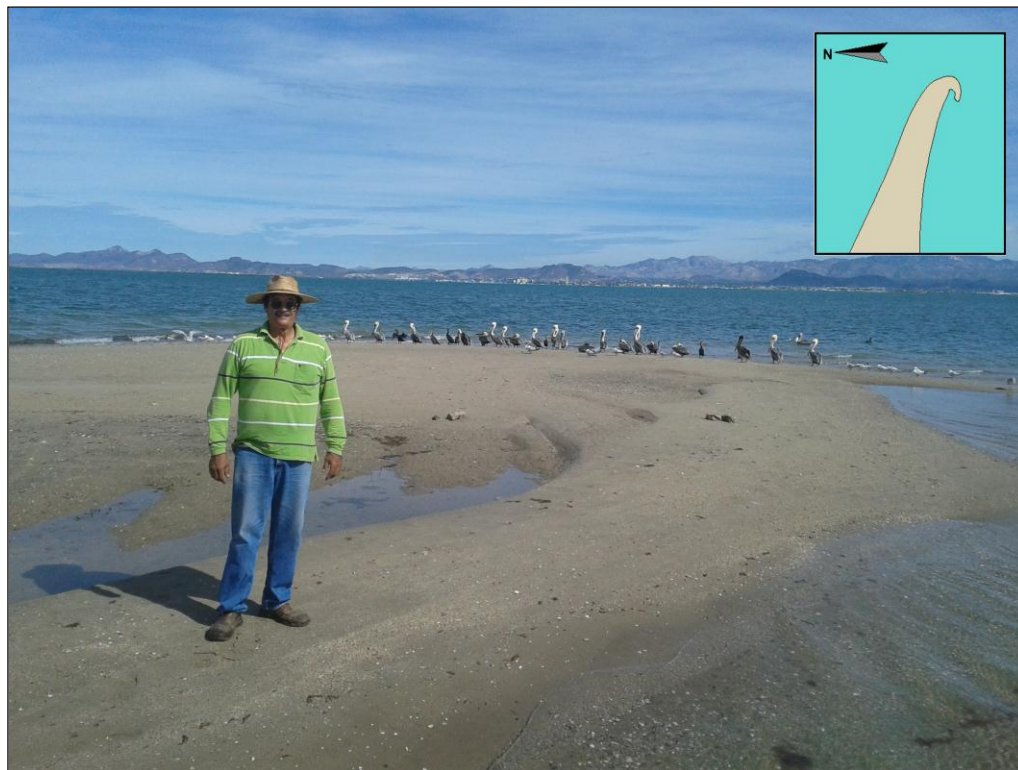


Figura 74. Acumulación de sedimentos en Punta Comitán, resultado del transporte litoral ocasionado por el oleaje de invierno.



Figura 75. Punta Comitán en temporada de verano, cuando tiene dirección noreste.

Los vientos extraordinarios que se presentaron el día 16 de marzo de 2014, con rapidez máximos de 18 km/h, tuvo un efecto mínimo en la zona de Punta Comitán. El oleaje que se generó con estos vientos sólo alcanzó aproximadamente 15 cm de altura con una frecuencia de 6 s^{-1} . Arribó casi perpendicular a la costa noreste de Punta Comitán (Fig. 76) y se refractaba hacia la costa suroeste, éste oleaje se encontraba con el que se generó en la playa suroeste, al parecer originando que los sedimentos se acumulen en esta parte de la punta (Fig. 76a).



Figura 76. Oleaje del norte en la costa noroeste de Punta Comitán el día 16 de marzo de 2014.



Figura 76a. De derecha a izquierda, oleaje del norte del día 16 de marzo de 2014, refractado por Punta Comitán que se encuentra con el oleaje del otro lado de la playa, provocando acumulación de sedimento en este lado de la punta. en temporada de invierno.

8.3. Batimetría de precisión

La batimetría de precisión muestra que la parte noreste de Punta Comitán tiene una pendiente suave con un ángulo promedio de 1° en los primeros 10 m de la línea de costa, mientras que la parte suroeste tiene la mayor pendiente con un ángulo de 4° en una distancia similar (Fig. 77).

8.4. Batimetría general

La batimetría general se formó a partir de datos ya existentes y se actualizó incluyendo datos batimétricos de GARMIN. En esta batimetría no existen dos canales paralelos que salen hacia la bahía como se había reportado anteriormente. El canal que está del lado de la ciudad (Canal de Navegación) aún conserva sus dimensiones, pero el canal que bordeaba a la parte sur de El Mogote está azolvado (Fig. 78). Anteriormente las embarcaciones podían salir por ese canal, rodeando El Mogote sin la necesidad de salir por el Canal que llega hasta Punta Prieta.

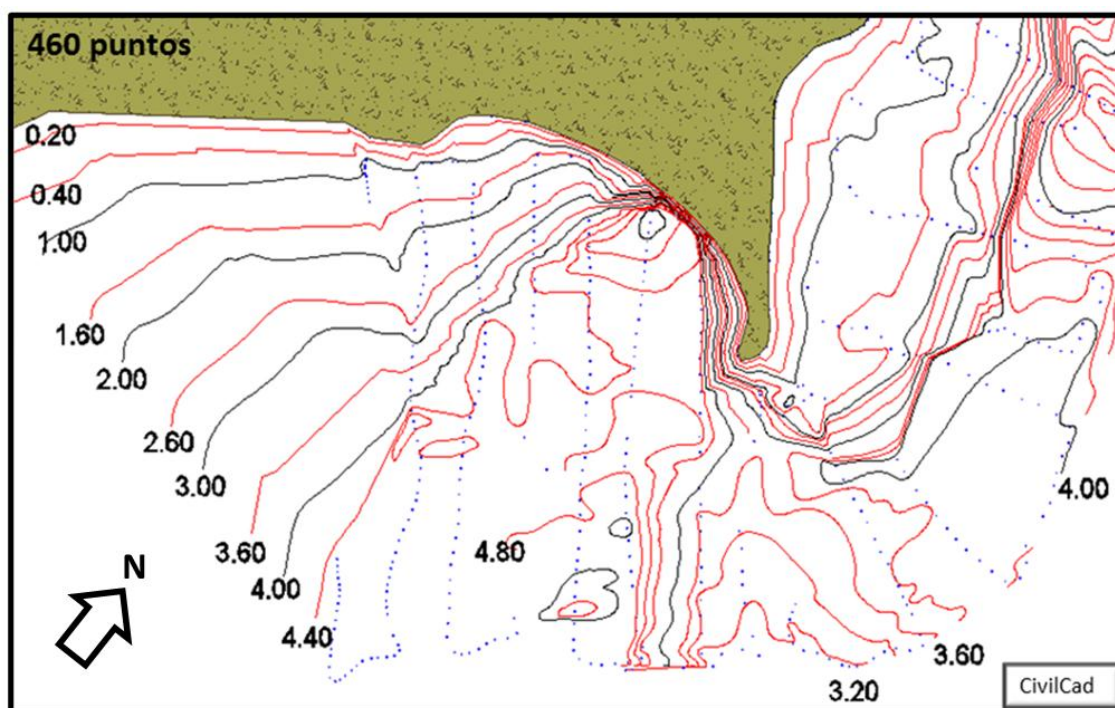


Figura 77. Batimetría de precisión en Punta Comitán. Los puntos en la imagen representan los datos que fueron registrados, las líneas rojas constituyen las profundidades intermedias y las líneas negras las profundidades cada metro.

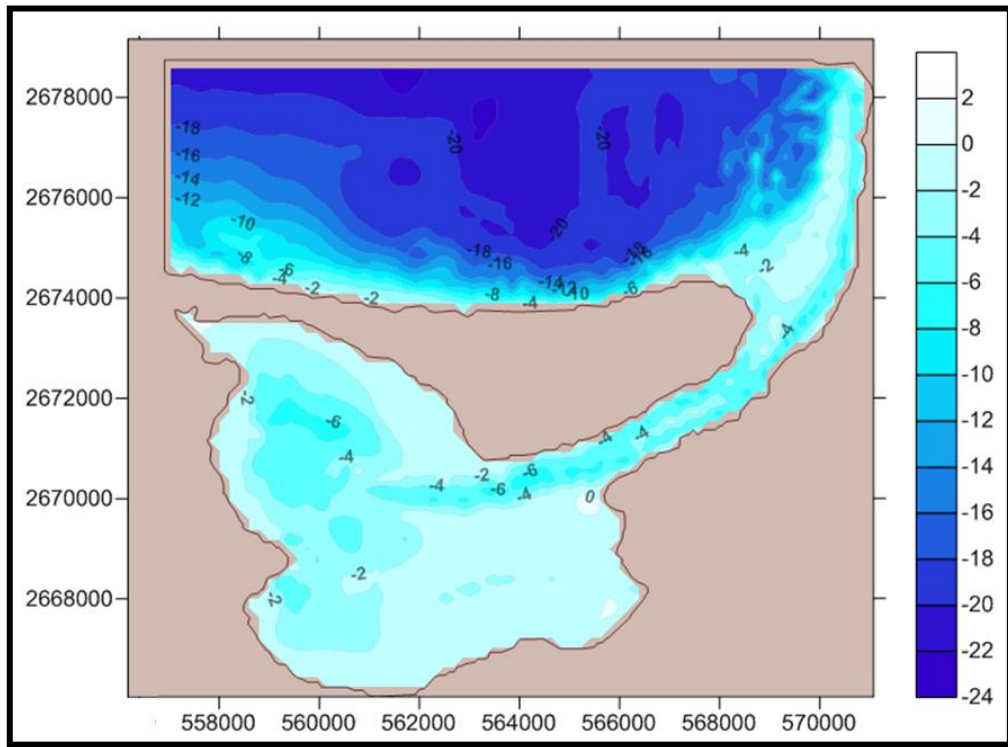


Figura 78. Batimetría general de la Ensenada de La Paz, tomada de Jiménez-Illescas, 1996).

8.5. Cálculo del volumen del material para el relleno

El volumen de material para construir la isla artificial se calculó, utilizando el programa AutoCAD 2013, obteniéndose 255,000 m³ para la plataforma central sumergida, 261,931 m³ para las plataformas laterales sumergidas, así como 71,680 m³ para la plataforma central emergida y 70,680 m³ para las plataformas laterales emergidas (Fig. 79). Resultando un total aproximado de 656,100 m³ que serían necesarios para el relleno de la isla de acuerdo a los datos obtenidos en campo.

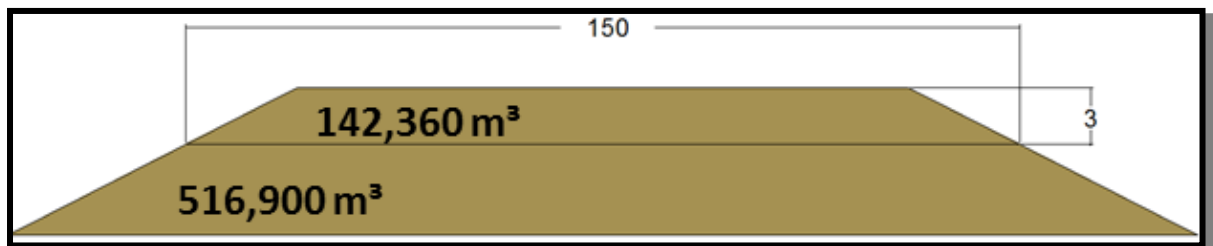


Figura 79. Corte transversal para el cálculo del material de relleno de la isla.

8.6. Mediciones lagrangeanas

Las corrientes lagrangeanas registradas el 18 de febrero del 2013, al sureste de Punta Comitán, tienen una dirección suroeste de acuerdo a los tres cuerpos de deriva lanzados. Con una velocidad máxima de 0.133 m/s y una velocidad mínima de 0.027 m/s. Durante este muestreo, la marea se encontraba en reflujo (Fig. 80). El segundo lanzamiento de los cuerpos de deriva se realizó en la parte noreste de Punta Comitán, los resultados mostraron una circulación hacia el sureste. Con una velocidad máxima de 0.195 m/s y una velocidad mínima de 0.044 m/s con marea de reflujo y viento de 3.5 m/s de dirección noreste (Fig. 81).

El 26 de junio de 2013, se lanzaron dos cruces frente a Punta Comitán y una al suroeste, las dos primeras mostraron una dirección hacia el este. Con una velocidad máxima de 0.164 m/s y una velocidad mínima de 0.029 m/s. Durante este muestreo, la marea se encontraba en reflujo (Fig. 82). El cuerpo de deriva en la parte noreste de Punta Comitán, mostró una circulación hacia el este. Con una velocidad máxima de 0.072 m/s y una velocidad mínima de 0.023 m/s, la marea también se encontraba en reflujo con viento de 4.5 m/s de dirección sur (Fig. 83).

Las corrientes lagrangeanas, en la parte noreste de Punta Comitán registraron el 5 de diciembre de 2013 una trayectoria hacia el sur hasta el final de Punta Comitán, luego giraron hacia el este ambas cruces. Con una velocidad máxima de 0.109 m/s y una velocidad mínima de 0.030 m/s. Durante este muestreo, la marea se encontraba en flujo (Fig. 84), con viento de 2.5 m/s con dirección sursuroeste (Fig. 85).

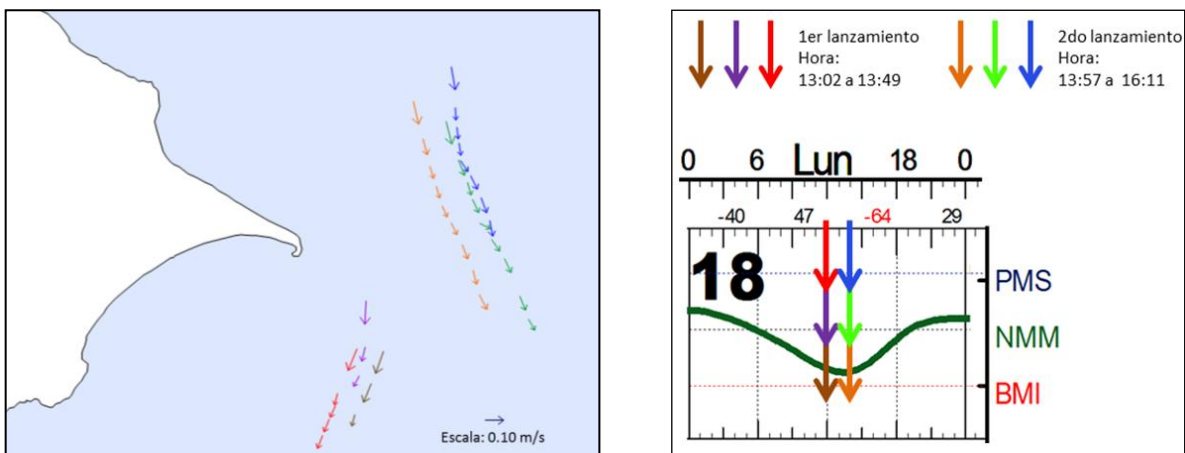


Figura 80. Dirección de las corrientes el 18 de febrero de 2013, referidas al nivel de marea de acuerdo a las tablas de marea del CICESE.

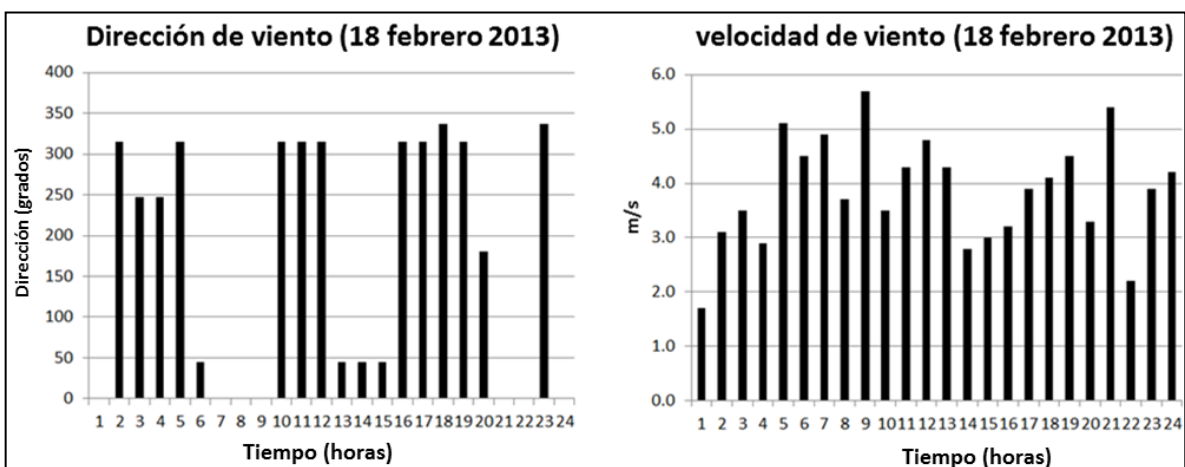


Figura 81. Dirección y velocidad de vientos el 18 de febrero de 2013.

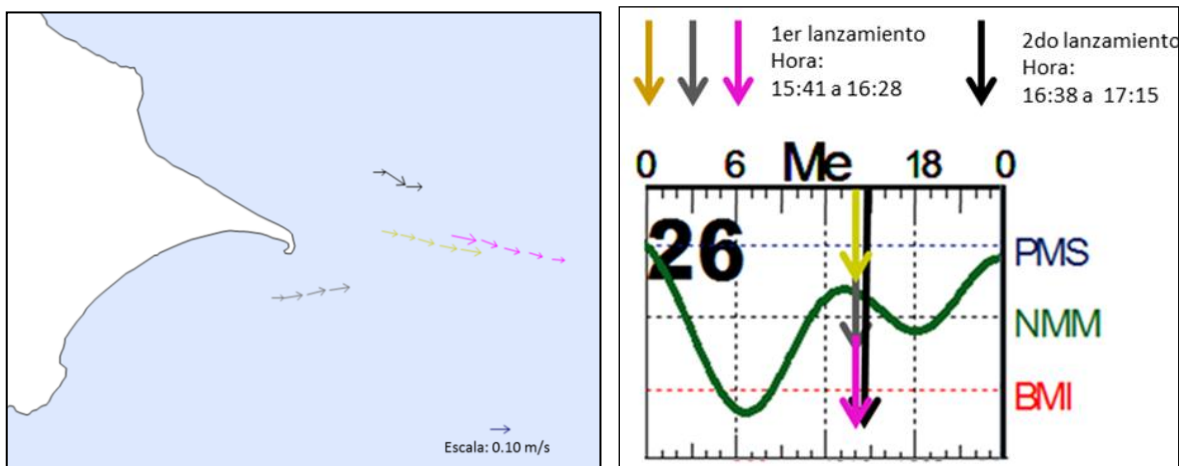


Figura 82. Dirección de las corrientes el 26 de junio de 2013, referidas al nivel de la marea de acuerdo a las tablas de marea del CICESE.

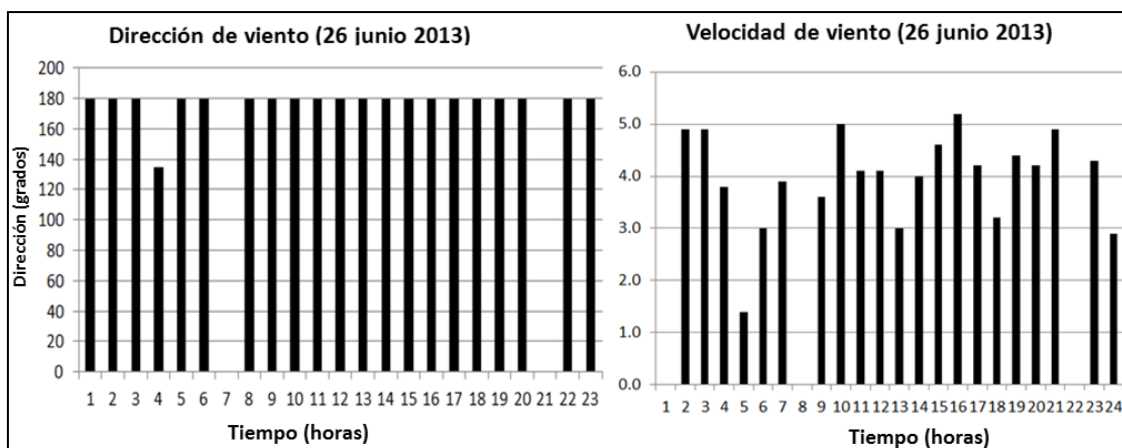


Figura 83. Dirección y velocidad de vientos para el 26 de junio de 2013.

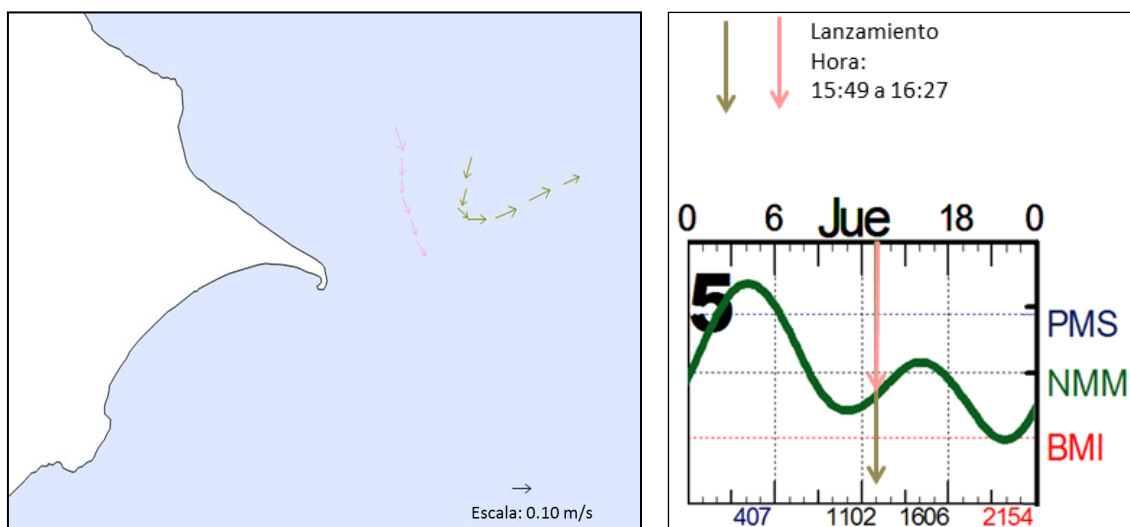


Figura 84. Dirección de las corrientes el 5 de diciembre de 2013, referidas al nivel de marea de acuerdo a las tablas de mareas del CICESE.

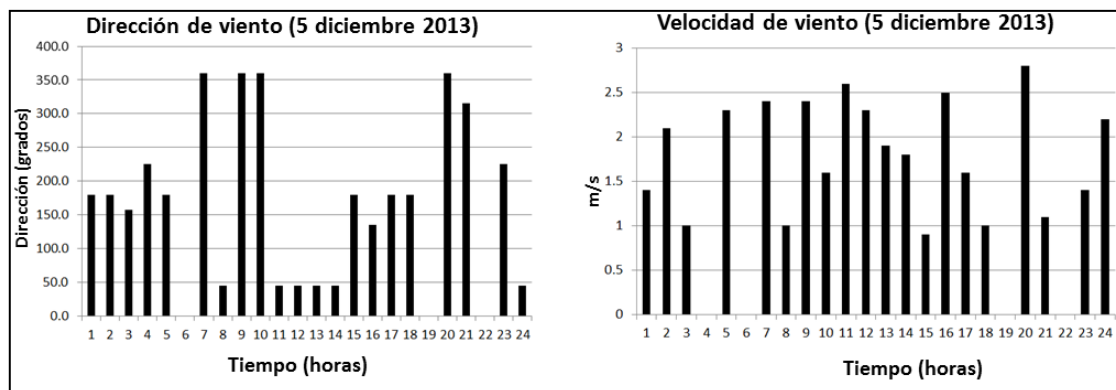


Figura 85. Dirección y velocidad de vientos para el 5 de diciembre de 2013.

8.7. Granulometría

8.7.1. Clasificación de las muestras

Los resultados obtenidos muestran que los sedimentos obtenidos en Punta Comitán están bien seleccionados, encontrándose los mayores porcentajes de la muestra entre el rango de las arenas que va desde los 0.0625 (4.0 phi) hasta los 1.68 mm (-0.75 phi) (Tabla 7). Los porcentajes de las muestras fueron 83.91% la mínima y 99.1% el máxima, generalizándolas como arenas. Dentro de la categoría de las arenas, los mayores porcentajes de las muestras se encuentran entre arena gruesa y arena muy gruesa, que abarcan desde los 0.5 mm (1 phi) hasta los 1.68 mm (-0.75 phi) (Tabla 8). La referencia se tomó de la tabla de tamaños de sedimentos de Folk (1972).

Tabla 7. Clasificación de las muestras de sedimento de Punta Comitán.

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES %																	
mm	phi	tamaño	M1a	M1b	M1c	M1d	M1e	M2a	M2b	M2c	M2d	M2e	M3a	M3b	M3c	M3d	M3e
7	-2.50	piedrecillas	16	4.22	3.95	1.73	3.31	4.18	5.31	3.23	0.12	2.41	27.8	4.01	3.89	1.87	4.13
5.5	-2.25	piedrecillas															
4	-2.00	piedrecillas															
3.36	-1.75	granulos															
2.83	-1.50	granulos															
2.38	-1.25	granulos															
2	-1.00	granulos	83.9	96	95.9	98.3	96.6	95.8	94.3	95.4	99.1	96.6	72	95.9	95.8	97.9	95.5
1.68	-0.75	arena muy gruesa															
1.41	-0.50	arena muy gruesa															
1.19	0.0	arena muy gruesa															
0.5	1.0	arena gruesa															
0.25	2.0	arena media															
0.125	3.0	arena fina	0.14	0.12	0.15	0.03	0.13	0.01	0.38	1.43	0.77	0.95	0.13	0.09	0.34	0.31	0.32
0.0625	4.0	arena muy fina															
0.031	5.0	limo grueso															
0.0156	6.0	limo dedio															
0.0078	7.0	limo fino	0.0039	8.0	limo muy fino	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0039	8.0	limo muy fino															
		%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 8. Porcentajes de los sedimentos.

PORCENTAJE DE TIPO DE MATERIAL																	
mm	phi	tamaño	M1a	M1b	M1c	M1d	M1e	M2a	M2b	M2c	M2d	M2e	M3a	M3b	M3c	M3d	M3e
7	-2.50	pedrecillas	0.708	0.414	0.277	0.000	0.580	0.704	0.392	0.565	0.000	0.424	7.990	0.265	1.804	0.128	1.189
5.5	-2.25	pedrecillas	1.614	0.420	0.541	0.264	0.193	0.395	0.532	0.386	0.000	0.159	1.877	0.000	0.128	0.124	0.577
4	-2.00	pedrecillas	1.849	0.581	0.827	0.640	0.280	0.680	0.968	0.565	0.030	0.463	3.749	0.798	0.122	0.345	0.581
3.36	-1.75	granulos	2.059	0.492	0.482	0.072	0.295	0.432	0.494	0.294	0.000	0.385	3.189	0.695	0.263	0.519	0.578
2.83	-1.50	granulos	2.105	0.651	0.490	0.218	0.863	0.432	0.815	0.439	0.030	0.229	3.396	0.761	0.190	0.476	0.141
2.38	-1.25	granulos	3.416	0.812	0.545	0.207	0.434	0.615	0.896	0.581	0.029	0.526	3.657	0.699	0.653	0.153	0.581
2	-1.00	granulos	4.287	0.852	0.789	0.329	0.668	0.926	1.213	0.395	0.027	0.226	3.983	0.792	0.728	0.126	0.486
1.68	-0.75	arena muy gruesa	3.345	0.864	0.930	0.442	0.673	1.009	1.076	0.490	0.018	0.207	3.048	0.865	0.680	0.521	0.587
1.41	-0.50	arena muy gruesa	50.636	31.374	22.805	11.037	33.306	51.786	56.477	21.393	4.653	11.675	41.157	42.251	9.725	14.194	4.926
1.19	0.0	arena muy gruesa	27.178	46.237	50.947	55.714	53.158	38.695	32.896	46.774	33.029	36.175	25.284	44.553	35.033	35.480	25.214
0.5	1.0	arena gruesa	2.531	16.540	20.398	29.912	8.922	4.041	3.219	25.005	55.694	45.640	2.340	7.822	41.981	42.405	58.937
0.25	2.0	arena media	0.158	0.913	0.753	1.034	0.431	0.221	0.309	1.352	5.320	2.616	0.144	0.334	8.035	5.028	5.458
0.125	3.0	arena fina	0.037	0.047	0.072	0.100	0.047	0.040	0.175	0.145	0.281	0.207	0.042	0.046	0.271	0.234	0.340
0.0625	4.0	arena muy fina	0.029	0.022	0.044	0.035	0.036	0.026	0.139	0.193	0.100	0.089	0.029	0.028	0.070	0.061	0.065
0.031	5.0	limo grueso	0.025	0.019	0.031	0.011	0.028	0.010	0.106	0.281	0.097	0.120	0.022	0.012	0.041	0.036	0.029
0.0156	6.0	limo medio	0.022	0.018	0.026	0.014	0.025	0.000	0.083	0.299	0.115	0.164	0.020	0.011	0.036	0.029	0.023
0.0078	7.0	limo fino	0.019	0.013	0.020	0.001	0.020	0.000	0.060	0.272	0.125	0.177	0.018	0.011	0.031	0.025	0.020
0.0039	8.0	limo muy fino	0.073	0.067	0.073	0.000	0.058	0.000	0.133	0.580	0.438	0.493	0.069	0.054	0.228	0.215	0.252
		%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

8.7.2. Características de los sedimentos

Es de destacar que los sedimentos en las costas de Punta Comitán contienen una gran cantidad de fragmentos de concha (Fig. 86). Esta situación es mucho más notoria en la época de invierno cuando el oleaje comienza a depositar sedimentos en la parte suroeste de Punta Comitán (Fig. 86a).



Figura 86. Características de las muestras colectadas en Punta Comitán.



Figura 86a. Característica de los sedimentos en temporada de invierno en la parte suroeste de Punta Comitán.

8.8. Localización del área de extracción del material para el relleno

Se propone extraer el material para el relleno de la isla del extremo oeste del canal de navegación de la Ensenada de La Paz, ya que este material es arena con un phi 3.75 a -0.75 de acuerdo a la literatura, este material es arena gruesa y cumple con el tamaño de grano que se encontró en Punta Comitán. De esa manera el uso de material similar permitiría un tiempo de vida útil más prolongado que si usáramos sedimentos diferentes (Fig. 87). El propósito de extraer el material de esta área es para no afectar el prisma de marea, y con esto mejorar la circulación en el canal principal de la ensenada.

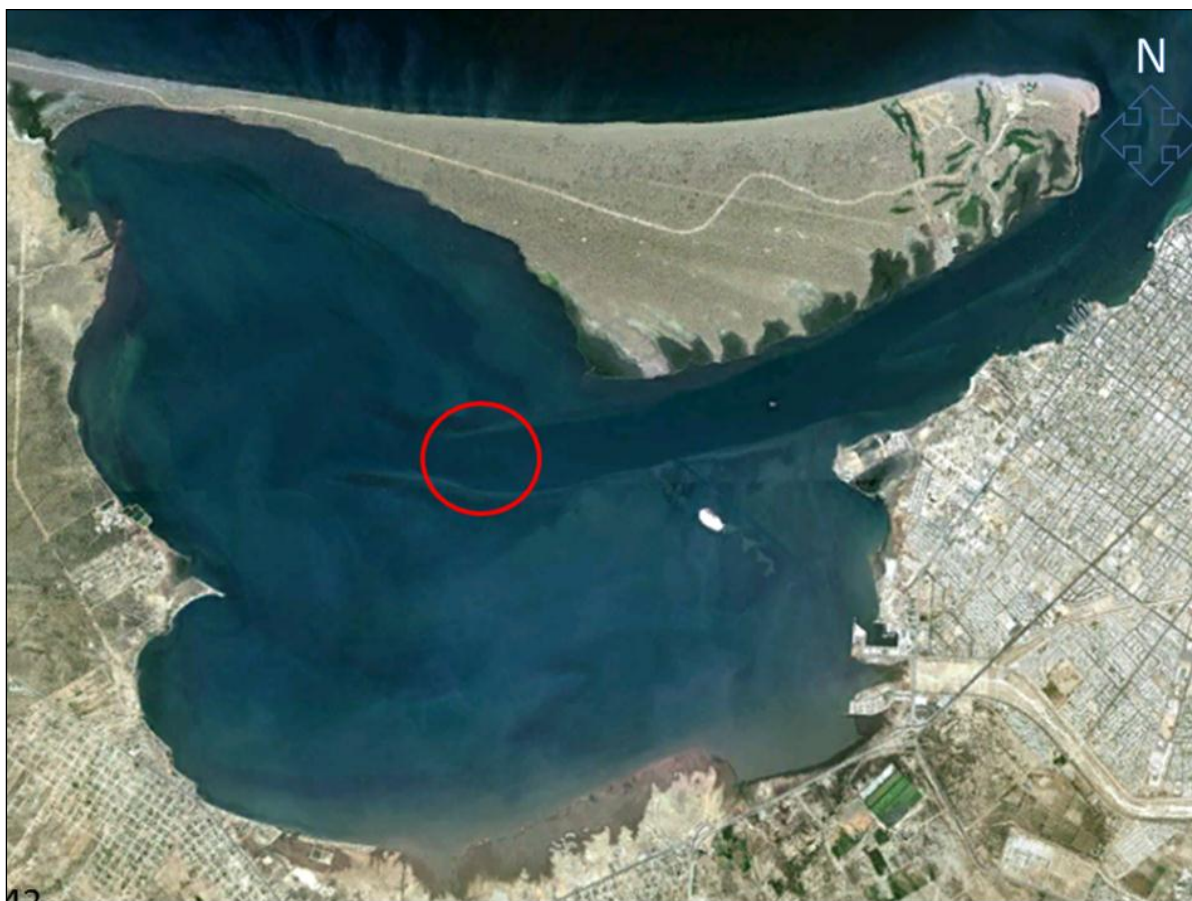


Figura 87. Localización del área sugerida para la extracción del material para el relleno de la isla.

8.9. Huracanes y tormentas tropicales

La Península de Baja California, es afectada cada año por tormentas tropicales y ciclones, pues las condiciones geográficas y meteorológicas hacen que estos fenómenos generados en la zona tropical viajen hacia la península. La NOAA ha registrado 38 huracanes y tormentas tropicales de 1949 a 2010 en un radio de 125 km (Fig. 88 y 89), (Tabla 9).

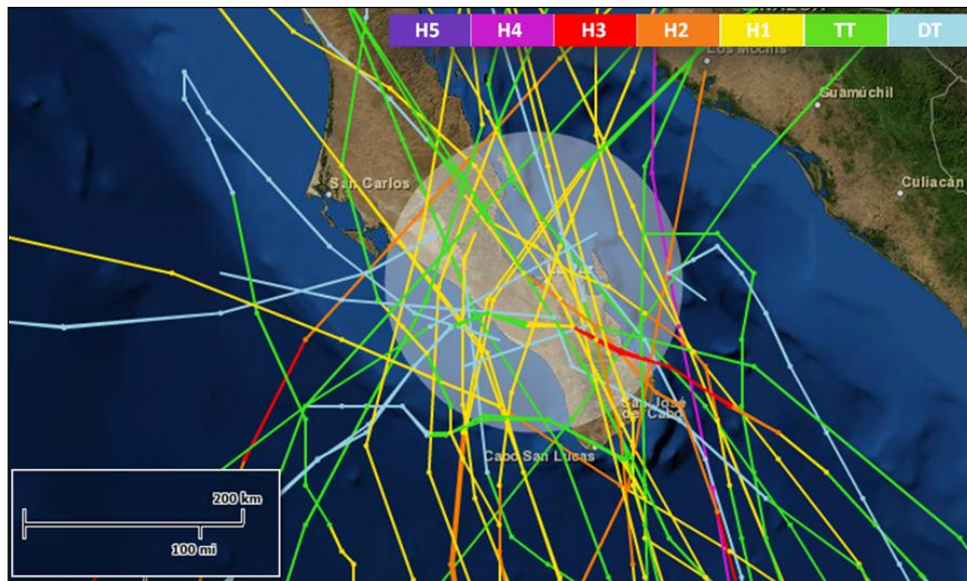


Figura 88. Historial de la trayectoria de huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales en la Ciudad de La Paz, con un radio de 125 km (NOAA, 2014).

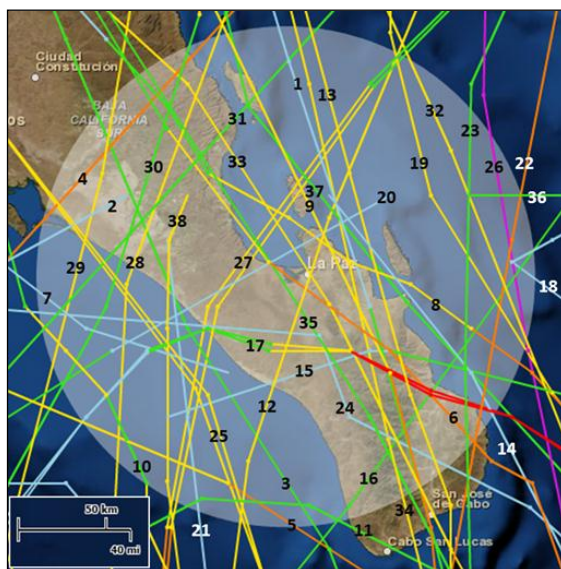


Figura 89. Descripción de los huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales (NOAA, 2014).

Tabla 9. Descripción de fenómenos meteorológicos ocurridos en la Ciudad de La Paz en un radio de 125 km.

Categorías: D, depresión tropical; TT, tormenta tropical; H, huracán. (NOAA, 2014).

NO.	NOMBRE	AÑO	VELOCIDAD km/h	CATEGORÍA
1	GEORGETTE	2010	63	TT
2	OLAF	2009	45	DT
3	JULIO	2008	72	TT
4	NORBERT	2008	162	H2
5	HENRIETTE	2007	117	H1
6	JOHN	2006	153	H2
7	OTIS	2005	36	DT
8	IGNACIO	2003	126	H1
9	MARTY	2003	144	H1
10	JULIETTE	2001	117	H1
11	GREG	1999	81	TT
12	FAUSTO	1996	126	H1
13	HENRIETTE	1995	144	H1
14	S/N	1993	45	DT
15	KALVIN	1993	54	DT
16	RACHEL	1990	99	TT
17	KIKO	1989	180	H3
18	DEBIE	1988	36	DT
19	NEWTON	1986	126	H1
20	POLO	1984	54	DT
21	GENEVIEVE	1984	45	DT
22	PAUL	1982	171	H2
23	LIDIA	1981	63	TT
24	IRWIN	1981	54	DT
25	DOREEN	1977	117	H1
26	LIZA	1976	216	H3
27	IRAH	1973	117	H1
28	PAULINE	1968	135	H1
29	KATRINA	1967	135	H1
30	OLIVIA	1967	81	TT
31	KIRSTEN	1966	81	TT
32	DIANA	1960	135	H1
33	S/N	1959	135	H1
34	S/N	1958	81	H1
35	S/N	1958	135	H1
36	S/N	1957	81	TT
37	S/N	1955	81	TT
38	S/N	1949	135	H1

8.10. Determinación de la altura del oleaje

A lo largo de todas las costas, las olas representan la mayor fuente de energía en la zona litoral, parte de la energía que llega a la costa es reflejada y devuelta hacia el mar abierto, y el resto (la mayoría) se transforma para generar corrientes costeras y transporte de sedimentos y es, en última instancia, la fuerza que dirige y domina los cambios morfológicos a lo largo de este espacio de transición entre el mar y la tierra. Este es uno de los motivos por lo que el conocimiento de las fuerzas que generan las olas y su dinámica es fundamental para entender la morfología costera y gestionar las actividades y procesos que sobre ella se asientan (Guisado-Pintado *et al.*, 2010).

La Ensenada de La Paz tiene un fetch máximo de alrededor de 13 km, que va desde la boca de la ensenada hasta la parte suroeste (Fig. 90). De acuerdo al monograma de predicción de oleaje para aguas someras hasta 3 m de profundidad (Bretschneider, 1959), se puede predecir la altura de las olas generadas cuando se presentan fenómenos meteorológicos, como tormentas tropicales y huracanes. Tomando en cuenta vientos sostenidos de hasta 70 m/s (252 km/h) se podrían generar olas de 1.5 m de altura con periodos de 5.5 segundos dentro de un escenario bastante catastrófico (Fig. 91).

Una vez construida la isla, con un fetch máximo de 10.2 km, distancia desde la boca de la ensenada hasta la isla con dirección ENE-OSO, se podrían generar olas con una alturas máximas de 1.5 m con periodos de 4.5 segundos, tomando en cuenta que el viento tenga ésta dirección y vientos sostenidos con velocidades de hasta 70 m/s (este caso jamás se ha presentado dentro de la Ensenada de La Paz) (Fig. 92).



Figura 90. Fetch máximo en la Ensenada de La Paz.

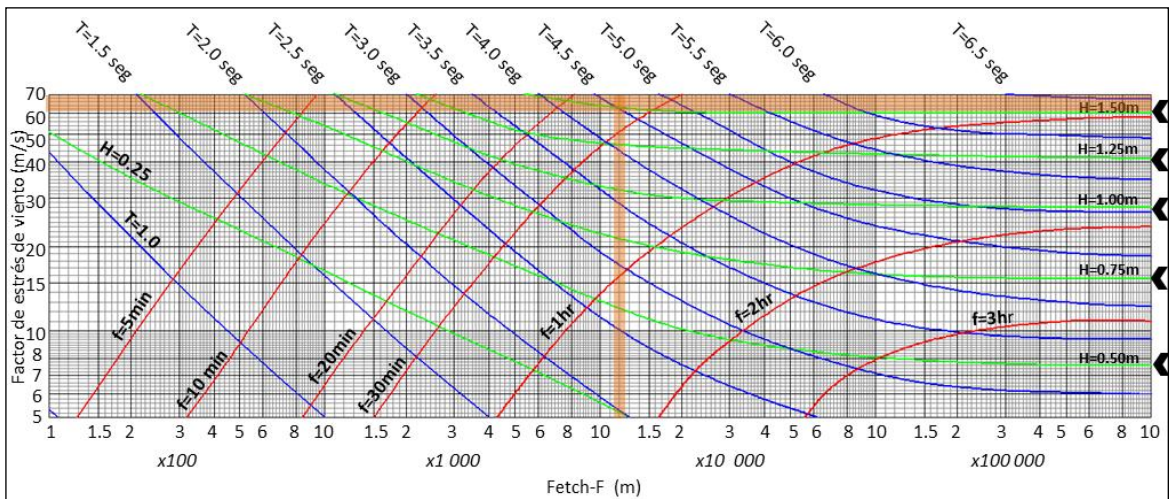


Figura 91. Tabla para determinar la altura del oleaje para zonas someras (hasta 3 m).



Figura 92. Distancias máximas de fetch que pueden afectar al área de estudio.

Según el registro de tormentas tropicales y huracanes de la NOAA, que han ocurrido cerca de la Ciudad de La Paz, dentro de los más significativos se encuentran: Huracán John en 1996 con vientos máximos sostenidos ($v_{ms} = 23.6 \text{ m/s}$), Huracán Fausto en 1996 con ($v_{ms} = 19.4 \text{ m/s}$), Huracán SN en 1959 con ($v_{ms} = 20.8 \text{ m/s}$), estos tres eventos pasaron sobre la ciudad. El Huracán Marty en 2003 con ($v_{ms} = 80 \text{ km/h}$) pasó a 19 km de la ciudad, el Huracán Ignacio en 2003 con ($v_{ms} = 22.2 \text{ m/s}$) a 25 km de la ciudad, el Huracán Henriette en 1995 con ($v_{ms} = 22.2 \text{ m/s}$) a 37 km de la ciudad, el Huracán Kiko en 1989 con ($v_{ms} = 22.2 \text{ m/s}$) a 42 km de la ciudad y el Huracán Liza en 1976 con ($v_{ms} = 33.3 \text{ m/s}$) a 110 km de la ciudad.

De los tres huracanes que pasaron sobre la ciudad el de mayor energía fue el Huracán John, recorriendo una dirección SE-NO, generando oleaje de 0.75 m de altura y periodos de 3 segundos (Fig. 93).

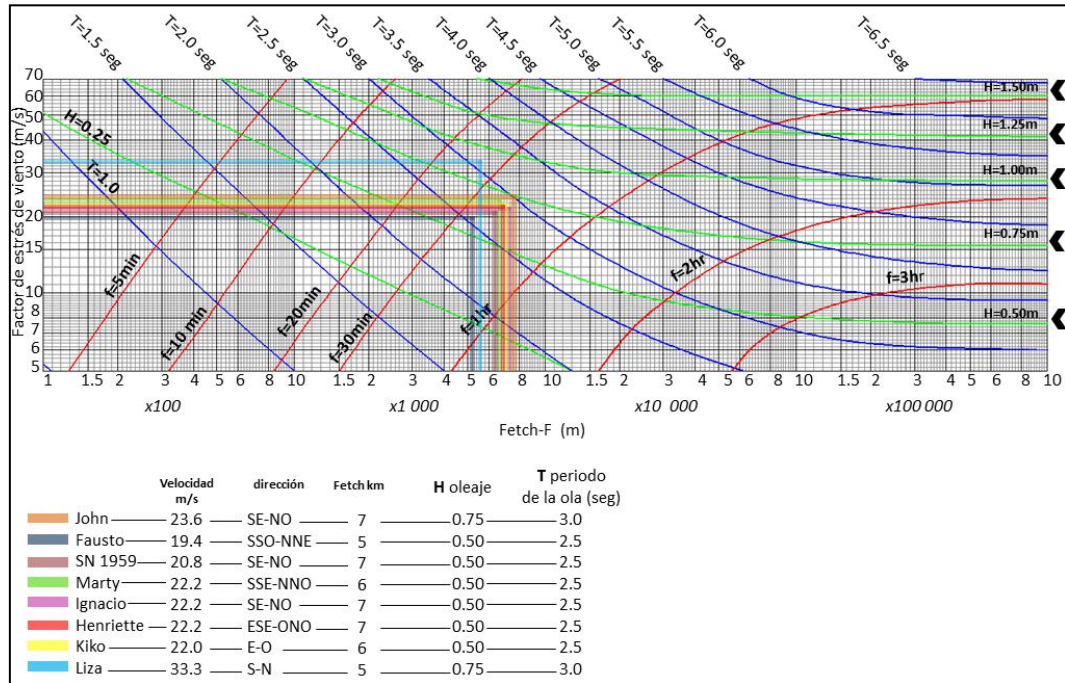


Figura 93. Altura del oleaje para los huracanes que han pasado cerca y sobre la Ensenada de La Paz (Bretschneider, 1959).

8.11. Proceso de erosión o acreción de sedimentos en el área de estudio

De acuerdo al diagrama de Hjulstrom (1935) en donde se muestra la velocidad crítica de erosión en m/s, como una función del tamaño de la partícula en mm o phi, en la Ensenada de La Paz frente a Punta Comitán con base al tamaño de grano y la velocidad promedio de las corrientes superficiales lagrangeanas, se tiene un proceso de transportación (Fig. 94). Esta dinámica en el transporte de sedimentos se aprecia en los perfiles de playa del transecto 5 (Fig. 70) en el cual se puede observar que hay un cambio estacional en la estructura de la punta, resultado del oleaje y la corriente. Estos perfiles contienen los mayores porcentajes

de sedimento grueso, con una gran cantidad de fragmento de conchas, lo que hace que el sedimento sea más susceptible al transporte (Fig. 86a).

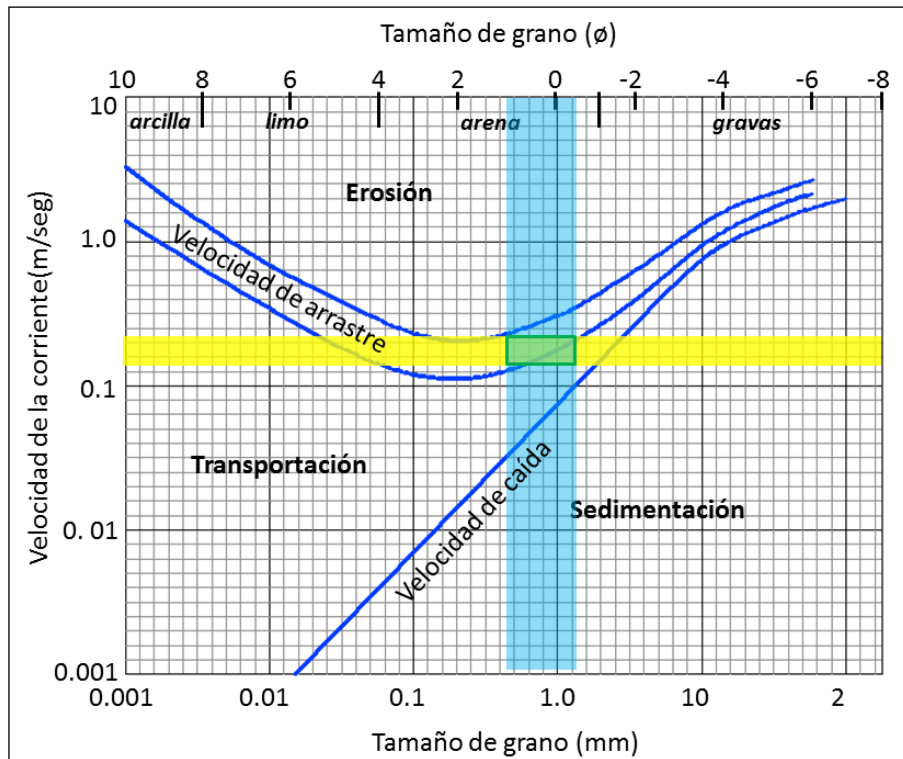


Figura 94. Proceso de erosión o acreción los sedimentos (Hjulstrom, 1935).

8.12. Modelo numérico

Los resultados de la modelación numérica muestran el patrón de circulación de la Ensenada de La Paz, tanto en el flujo como en el reflujo de la marea y un viento uniforme de 5 m/s del noroeste. Frente a Punta Comitán, en el área de interés, la simulación concuerda con los datos obtenidos en campo.

La simulación muestra la distribución vectorial de las corrientes generadas por la acción de la marea y un viento uniforme de 5 m/s del noroeste, en cada octavo del período modelado.

En el primer octavo de las corrientes modeladas, se encontraba en flujo. Una vez que la corriente llega al final del canal en la parte interna de la ensenada, esta

se dispersa hacia las partes bajas tomando direcciones hacia el noroeste y sur con menor velocidad. La corriente que se dirige hacia la parte noroeste al acercarse a la costa hace una bifurcación en dos direcciones bordeando la costa una por la parte interna de El Mogote y la otra va desde el Estero Zacatecas hasta Punta Comitán (Fig. 95). Esta corriente se aleja de Punta Comitán en dirección suroeste hasta aproximadamente 700 m, luego cambia de dirección dirigiéndose de nuevo hacia la costa. La velocidad máxima frente a Punta Comitán es de 0.075 m/s (Fig. 96).

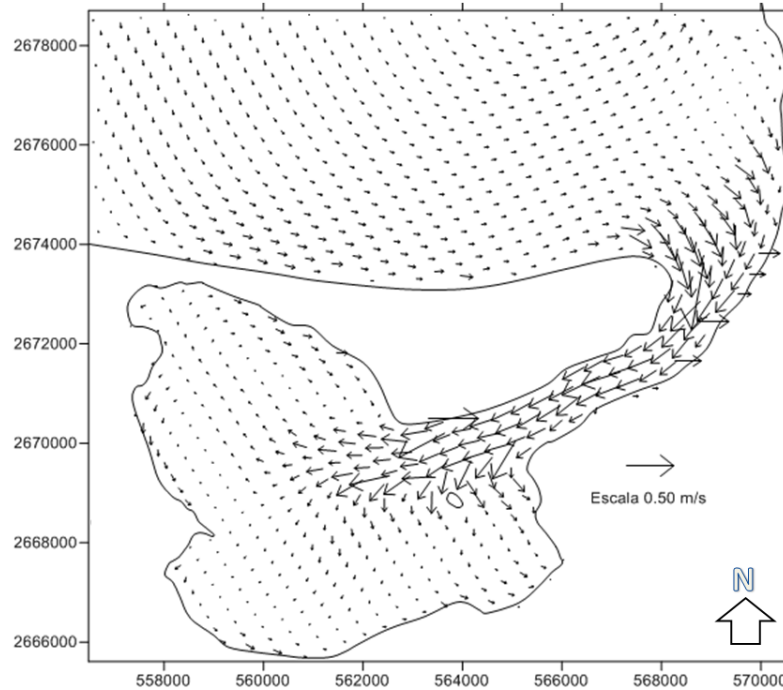


Figura 95. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación.

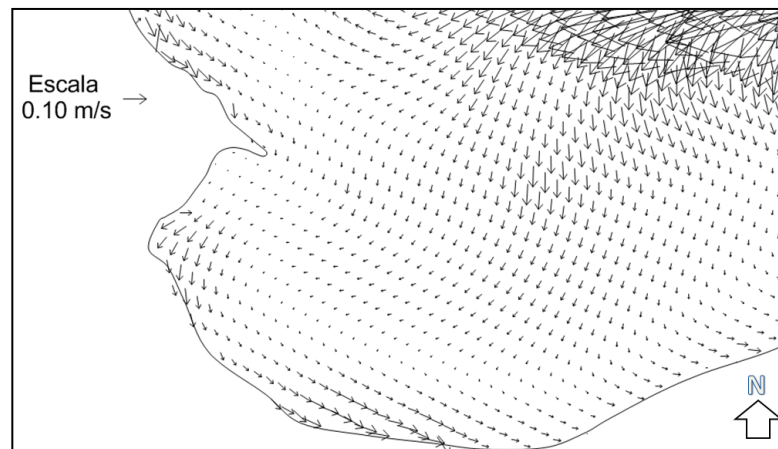


Figura 96. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación.

En el segundo octavo las corrientes modeladas continúan en flujo, la rapidez se ha incrementado en toda la ensenada (Fig. 97), en este octavo la corriente cambia de dirección frente a la costa de Punta Comitán con una velocidades máximas de 0.12 m/s (Fig. 98).

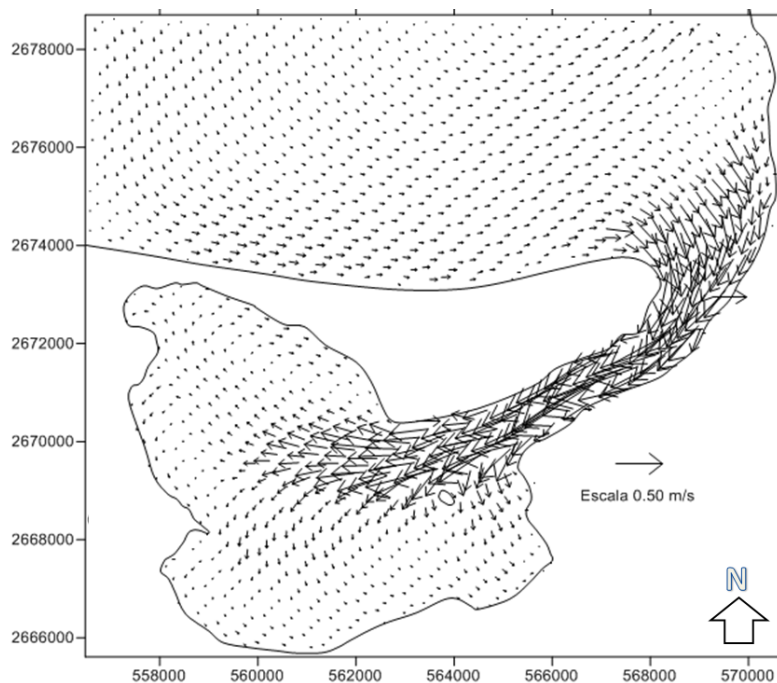


Figura 97. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación.

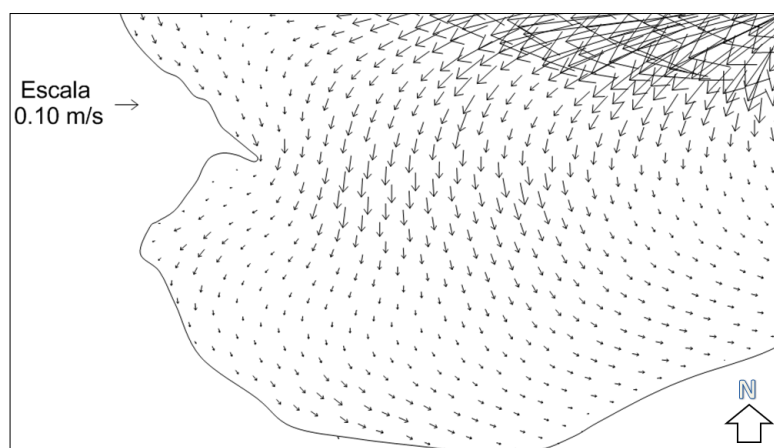


Figura 98. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación.

El tercer octavo, la circulación se encuentra en reflujo. Se puede observar las velocidades más intensas frente a las costras en la porción nornoroeste de la ensenada, mientras que las menores velocidades se localizaron en la parte central (Fig. 99). La corriente cambia de dirección frente a la costa de Punta Comitán con una rapidez máximas de 0.06 m/s (Fig. 100).

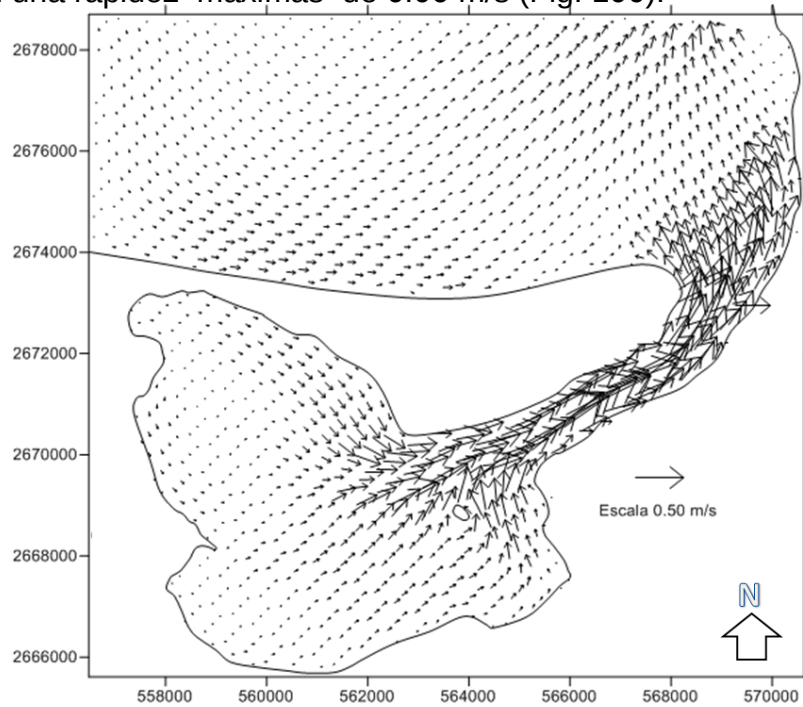


Figura 99. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación.

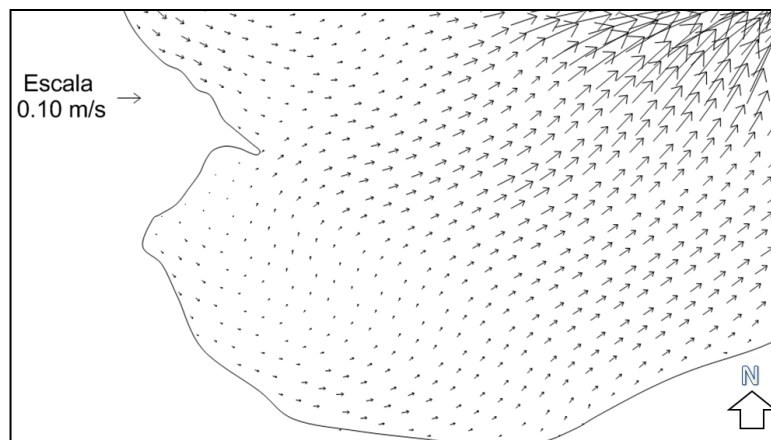


Figura 100. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación.

El cuarto octavo, las corrientes modeladas continúan en reflujo. La rapidez se ha incrementado en toda la ensenada, sobre todo en el canal principal (Fig. 101). Frente a Punta Comitán se observan corrientes en dirección noreste para integrarse a la circulación del canal principal, con velocidades máximas de 0.125 m/s (Fig. 102).

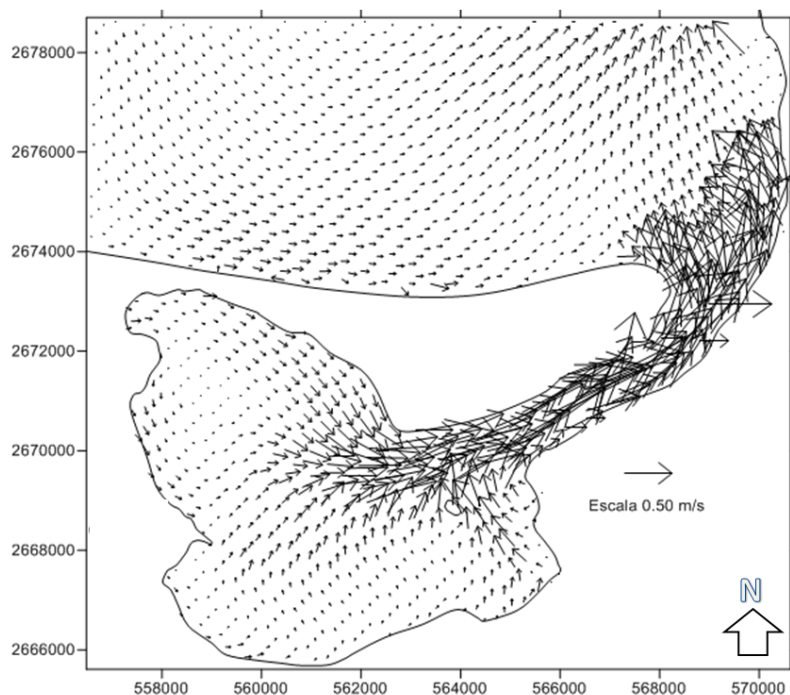


Figura 101. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación.

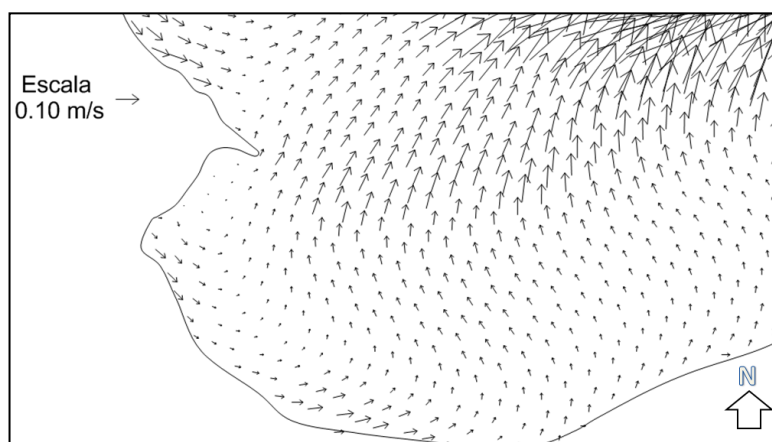


Figura 102. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación.

En el quinto octavo, la circulación continúa en reflujo, las corrientes disminuyeron su velocidad en todas las partes de la ensenada (Fig. 103). La velocidad máxima simulada frente Punta Comitán es de 0.16 m/s, hacia el noreste para integrarse al canal principal (Fig. 104).

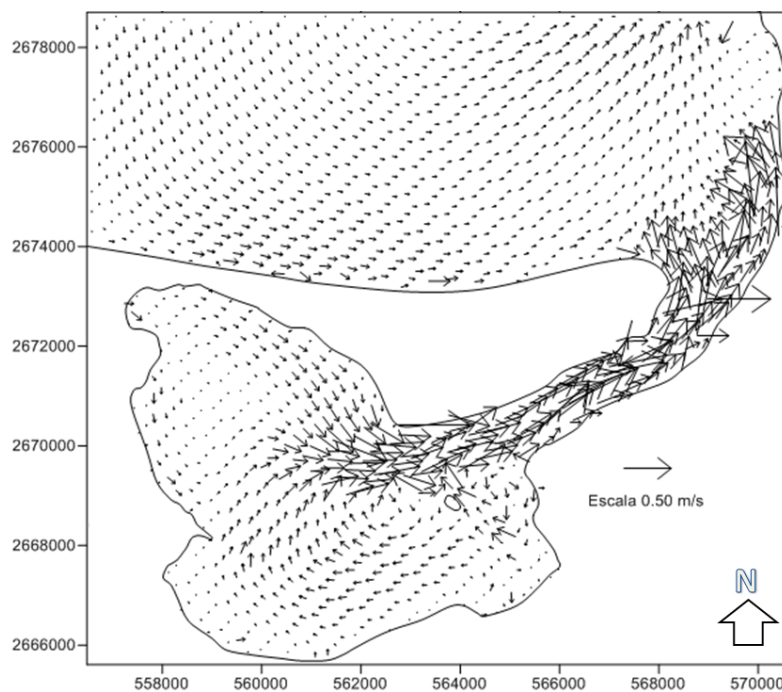


Figura 103. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación.

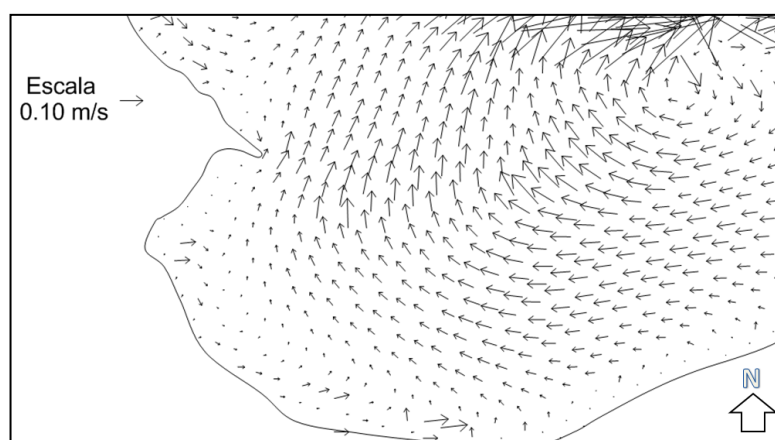


Figura 104. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación.

En el sexto octavo modelado, la circulación se encuentra en el flujo de la marea (Fig. 105). Las corrientes frente a Punta Comitán se dirigen hacia el suroeste y las velocidades máximas simulada fue de 0.090 m/s (Fig. 106).

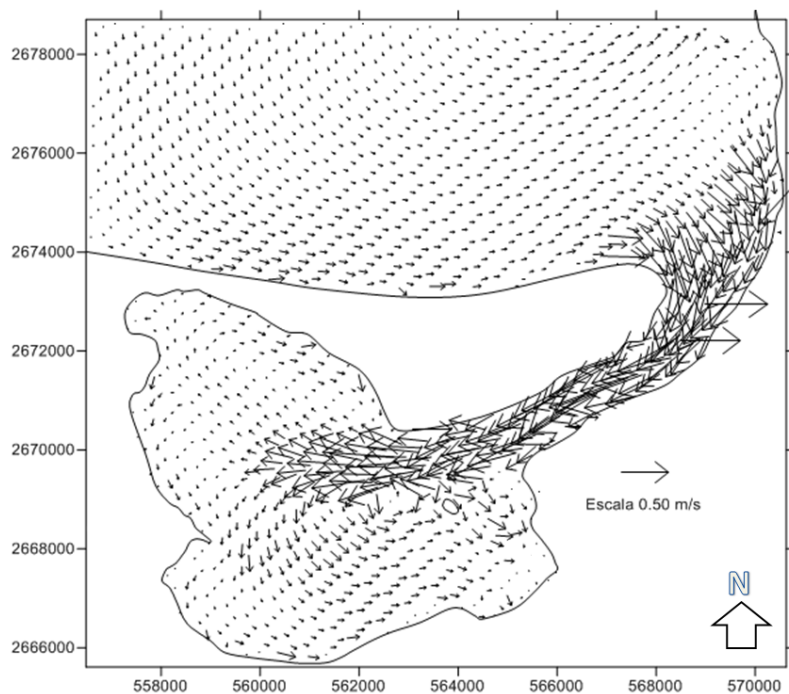


Figura 105. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación.

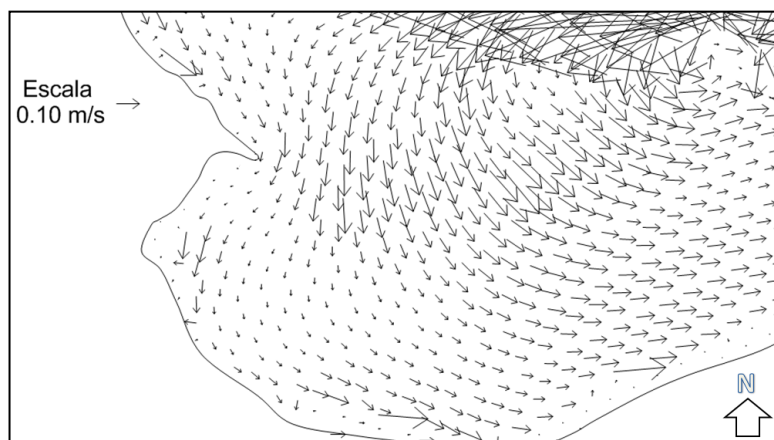


Figura 106. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación.

Para el séptimo octavo, la circulación se encuentra nuevamente en flujo. Las velocidades se intensifican en la parte central de la ensenada y disminuyen cuando se bifurcan frente al Estero de Zacatecas y retornan por las costas (Fig. 107). Al llegar la corriente frente a Punta Comitán disminuye de 0.075 m/s a 0.035 m/s (Fig. 108).

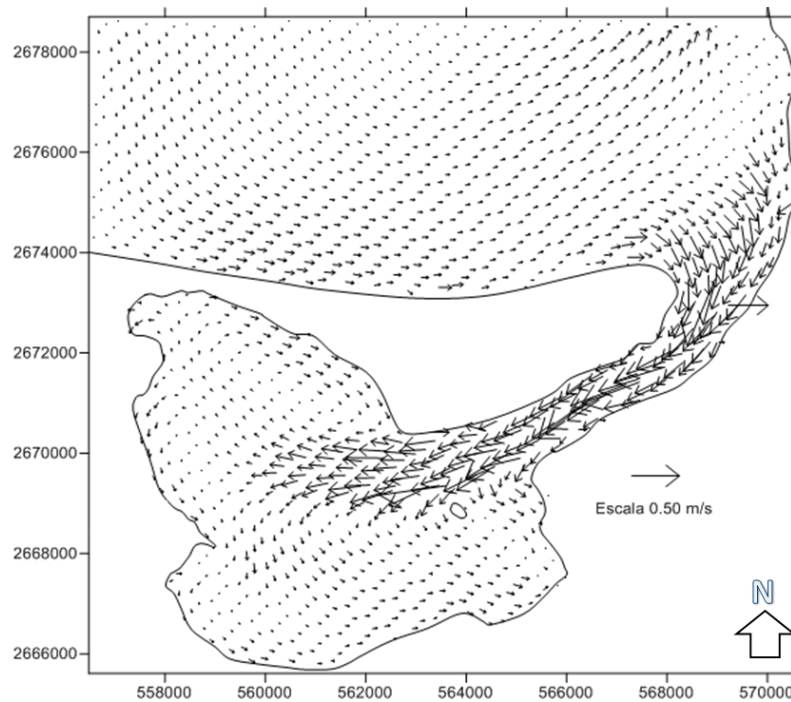


Figura 107. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación.

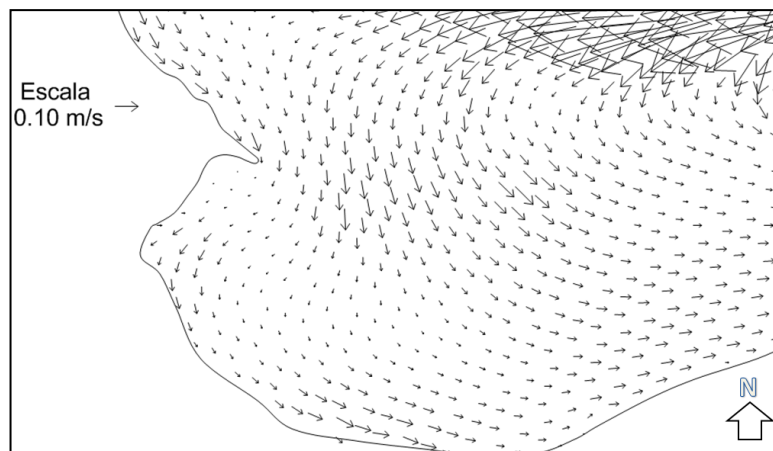


Figura 108. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación.

En el último octavo de la simulación, la circulación se encuentra en reflujo, y nuevamente las corrientes frente a las costas de la parte interna de la ensenada se incrementaron y las de la parte central se disminuyeron (Fig. 109). Frente a Punta Comitán la velocidad máxima que se simuló fue de 0.10 m/s con dirección noreste (Fig. 110).

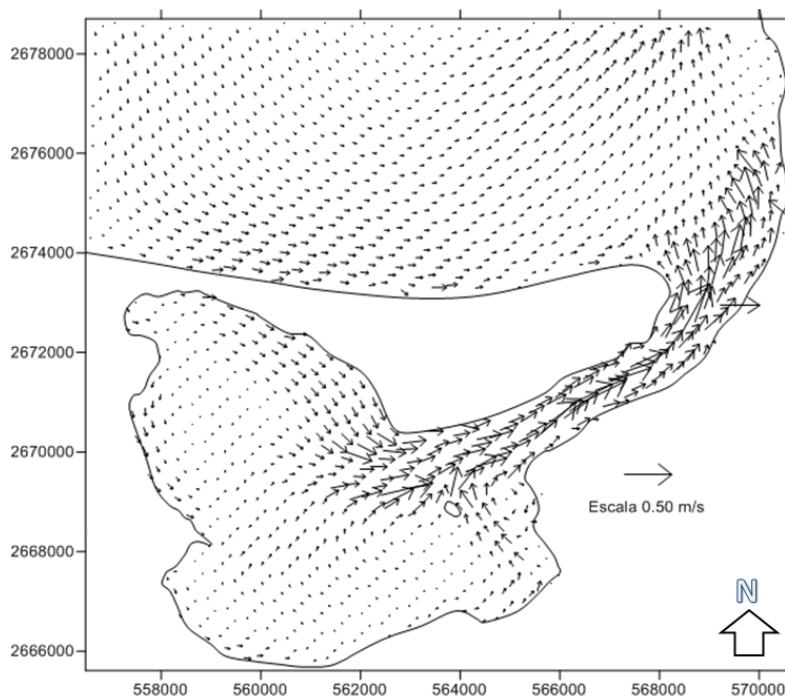


Figura 109. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el último octavo de la simulación.

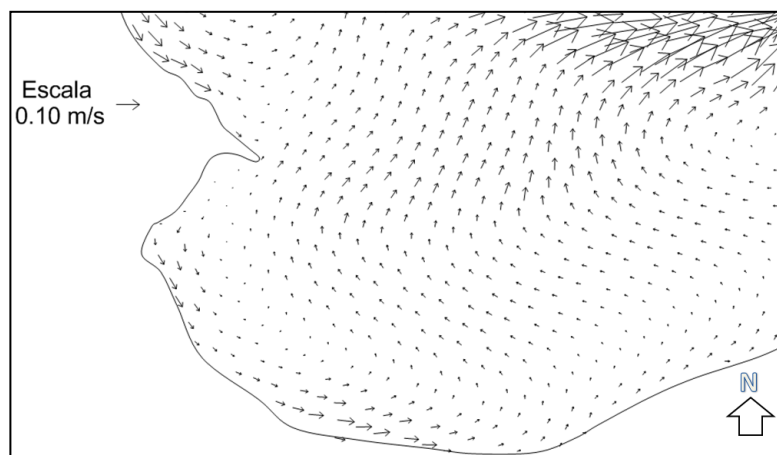


Figura 110. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el último octavo de la simulación.

Las corrientes simuladas incluyendo la Isla Artificial, en el primer octavo, se encuentran en flujo, con direcciones similares a la simulación sin la Isla Artificial (Fig. 111). Frente a Punta Comitán las corrientes presentan dirección sureste con una rapidez de 0.010 m/s, una vez que llega al extremo de la isla se intensifica a 0.050 m/s, después de la Isla Artificial gira al suroeste y disminuye la velocidad a 0.010 m/s. En el área del canal, entre la Isla Artificial y Punta Comitán, tenemos corrientes de 0.020 m/s (Fig. 112).

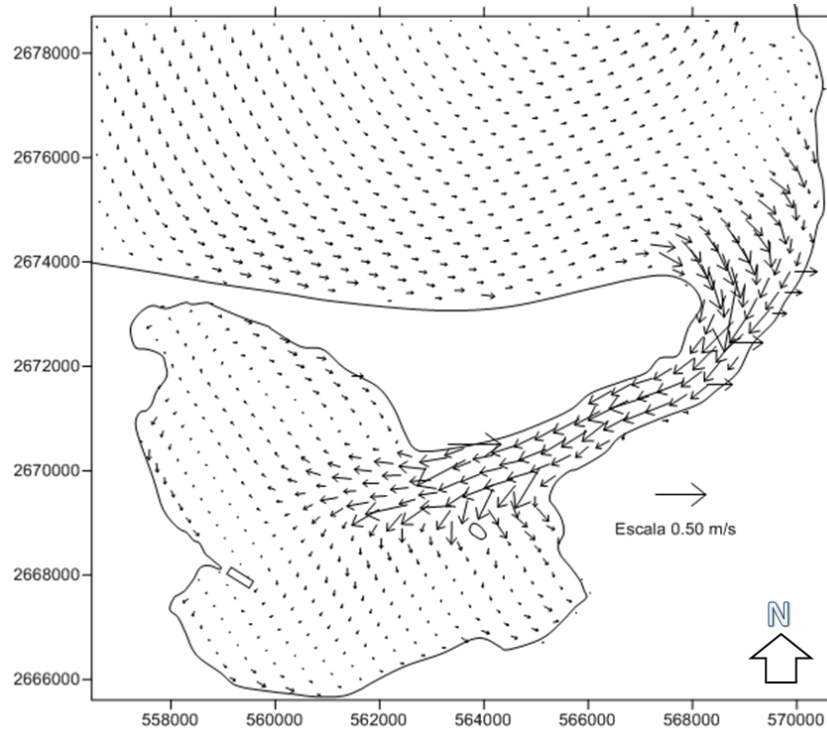


Figura 111. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación con la Isla Artificial.

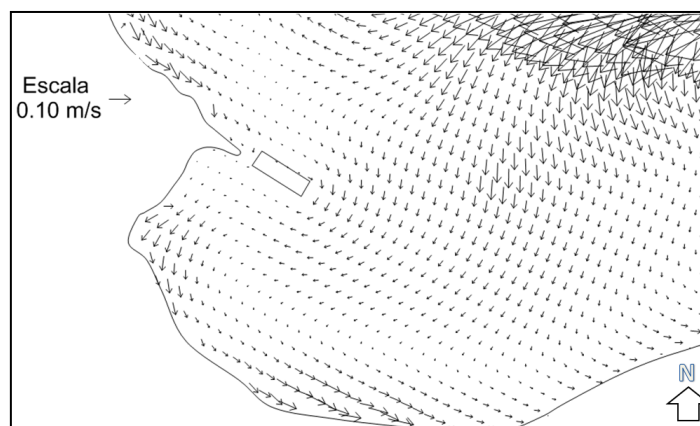


Figura 112. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el primer octavo de la simulación con la Isla Artificial.

En el segundo octavo de la simulación con la Isla Artificial, la circulación continúa en flujo en la ensenada (Fig. 113). Las corrientes que se presentan frente al área de Punta Comitán, su dirección dominante es al sureste rodean la isla con velocidades de 0.07 m/s y se dirigen al noroeste, disminuyen su velocidad a 0.010 m/s (Fig. 114).

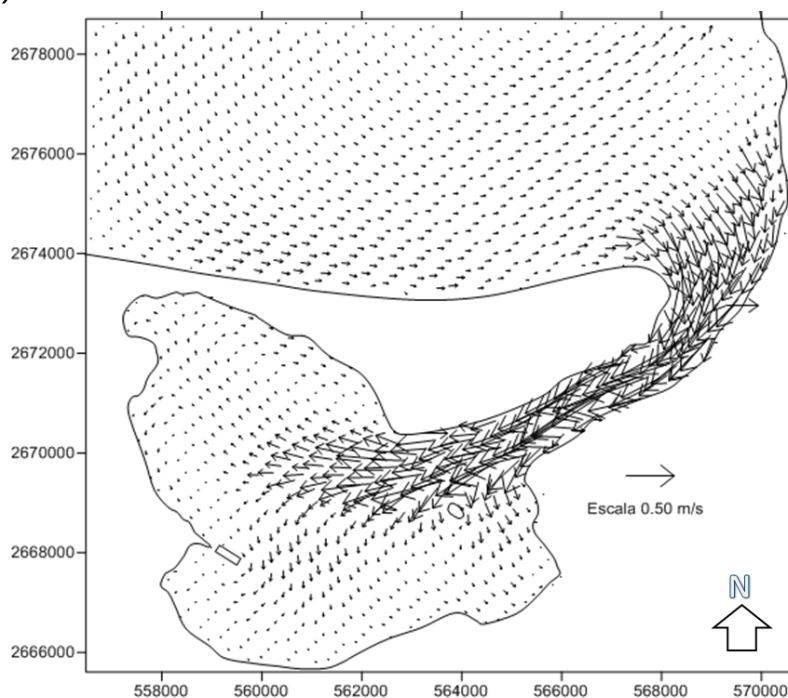


Figura 113. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación con la Isla Artificial.

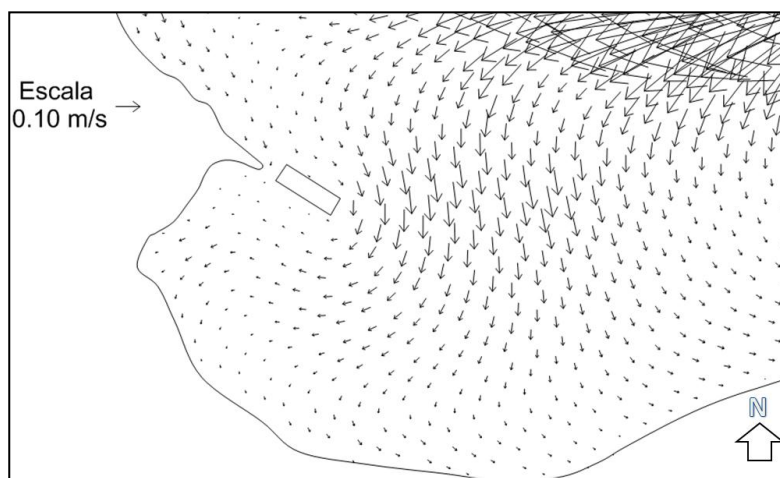


Figura 114. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el segundo octavo de la simulación con la Isla Artificial.

Para el tercer octavo de la simulación con la Isla Artificial, la circulación se ha invertido, encuentra en reflujo (Fig. 115). Alrededor de la isla, las velocidades tienen una rapidez de 0.010 m/s con dirección noreste para salir por el canal principal de la ensenada. La velocidad de la corriente en el canal entre Punta Comitán y la isla artificial es de 0.015 m/s en dirección al canal principal de la ensenada (Fig. 116).

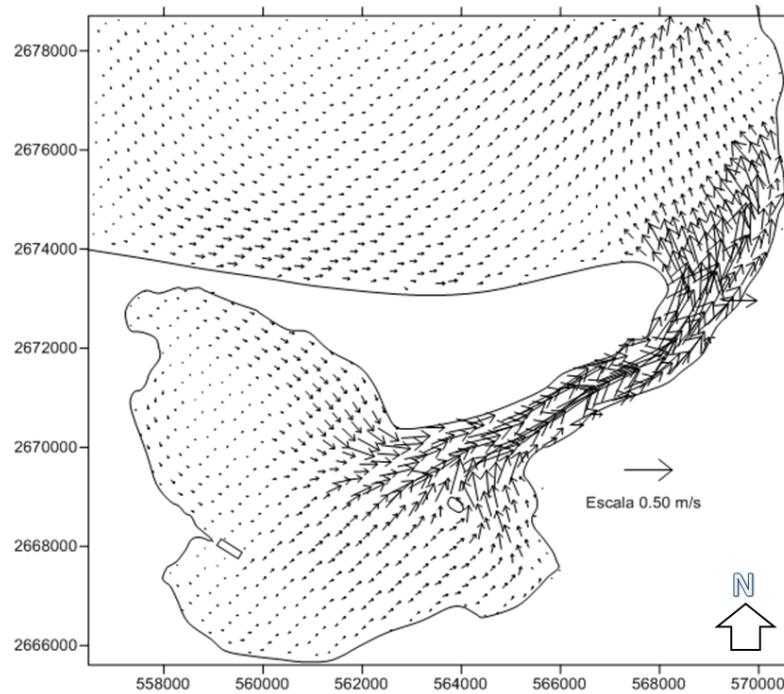


Figura 115. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación con la Isla Artificial.

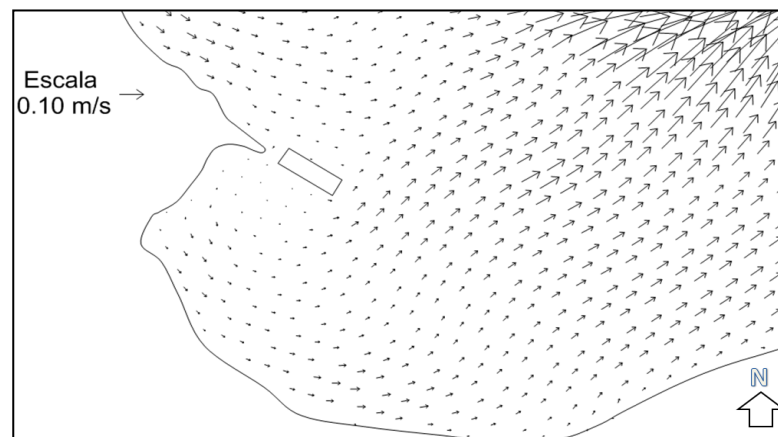


Figura 116. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el tercer octavo de la simulación con la Isla Artificial.

Para el cuarto octavo de la simulación con La Isla Artificial, la circulación se aprecia en reflujo y vaciando la ensenada (Fig. 117). En el canal entre la isla y Punta Comitán su velocidad es de 0.025 m/s y en el extremo de la isla es de 0.065 m/s (Fig. 118).

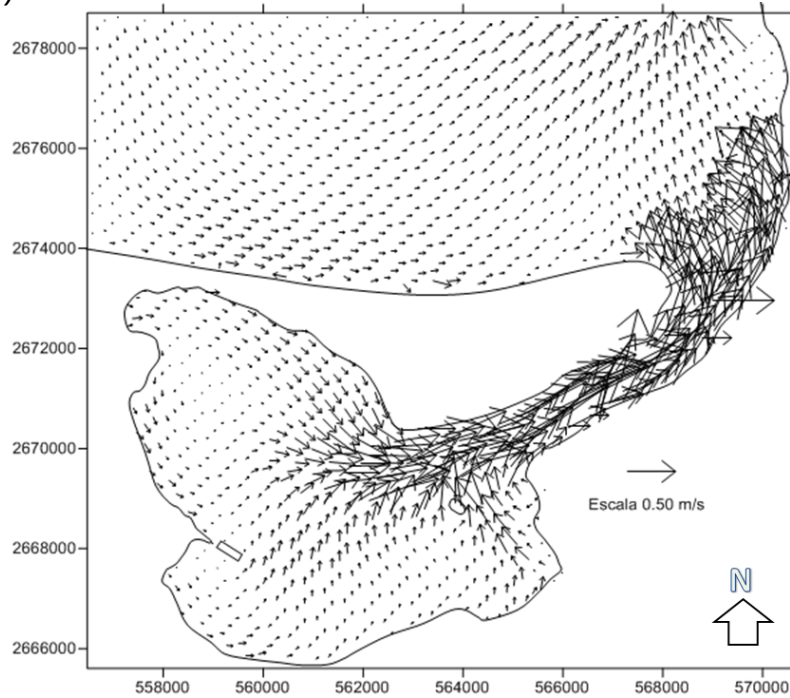


Figura 117. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

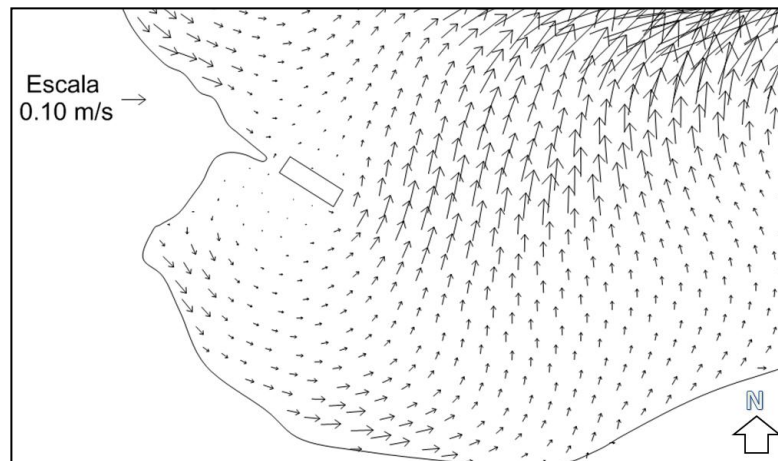


Figura 118. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el cuarto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

Para el quinto octavo de la simulación con La Isla Artificial, la circulación continua en reflujo (Fig. 119). Las velocidades entre Punta Comitán y la isla se incrementaron a 0.030 m/s con dirección noreste y en el extremo de la isla la rapidez es de 0.10 m/s en dirección noreste para salir por el canal principal en la ensenada (Fig. 120).

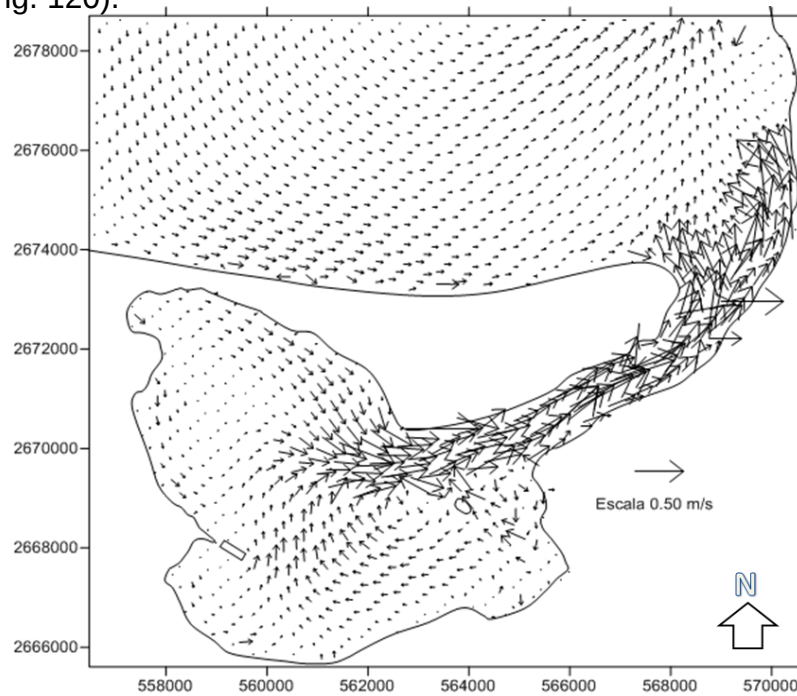


Figura 119. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

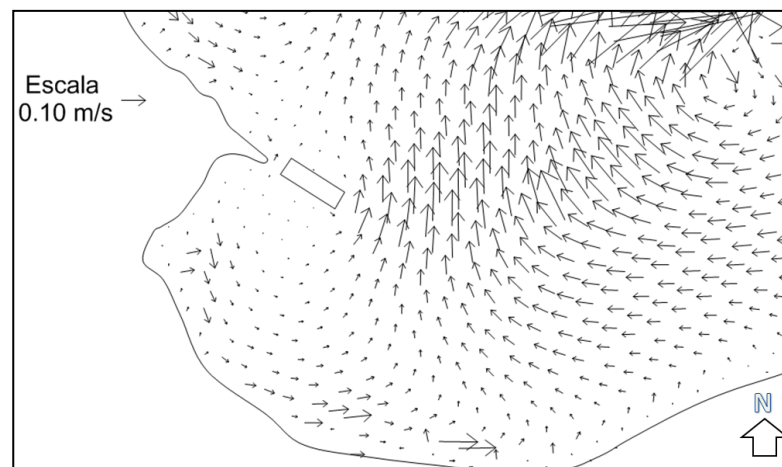


Figura 120. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el reflujo de la marea en el quinto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

En el sexto octavo las corrientes simuladas se encontraban en flujo. (Fig. 121). Frente a Punta Comitán las corrientes presentan dirección sureste con una rapidez de 0.040 m/s, una vez que llega al extremo de la isla se intensifica a 0.10 m/s, después de la Isla Artificial gira al suroeste y disminuye la velocidad a 0.010 m/s. En el área del canal, entre la Isla Artificial y Punta Comitán, tenemos corrientes de 0.025 m/s con dirección suroeste (Fig. 122).

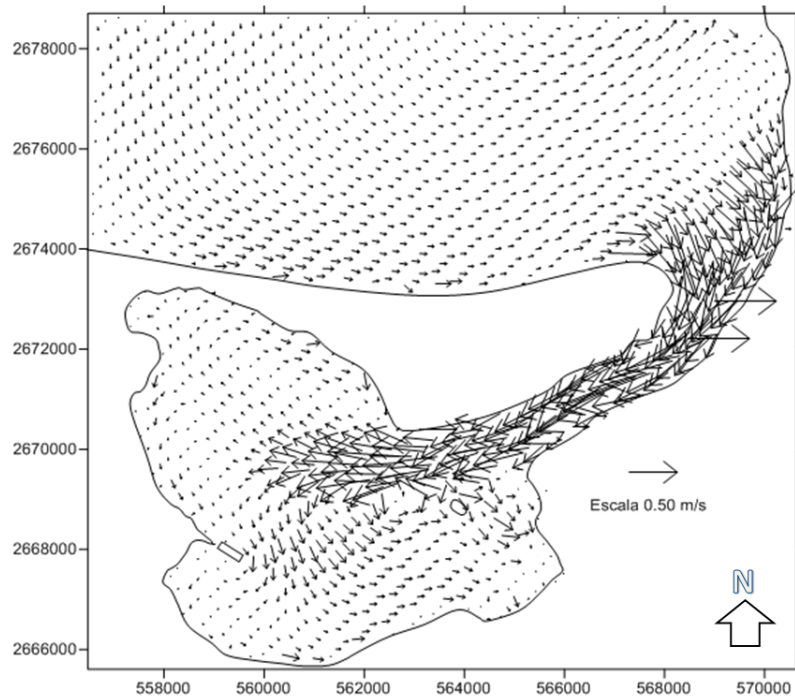


Figura 121. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

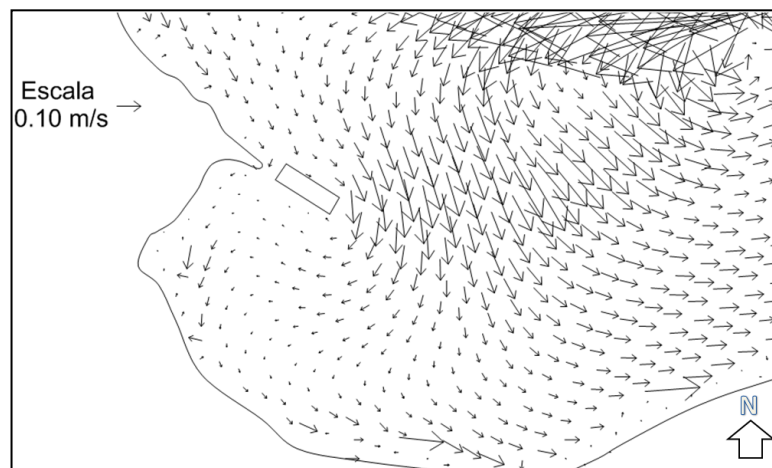


Figura 122. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el sexto octavo de la simulación con la Isla Artificial.

Para el séptimo octavo de la simulación con la Isla Artificial, la circulación continúa en el flujo (Fig. 123). Alrededor de la isla, las velocidades tienen una rapidez de 0.010 m/s y las velocidades de la parte sureste son de 0.040 m/s. La velocidad de la corriente en el canal entre Punta Comitán y la isla artificial es de 0.010 m/s y mantiene la dirección suroeste (Fig. 124).

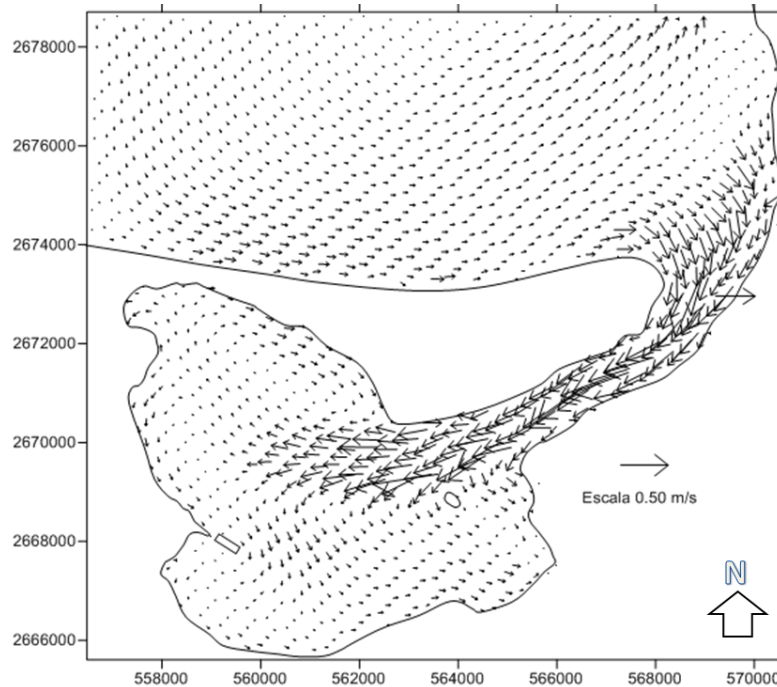


Figura 123. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación con la Isla Artificial.

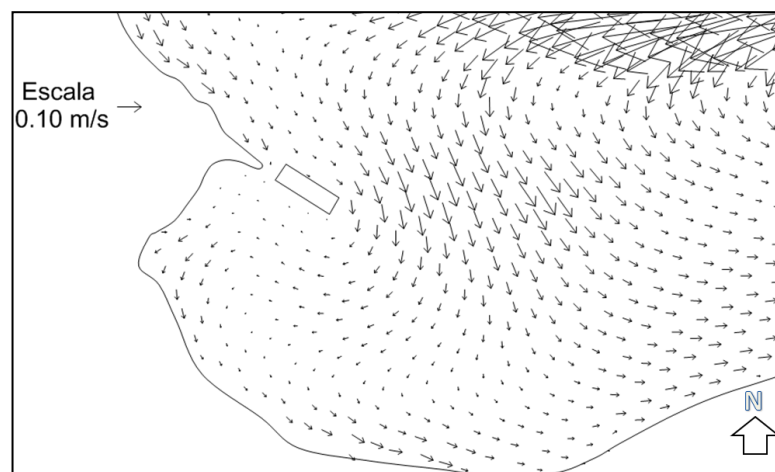


Figura 124. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el flujo de la marea en el séptimo octavo de la simulación con la Isla Artificial.

Para el último octavo de la simulación con La Isla Artificial, la circulación se aprecia en refluo (Fig. 125). En el canal entre la isla y Punta Comitán la velocidad es de 0.010 m/s con dirección noreste para salir de la zona de Punta Comitán y en el extremo de la isla es de 0.020 m/s con dirección al canal principal de la ensenada (Fig. 126).

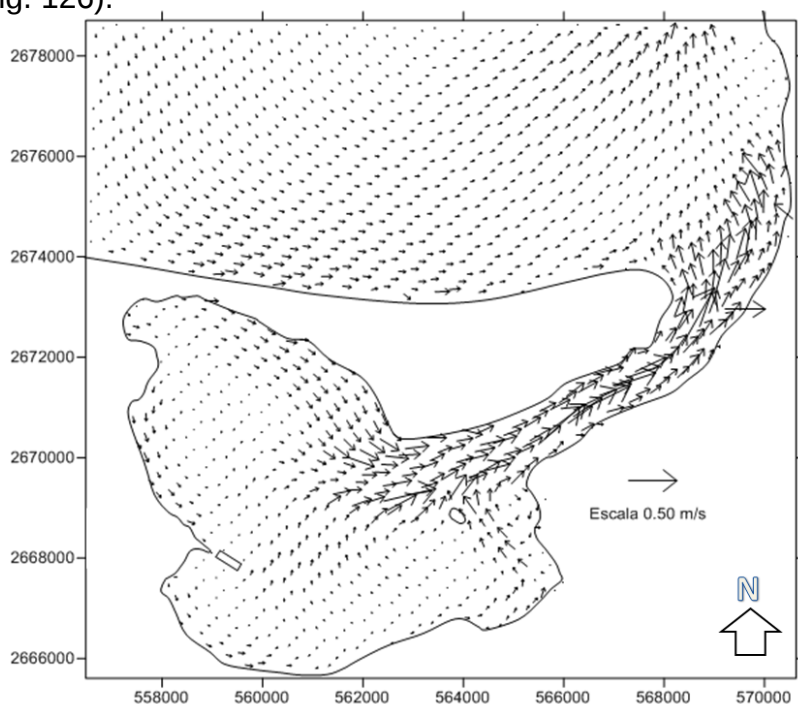


Figura 125. Dirección de las corrientes en la Ensenada de La Paz, durante el refluo de la marea en el último octavo de la simulación con la Isla Artificial.

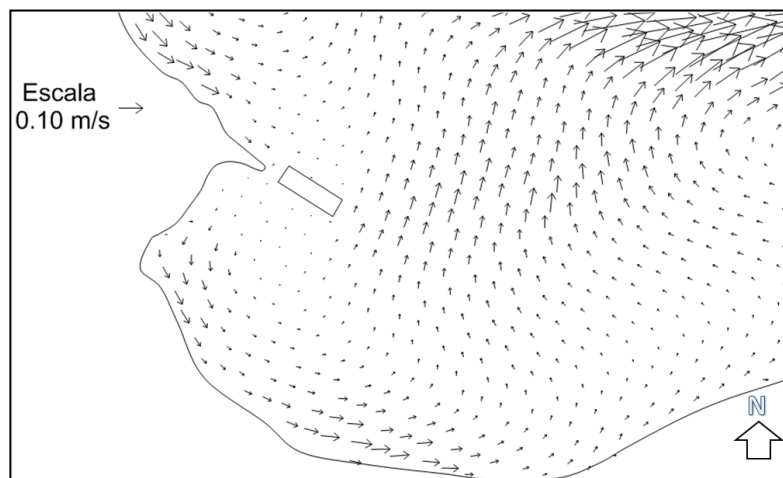


Figura 126. Dirección de las corrientes frente a Punta Comitán, durante el refluo de la marea en el último octavo de la simulación con la Isla Artificial.

La distribución de velocidades residuales en La Ensenada de La Paz (Fig. 127 y 128), muestra al final del período simulado, las magnitudes máximas en la boca de la ensenada, del orden de 0.12 m/s en condiciones de refluojo. En la parte interna de la ensenada las velocidades más altas se presentan en la costa de la parte interna de El Mogote con rapidez del orden de 0.08 m/s y desde El Estero Zacatecas hasta Punta Comitán con magnitud de 0.06 m/s, con direcciones al sureste y suroeste respectivamente. En la parte sur de la ensenada la corriente costera es la más significativa, desde Punta Comitán hasta el Canal de Fidepaz, con velocidades de 0.04 m/s. En el resto de la ensenada las velocidades son mínimas.

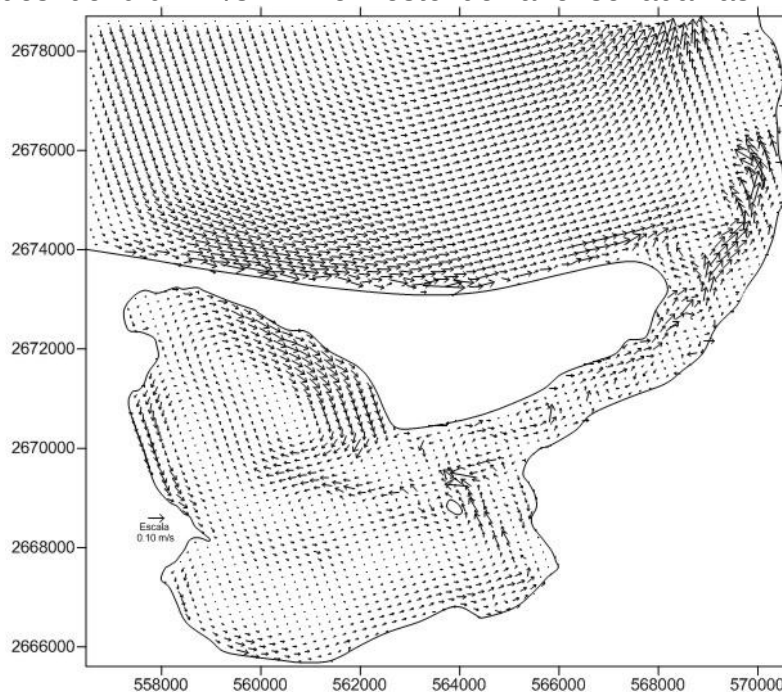


Figura 127. Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz.

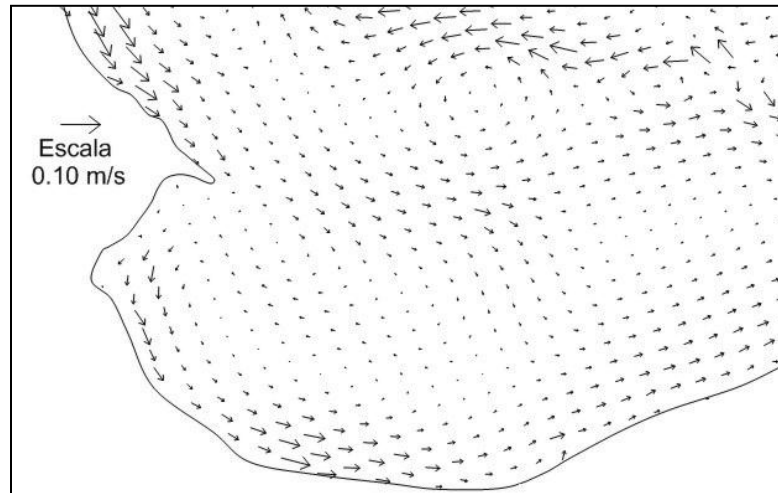


Figura 128. Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, frente a Punta Comitán.

La distribución que se muestra en las velocidades residuales con la isla artificial, presentan una distribución en refluo en la boca de la ensenada, en general es similar al patrón que presenta la distribución residual sin la isla (Fig. 129 y 130), las diferencias que se pueden apreciar son mínimas y se localizan frente a la isla en la porción sureste (Fig. 131).

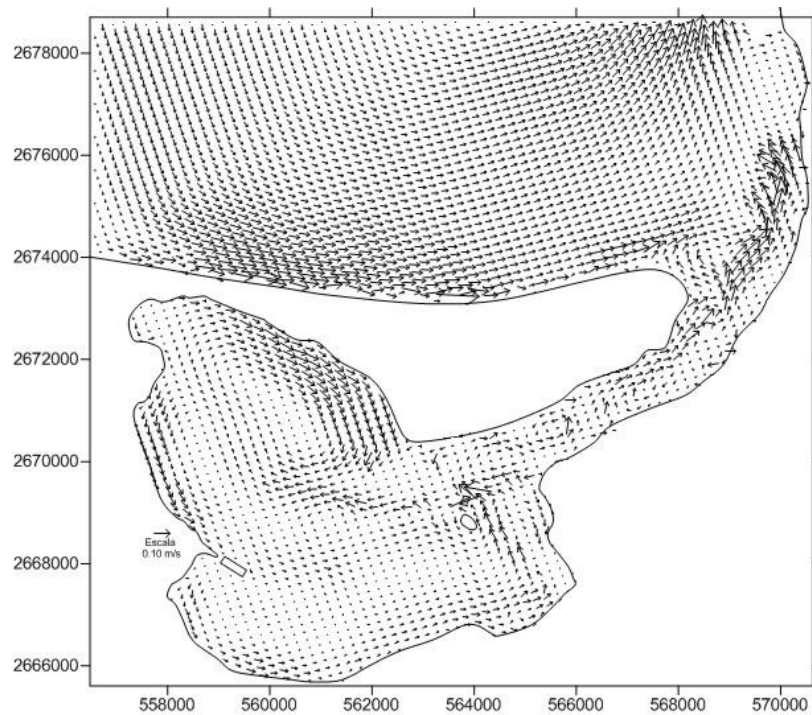


Figura 129. Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, simulada con La Isla Artificial.

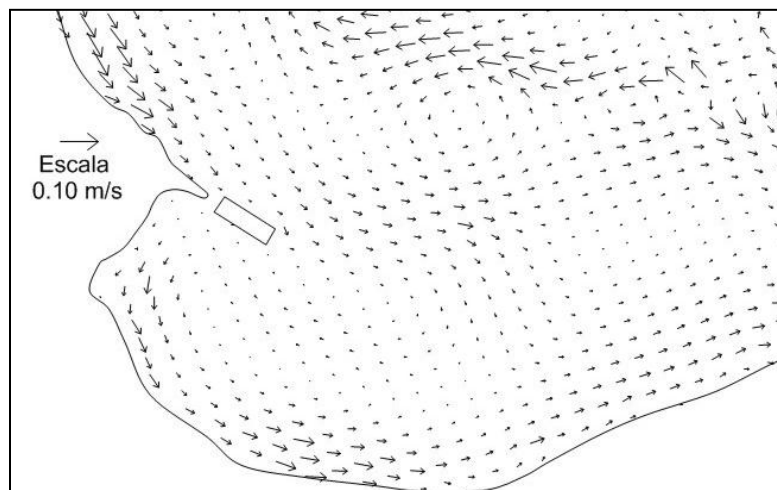


Figura 130. Velocidades residuales por marea y viento en La Ensenada de La Paz, frente a Punta Comitán, simulada con La Isla Artificial.

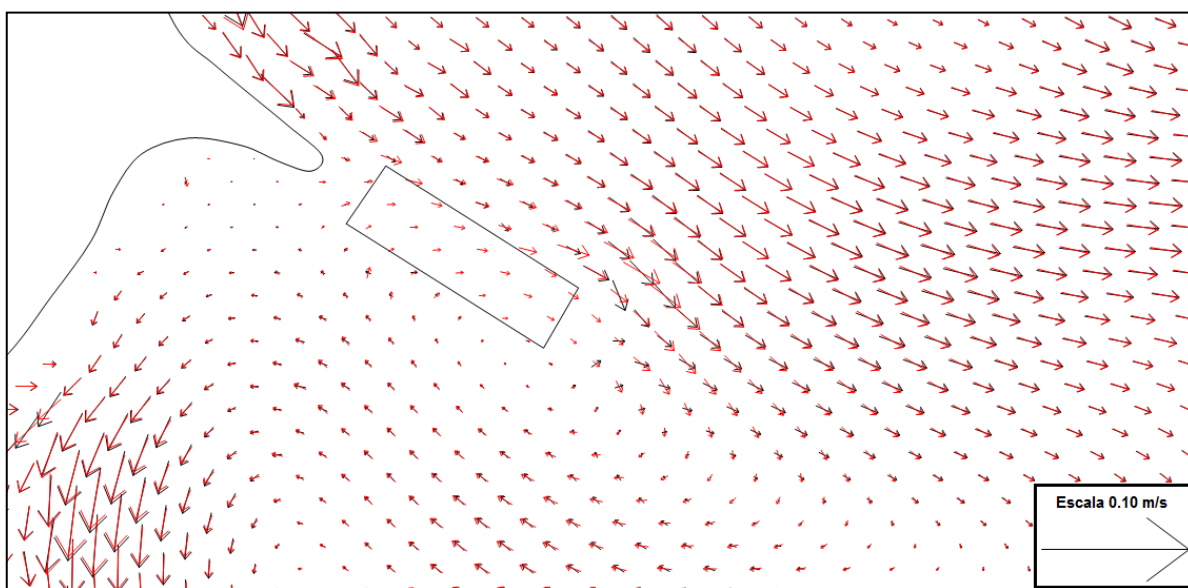
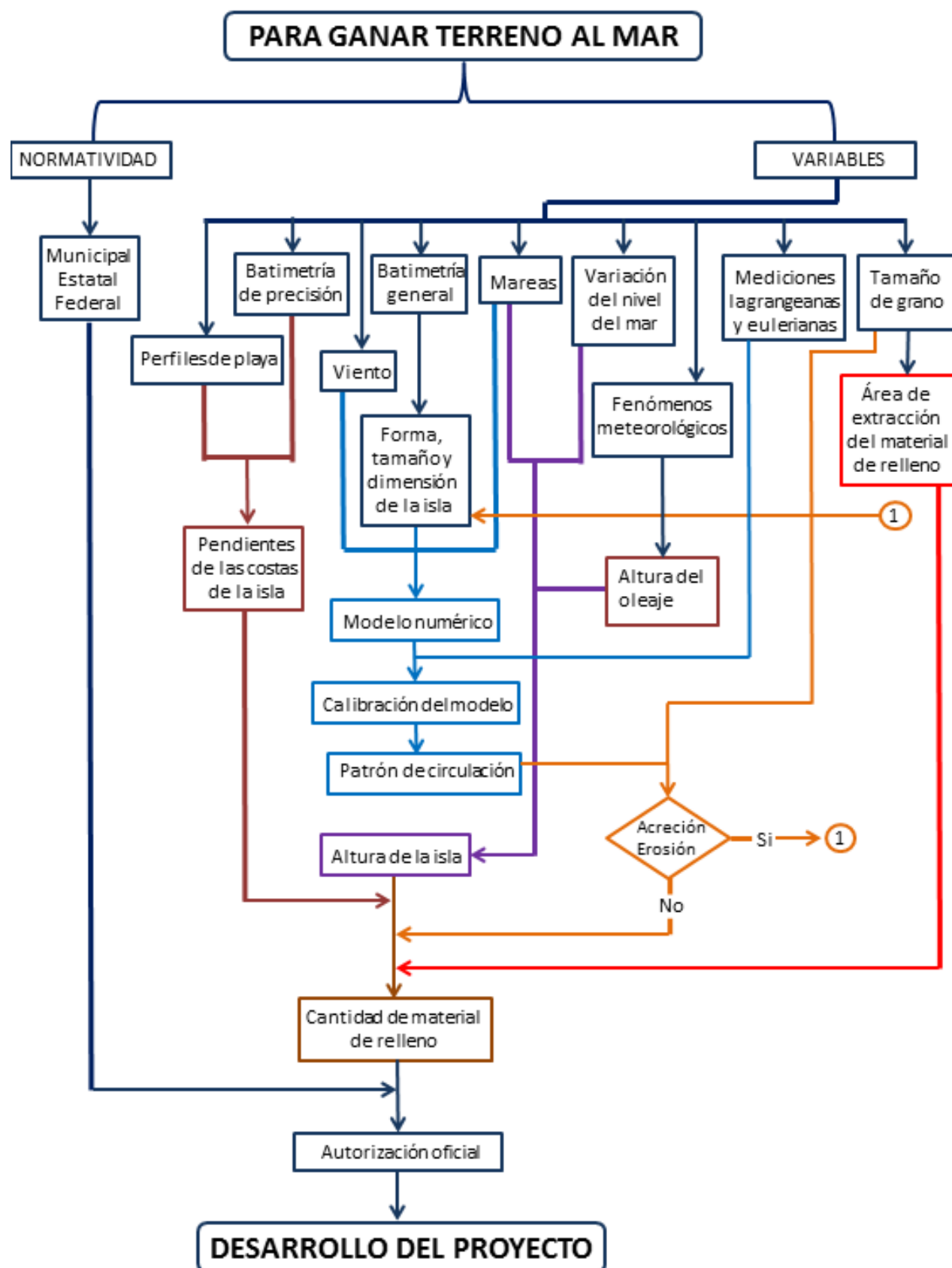


Figura 131. Velocidades residuales por marea y viento frente a Punta Comitán (en rojo se representan los vectores correspondientes a la residual y en negro los vectores simulados con la Isla Artificial).

8.13. Modelo Conceptual

El modelo conceptual de éste trabajo de tesis muestra un esquema de la normatividad y variables que se deben considerar en el planteamiento y desarrollo de una isla artificial, con las características anteriormente descritas.



9. DISCUSIÓN:

En este proyecto se propuso la construcción de una isla artificial para uso residencial turístico con zona de playa para cubrir la demanda de sus habitantes, y coadyuvar a la demanda de las playas en la zona litoral, ya que cada vez quedan menos espacios por el creciente desarrollo turístico.

Con los perfiles de playa se comprobó que existen cambios físicos provocados por el viento y el oleaje en las costas de Punta Comitán. Las playas de Punta Comitán modifican sus sedimentos dependiendo de la dirección reinante del viento en la costa noroeste o la suroeste. El material se acumula o erosiona en el transcurso de las estaciones del año, manteniendo la punta estable en un periodo anual, situación que favorece y respalda el planteamiento de la construcción de una isla artificial frente a Punta Comitán. Estos resultados son similares a lo reportado por Velasco-García (2009) donde indica una predominancia en los procesos eólicos y depositacionales por corrientes marinas, al sur de la Bahía de La Paz. Una situación similar se puede apreciar en el origen y permanencia de las dunas en la barrera arenosa de El Mogote, las cuales son depósitos de arena acumulados perpendicularmente a la dirección del viento.

El extremo de Punta Comitán presenta una barrera que cambia de dirección según la estación del año, siendo más significativo el cambio durante el invierno, esto responde, al oleaje generado por el viento dominante. Esta barrera arenosa es una acumulación de sedimento no compactado en forma de gancho con dirección suroeste en el invierno y dirección noreste en el verano.

Los perfiles uno, dos, tres y cuatro en la playa noreste de Punta Comitán, en invierno y verano son estables, no hay acumulación ni erosión. En primavera y otoño fue cuando se registró acumulación de sedimento en esta parte de la playa. En la playa suroeste de Punta Comitán en invierno se presentó acumulación de sedimentos, con la mayor cantidad en los perfiles tres, cuatro y cinco. En el perfil cinco de la playa suroeste se encontró que los sedimentos son inestables, es donde se presenta la mayor dinámica de Punta Comitán, teniendo acumulación de

aproximadamente 40 m hacia el suroeste durante el invierno y de 30 m hacia el noreste durante el verano y otoño. Álvarez-Arellano *et al.* (1997) reporta en la Bahía de La Paz procesos sedimentarios estacionales y no estacionales en el sureste y noroeste, ya que estos márgenes están controlados por las corrientes de flujo de mareas, aunque es posible que en el oriente se lleve a cabo un proceso de erosión en abril y acreción de octubre a febrero. Los perfiles de la playa suroeste de Punta Comitán presentaron acreción durante el otoño, invierno y el verano, siendo primavera donde se encontró erosión, una condición contraria es reportada por Álvarez-Arellano *et al.* (1997), en la barrera que protege la parte norte de la ensenada, donde las velocidades de sedimentación son altas y las dunas tienen estacionalidad en la sedimentación por vientos del sur en verano y del norte en invierno, reportando para el margen norte de la barrera arenosa erosión en invierno y acreción en verano. Gámez-Ramírez (2011) menciona que las variaciones en la línea de costa en Vía Parque de Salamanca-Vipis, Colombia, registran los procesos de erosión y acreción acontecidos en un tiempo determinado, los cuales son reflejo de fenómenos naturales, los resultados obtenidos fueron por la comparación de aerofotografías tomadas de diferentes años y la medición de la línea de costa actual, tomando como referencia la línea de la marea más alta.

De la batimetría de precisión nos podemos percatar que la costa suroeste de Punta Comitán tiene un mayor gradiente que el de la costa noreste, lo que se aprecia por que las isóbatas en este lado de la costa, están más aproximadas, como la batimetría que reportó Cruz-Orozco *et al.* (1996) en la Bahía de La Paz en donde la costa oeste que se encuentra frente a La Cuenca Alfonso presenta un gradiente similar.

Los vientos extraordinarios observados el día 16 de marzo de 2014, muestran que Punta Comitán es una zona protegida por la barrera arenosa El Mogote. Ésta punta al parecer se ha formada por el transporte litoral y el oleaje, como ha sido repostado por Long y Hughes (1995), quien menciona que la formación de barreras arenosas responde comúnmente al oleaje dominante. Nava-Sánchez y Cruz-Orozco *et al.* (1996), menciona que El Mogote es una barrera

arenosa que se formó por el transporte litoral de las corrientes generadas por el oleaje y mareas.

Las mediciones lagrangeanas que se registraron el 18 de febrero de 2013, se compararon con el sexto octavo de la simulación numérica, los registros lagrangeano coincide con los resultados del modelo, dado que la marea estaba en el inicio del flujo y el viento del noroeste sopla aproximadamente en la dirección del movimiento de la parcela de agua, por lo que en esta campaña se registró la mayor rapidez. Las mediciones lagrangeanas del 26 de junio de 2013 se encontraban en reflujo, estos datos se compararon con el tercer octavo de la simulación, encontrando que tanto dirección y magnitud son muy similares. Las mediciones lagrangeanas del 5 de diciembre de 2013, se compararon con el séptimo octavo de la simulación numérica, pues es cuando se encontraba en reflujo, los registros lagrangeanos coinciden con los resultados del modelo numérico. Uno de los cuerpos de deriva, al principio coincidía su trayectoria con los del resultado numérico, sin embargo al final gira hacia el este, al parecer debido a una combinación de la dirección del viento y la batimetría, similar a lo que describe Álvarez-Sánchez *et al.* (1988) donde describe las características generales de la circulación superficial de la Bahía de Todos Santos, B.C.S., México, utilizando cruces de deriva, teniendo como resultado que el movimiento de la capa superficial fue principalmente hacia el sureste, entrando a la Bahía en la misma dirección que el viento. En algunas ocasiones se observaron corrientes en sentido contrario, es decir, hacia el oeste y noroeste. De igual forma, Mancilla-Peraza *et al.* (2004) reporta que las mediciones lagrangeanas frente a la costa noroccidental de Baja California, muestran una estrecha relación con las oscilación periódica de la corriente de marea. En general los resultados numéricos coinciden con los de Obeso-Nieblas *et al.* (1993), Jiménez-Illescas, (1983), Obeso-Nieblas, (1986) y Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, (1989). Obeso-Nieblas *et al.*, (2002). Y con el esquema general de Morales y Cabrera-Muro (1982).

Frente a punta Comitán la circulación, permitiría el intercambio de agua por el canal que habría entre la Isla Artificial y Punta Comitán y no se estancaría el

agua, como lo que sucedió en La Isla Palmera en Dubái (Ibarra-Pérez, 2008), cuando la isla se encontraba en construcción, se presentó un estancamiento de agua en las playas, la solución fue un par de canales para que mejorar la circulación del agua.

Para este proyecto quizás el extremo de la isla donde existen las mayores velocidades, deberá ser protegido por geotextiles o geotubos para evitar la erosión y mantener sus dimensiones, en los casos de eventos como huracanes y tormentas tropicales que puedan causar oleaje de alta energía que pudiera erosionarla, como en los proyectos de los recintos turísticos de Cancún y Playa del Carmen (CNN Expansión, 2010), donde se ganó terreno al mar, se recuperaron de 30 a 40 m de playa, con un total de 5,200,000 m³ de arena protegidos por geotextiles para preservarla, pudiendo llevar a cabo obras turísticas sustentables económica y ambientalmente.

El análisis granulométrico nos indica el tipo de material y las características que tienen los sedimentos, se realizaron los análisis de las muestras de manera empírica (en campo) y sistemática (laboratorio) como los análisis realizados por Gámez-Ramírez (2011) que se realizaron para determinar los tamaños de los sedimentos en el área. Con el análisis macroscópico hecho en campo y el microscópico en el laboratorio, se puede distinguir el tipo de sedimento que caracteriza las dunas y playas.

El material que se propone extraer del canal de navegación tiene características similares al de las muestras analizadas en el laboratorio según Rodríguez-Meza (1999) y Green-Ruiz y Larrinaga-Cunningham (1986), el canal principal de la ensenada está caracterizado por ser un sustrato arenoso ya que se encuentra en un lugar donde hay mayor corriente y movimiento del agua por efecto de las mareas.

Las características del sedimento que se propone para el relleno de La Isla Artificial, es arena gruesa, resistente y estable al oleaje, así como a las corrientes que existen frente a Punta Comitán, la estabilidad sería más factible y sufriría cambios menos notables, en el proyecto de la Isla Palmera en Dubái, la arena

adecuada se encontró a 11 km mar adentro, esta arena es gruesa, se apelmaza bien y es más resistente a las olas, (Ibarra-Pérez, 2008).

La cantidad de material para crear la isla propuesta sería pequeña comparada con otros proyectos de islas artificiales que se han creado alrededor del mundo, como por ejemplo, los proyectos de La Isla Palmera, Dubái (Ibarra-Pérez, 2008), donde la magnitud del proyecto ha traído consecuencias medioambientales, provocando cambios en la circulación y afectando la supervivencia de muchas especies en la región. El proyecto de La Isla Palmera tiene 11 km de largo, y es resguardado por un gran rompeolas para protegerla la isla, aun cuando las condiciones del Golfo Pérsico no permiten que se generen olas devastadoras, debido a que tiene una profundidad de 30 m y 150 km de largo, a pesar de esto las tormentas invernales del norte llamadas *shaman* traen consigo vientos de alrededor de 56 km/h y olas de 2 m de altura, siendo este factor el enemigo principal de la estructura (Ibarra-Pérez, 2008). La Ensenada de La Paz en cambio, es una laguna protegida del oleaje por la barra arenosa de El Mogote y la mayor profundidad que encontramos en ella es de 7 m en los canales, mientras que al interior de ella hay entre 1 y 4 m, con un fetch para viento del este máximo de 12 km. La ensenada es somera lo que permitiría usar poco material de relleno, esto es una gran ventaja pues el costo se reduce en cuanto a la extracción y colocación del material, además el oleaje que se presenta dentro de la ensenada es de poca altura, dado que la profundidad y la longitud de la ensenada no le permiten desarrollarse. En otros escenarios, como los aeropuertos de China y Japón, no se crearon playas, son plataformas marítimas formadas por un gran rompeolas rocoso en todo el contorno y relleno finalmente con tierra para formar terraplenes, donde se asentaron los aeropuertos.

La modelación numérica en todos los octavos del período simulado, muestra que las velocidades más intensas se presentan en el canal principal de la ensenada. En el primer y segundo octavo la circulación se encuentra en flujo, con velocidades del orden de 0.75 m/s en el canal en el segundo octavo. Los octavos tres, cuatro y cinco se encuentran en refluo, siendo el cuarto octavo el que

presenta las velocidades más rápidas con magnitudes de hasta 0.90 m/s. En el sexto y séptimo octavo la dirección se encontraba en flujo nuevamente, siendo el sexto octavo el que presentó las velocidades más intensas de 0.60 m/s y para el último octavo la circulación se encontraba en reflujo con velocidades de 0.30 m/s. Estos resultados muestran que las velocidades obtenidas, son del mismo orden que las registradas por Obeso-Nieblas *et al.* (1993), donde las velocidades en las partes someras tienen comportamientos muy uniformes entre 0.010 m/s y 0.030 m/s. Para el flujo y el reflujo en los canales se registraron valores de 0.70 m/s, mostrando una circulación semejante a la encontrada por Jiménez-Illescas, (1983), Obeso-Nieblas, (1986) y Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, (1989). Obeso-Nieblas *et al.*, (2002) menciona que en el acceso de la Ensenada de La Paz se observa un comportamiento bien definido de flujo y reflujo, independientemente de la influencia de los vientos, debido a que la marea es el factor que domina la dinámica de este lugar.

La simulación realizada con La Isla Artificial, presenta una circulación similar a la simulación sin isla, tanto en la parte del canal como en casi todo el interior de la ensenada, los cambios que se encontraron fueron pequeñas variaciones de dirección y velocidad alrededor de La Isla Artificial. En la costa noreste de la isla, hasta unos 150 m, las velocidades se redujeron alrededor de un 20% y la dirección permaneció similar. Las velocidades de la costa suroeste de La Isla Artificial, también redujeron su velocidad en menor proporción, el efecto más importante se generó en la dirección, ya que al encontrarse con la isla, la circulación es forzada a cambiar de dirección.

10. CONCLUSIONES

- El paisaje en la playa Comitán es ideal para la construcción de una isla artificial con zona de playa, es atractivo, tranquilo y cuenta con los servicios públicos necesarios para un desarrollo ecoturístico.
- Las variables físicas que influyen y determinan la factibilidad de la isla son: el oleaje, vientos, corrientes y tipo de sedimento, los cuales fueron analizados a lo largo del estudio, dando un resultado positivo para la creación de la isla artificial.
- Al ser una zona de poca profundidad y protegida naturalmente por la barrera arenosa El Mogote, frente a Punta Comitán es el área idónea para la construcción de una Isla Artificial, ya que las corrientes no son fuertes por lo que no causan erosión
- Los perfiles de playa muestran que la línea de costa en Punta Comitán es estable y con esto se infiere que la isla artificial y su zona de playa, no serán erosionadas y tendrán una vida útil prolongada, lo cual se puede inferir al analizar la estabilidad que ha mostrado la isla artificial que se construyó como resultado del dragado del Canal de Fidepaz desde 1982 a la fecha.
- Los resultados de la granulometría indican que el tipo de grano analizado en Punta Comitán tiene las mismas características que el sedimento que se encuentra en el canal principal de la ensenada. De esta manera se sugiere que el material sea extraído de la zona con lo cual no se modificaría el prisma de marea, ayudaría a la circulación de la ensenada y daría acceso a embarcaciones menores hasta la punta de la isla.

- Los resultados del modelo numérico, muestran el comportamiento hidrodinámico de la Ensenada, así como del área de interés, con resultados en tiempo real, donde La Isla Artificial no genera cambios en toda la ensenada, sino solo cambios locales.
- Las discrepancias que se muestran entre las mediciones lagrangeanas y la simulación numérica, son debido a que la simulación numérica es por efecto de la marea y viento del noroeste, se incrementa la discrepancia en diciembre, al parecer fue porque el viento durante el registro era del sur.
- Según la normatividad actual Municipal, Estatal y Federal, el proyecto es viable, porque se encuentra dentro de una zona de área urbana actual, que contempla vivienda y además dentro de un corredor turístico y no se encuentra dentro de áreas naturales protegidas. Además es de destacar que la caracterización que se realizó con base a las variables físicas e hidrodinámicas en el área de interés, los resultados fueron favorables para urbanizar la isla artificial.
- Hidrodinámicamente, este proyecto es factible de construirse sin afectar la estabilidad del sistema.

11. RECOMENDACIONES

- a. Hacer mediciones de perfiles de playa mensuales en Punta Comitán y mediciones con GPS por todo el contorno de la playa cuando se presente la pleamar máxima y la bajamar mínima. De igual manera cuando se presenten fenómenos meteorológicos como tormentas tropicales y huracanes, para mantener monitoreados los cambios que haya y corregirlos.
- b. Hacer mediciones lagrangeanas mensuales que contemplen el flujo y el reflujo de la marea.
- c. Realizar una recolecta de muestras, en toda la laguna, del material del fondo marino y hacer una carta de la distribución de sedimentos.
- d. Analizar cuánto sedimento terrígeno de arroyos entra a la ensenada y pueda ser depositado en la Playa de Comitán durante eventos de lluvias extraordinarias.
- e. Registrar los vientos durante los días que se hagan las mediciones lagrangeanas, para poder usarlos para poder tener más precisión en los resultados
- f. Analizar la posibilidad de instalar geotubos y tablaestacas alrededor de la isla para protegerla de la erosión.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Bahena, F.** 2002. Dinámica de los componentes de la materia particulada suspendida y otras variables hidrológicas en la Ensenada-Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 147 p.
- Ainley, D.G.** 1980. Birds as marine organism: a review. *CalCOFI. Reports*, 21: 48-53.
- Álvarez-Arellano, A., D. Rojas-Soriano & J.J. Prieto-Mendoza.** 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes, 13-29. En: Urbán-Ramírez, J. & Ramírez-Rodríguez, M (Eds.) *La Bahía de La Paz., investigación y desarrollo.* Universidad Autónoma de Baja California Sur-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Scripps. Institution of Oceanography. La Paz, B.C.S., México. 345 p.
- Álvarez-Sánchez, L.G., R. Hernández-Wall & R. Durazo-Arvizu.** 1988. Patrones de deriva de trazadores lagrangeanos en la Bahía de Todos Santos. *Ciencias Marinas*, 14(4): 135-162.
- Anónimo.** 1978. Derrotero de las costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia. Secretaria de Marina, México. Dirección General de Oceanografía. Pub. F.H.,102. 208 p.
- Anónimo.** 1985. Tabla de predicción de Mareas. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 398 p.
- Aranda-Gómez, J.J. & J.A. Pérez-Venzor.** 1989. Estratigrafía del complejo cristalino de la región de Todos Santos, Estado de Baja California Sur. *Revista del Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 8(2): 149–170.
- Azuz, I., E. Rivera-Arriaga, P. Muñoz & A. Ortega-Rubio.** 2011. Política nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas en México: Génesis y gestión. *Región y sociedad*, 23(50): 35-45.
- Bermuda online.** 2011. <http://www.bermuda-online.org/history1900-1951.htm> (octubre, 2011)
- Bretschneider, C.L.** 1959. Wave Variability and Wave Spectra for Wind-Generated Gravity Waves. U.S. Army Corps of Engineers. Beach Erosion Board, Technical Memorandum, 118. 192 p.
- Cabrera-Acevedo, G.** 1993. Las regiones costeras de México. Crecimiento y potencial demográfico. Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. *El Colegio de México*, 6: 30-31.
- Chávez, H.** 1985. Aspectos biológicos de las lisas (*Mugil spp.*) de Bahía de La Paz, B.C.S., México, con referencia especial a juveniles. *Investigaciones Marinas, CICIMAR*, 2(2):1-22.
- Cifuentes-Lemus, J.L., P. Torres-García & M. Frías.** 1991. El océano y sus recursos XII. El futuro de los océanos. Enciclopedia Oceanografica. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/100/html/oceano12.html> (octubre 2010).
- CNN Expansión.** 2010. <http://www.cnnexpansion.com/obras/2010/03/02/cancun-carmen-recuperacion-playas-arenaáfica> (febrero 2011).

- CONAGUA.** 2012. Análisis de las temporadas de huracanes de los años 2009, 2010 y 2011 en México. Comisión Nacional del Agua. 186 p.
- Cruz-Orozco R., P. Rojo-García, L. Godínez-Orta & E. Nava-Sánchez.** 1989. Topografía, hidrología y sedimentos de las márgenes de la Laguna de La Paz, B.C.S., México. *Revista de Investigación Científica*, 1(3): 3-15.
- Cruz-Orozco R., C. Martínez-Noriega & A. Mendoza-Maravilla.** 1996. Batimetría y sedimentos en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Océánides*, 11(1): 21-27.
- Engelen, G., R. White, & I. Uljee.** 1993. Exploratory modelling of socio-economic impacts of Climatic Change, 350-368. in Maul, G.A. (Ed.) *Climate change in the Intra-Americas Sea*. United Nations Environment Programme. 389 p.
- Espinoza-Avalos. J.** 1979. Resultados preliminares sobre la distribución superficial de parámetros físico-químicos en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, durante la primavera de 1976. *CalCOFI Rep.*, 20: 150-161.
- Estrada-Porrúa, M.** 2001. Cambio climático global: causas y consecuencias. *Revista de información y análisis*, 16: 7-17.
- Félix, P. E.** 1976. Estudio de orientación y prácticas de acuacultura en Bahía Concepción y Ensenada de La Paz. Informe de actividades. Dirección General de Acuacultura. Secretaría de Recursos Hidráulicos: 27 p.
- Fletcher J.M. & L. Munguía.** 2000. Active continental rifting in southern Baja California, México: Implication for plate motion partitioning and transition to seafloor spreading in the Gulf of California. *Tectonics*, 19: 1107-1123.
- Fletcher J.M., J.A. Pérez-Venzor, G. González-Barba & J.J. Aranda-Gómez.** 2003. Ridge-trench interactions and the ongoing capture of the Baja California microplate: new insights from the southern Gulf Extensional Province, 13-31. In: Morán-Zenteno, D.J., (Ed.) *Geologic transects across Cordilleran Mexico*, Guidebook for the field trips of the 99th annual meeting of the cordilleran section of the Geological Society of America, UNAM, Instituto de Geología, Mexico. 193 p.
- Folk, R. L.** 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company, Texas. 182 p.
- Gabriel-Morales, J. & J. Pérez-Damián.** 2006. Crecimiento poblacional e instrumentos para la regularización ambiental de los asentamientos humanos en los municipios costeros de México. *Gaceta ecológica*. Instituto Nacional de Ecología. México, 79: 53-77.
- Gómez-Ramírez, D.** 2011. Caracterización geomorfológica y procesos erosivos del cordón de dunas entre los km 26 y 28 del Vía Parque Isla de Salamanca. Vips, Departamento de Magdalena. Tesis profesional. Universidad Industrial de Santander-UIS. Colombia. 77 p.
- García-Domínguez, F.A.** 1991. Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada a la almeja roñosa, *Chione californiensis*, en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México 70 p.

- García-Pámanes, J.** 1978. La distribución superficial de nitratos (NO_3) y silicatos (SiO_4) en la Ensenada de La Paz, B. C. S., México. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. 27 p.
- García, E.** 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2. 246 p.
- García, E., y P. Mosiño.** 1968. Los climas de Baja California 29-57. En: R. del Arenal (Ed.) Memoria 1966-1967, Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Instituto de Geofísica, UNAM, México. 57 p.
- Garza, G. & M. Shteingart.** 2010. Los grandes problemas de México II. Desarrollo urbano regional. Colegio de México. 659 p.
- González, J. I.** 2009. Programa para pronóstico de mareas MAR V1.0. Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B. C., México. <http://www.cicese.edu.mx/> (enero 2013).
- Green-Ruiz, C.R. & H. Larrínaga-Cunningham.** 1986. Sedimentología y geoquímica de la laguna de La Paz., B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. 83 p.
- Grivel, P.F. & F.V. Grivel.** 1983. Tablas de predicción de mareas. Puertos del Pacífico. Servicio Mareográfico Nacional. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. 115 p.
- Guisado-Pintado, E., G. Malvárez-García & F. Navas-Concha.** 2010. Los modelos de propagación de oleaje, simulación morfodinámica y las TIG, 861-872. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.) Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla. 1413 p.
- Gutiérrez-de-MacGregor, M. & J. González-Sánchez.** 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. Investigaciones geográficas. UNAM, D.F., México, (040):110-126.
- Houston J.R. & R.G. Dean.** 2011. Sea-level acceleration based on U.S. tide gauges and extensions of previous global-gauge analyses. Journal of Coastal Research, 27: 409-417.
- Hulström, F.** 1935. Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river. Fyris. Bull. Geol. Inst. Uppsala, 25: 221-528.
- Ibarra-Pérez, A.** 2008. La isla de la palmera (Dubái), Problemas de la construcción y su impacto ecológico. Colegio Gaztelueta. Bachillerato Internacional. Monografía de sistemas medioambientales. 11 p.
- INEGI.** 2008. Población costera de México. www.inegi.gob.mx (abril, 2012).
- INEGI.** 2011. Panorama sociodemográfico de Baja California Sur. Censo de Población y Vivienda. 28 p.
- INEGI.** 2013. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html> (enero 2014).

INEGI. 2014. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bcs/territorio/default.aspx?Tema=me&e=03> (junio 2013).

Instituto de Geofísica. 1978. Predicción de mareas, puertos del Océano Pacífico, An. Instituto Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. 400 p.

ITESM-Guaymas. CECARENA. 1993. Taller para el manejo de humedales costeros en el noroeste de México, Memorias. 8 p.

Jiménez-Illescas, Á.R. 1983. Aplicación de un modelo numérico en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Científicas de Educación Superior de Ensenada, México. 109 p.

Jiménez-Illescas, A.R. 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de México, México, D.F. 212 p.

Jiménez, J., J. Cordova, S. González-Téllez. 2006. Informe diagnóstico de la situación del Estado de Vargas (Infraestructura y servicios). Universidad Simón Bolívar. Instituto de Estudios Regionales y Urbanos. 138 p.

Jiménez-Quiroz, M.C. 1991. Contribución al conocimiento de los productores primarios de la Ensenada de La Paz. Análisis de la comunidad de manglar. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 223 p.

Juárez-Gutiérrez, M. del C. 2000. Discontinuidad microrregional de las costas mexicanas. Investigación geográfica. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. 87p.

Lankford, R.R. 1976. Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification, 182-215. In: Wiley, M. (Ed.) Estuarine Processes, Academic Press, New York, 2. 428 p.

León, C. 2009. Piezas de un rompecabezas, Dimensión socioeconómica de las costas de México, 5-26. En: Rivera-Arriega, E., G. Villalobos, I. Azuz & F. Rosado (Eds.) El manejo costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS- Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 p.

Long, A.J. & P.D.M. Hughes. 1995. Mid- and late-Holocene evolution of the Dungeness foreland, UK. Marine Geology, 124(1): 253–271.

Maeda, A. 1981. Composición, abundancia, Diversidad y alimentación de la ictiofauna, en tres lagunas costeras del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Monterrey, N.L., México. 140 p.

Malpica-Maury, O.M. 1991. Ictiofauna de La Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 77 p.

Mancilla-Peraza, M., R. Castro-Valdéz, F.A. Padilla-Osuna, G. Tablero-López, D. López-Andrés, E. Vargas-Machucho & I.V. Gutiérrez-Palacios. 2004. Estudio de la dinámica marítima dentro del mar territorial y zonas costeras de la república mexicana. Región costera noroccidental de Baja

California, desde la frontera México-E.U.A. a Punta Eugenia, B.C.S. Informe técnico. Secretaria de Marina Armada de México, Ensenada, B.C. 32 p.

Manrique, A. 2011. Ganando terreno al mar: Pólderes y diques. <http://ainara-manrique.suite101.net/ganando-terreno-al-mar-polders-y-diques-a43663> (septiembre, 2011).

Martínez-Díaz, S.F. 2010. Programa de protección y prevención al desequilibrio ambiental y monitoreo del desempeño ambiental de la Ensenada de La Paz. Informe anual. 27 p.

McCracken, D.D. & W.S. Dorn. 1978. Métodos numéricos y programación Fortran. E. Limusa, México. 248 p.

Mendoza-Salgado, R. A. 1983. Identificación, distribución y densidad de la avifauna marina en los manglares: Puerto Balandra, Enfermería y Zacatecas en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 55 p.

Mendoza-Salgado, R.A., C.H. Lechuga-Devéze & E.S. Amador-Silva. 2002. Descripción del comportamiento de aves costeras durante un eclipse total de sol. Revista Ciencia y Mar, 6(16):25-32.

Molnar, P. 1973. Fault plane solution of earthquakes and direction of morión in the Gulf of California and on the Riviera Fracture Zone. Geological Society of America Bulletin, 84: 1651-1658.

Morales, G.E. & H. Cabrera-Muro. 1982. Aplicación de un modelo numérico unidimensional a la Ensenada de La Paz, B.C.S. Ciencias Marinas, 8(2):69-89.

Munguía, L., J. Gaitán, V. Wong & S. Mayer. 1992. Microsismicidad en la zona de falla La Paz, Baja California Sur, México, Geofísica Internacional, 31(3):279-287.

Nava-Escudero, C. 2006. La privatización de las zonas costeras de México. Instituto de investigaciones Jurídicas de la UNAM, :165-206.

Nava-Sánchez, E.H. & R. Cruz-Orozco. 1989. Origen y evolución geomorfológica de la Laguna de La Paz, Baja California Sur, México. Inv. Mar. CICIMAR, 4 (1):50-58.

Nelson, J.S. 1994. Fishes or the world. John Wiley & sons. New York. 600 p.

NOAA. 2014. <http://csc.noaa.gov/hurricanes/#app=6078&3e3d-selectedIndex=1> (febrero, 2014)

Obeso-Nieblas, M. 1986. Propagación de la constituyente M_2 de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S., México, mediante un modelo hidrodinámico numérico. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 123 p.

Obeso-Nieblas, M. & A.R. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M_2 de la marea en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Investigaciones Marinas CICIMAR, 4(2):241-256.

Obeso-Nieblas, M., A.R. Jiménez-Illescas & D.S. Troyo. 1993. Modelación de la Marea en la Ensenada de la Paz, B.C.S. Investigaciones Marinas CICIMAR, 8(1):1-11.

- Obeso-Nieblas, M.** 1995. Informe Técnico del Proyecto Oceanografía de las Lagunas Costeras de Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 85 p.
- Obeso-Nieblas, M.** 1996. Informe Técnico del Proyecto Oceanografía de las Lagunas Costeras de Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 90 p.
- Obeso-Nieblas, M.** 2002. Caracterización de las condiciones hidrográficas en la Bahía de La Paz durante el ENSO 1997–1998. Examen Predoctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 94 p.
- Obeso-Nieblas, M., J.H. Gaviño-Rodríguez, A.R. Jiménez-Illescas & B. Shirasago-German.** 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur de la Bahía de La Paz, B.C.S. *Oceánides*, Centro de Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 17(1):1-12
- Obeso-Nieblas, M.** 2003. Variabilidad espacio-temporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, BCS., México. Tesis Doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto politécnico nacional, La Paz, B.C.S., México. 337 p.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J.H. Gaviño-Rodríguez, H. Obeso-Huerta, E.L. Pérez-Lezama, Á.R. Jiménez-Illescas .** 2007. Hidrografía en la boca norte de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 33(3): 281-291.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J. Gaviño-Rodríguez, E. Pérez-Lezama, H. Obeso-Huerta & Á.R. Jiménez-Illescas.** 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3):559-567.
- Olivas, J. C.** 1997. Ciudades de agua. Tenochtitlan. Poética del mar. Magíster en arquitectura, Mención Náutico Marítimo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 17 p.
- Padilla y Sotelo, L.S.** 2000. La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones Geográficas*. Universidad Nacional Autónoma de México, 41:81-95.
- Plan de Desarrollo Urbano.** 2003. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de La Paz, B.C.S., México. 250 p.
- Roberts, C. N.** 1989. Baja California Plant Field Guide. Natural History Publishing Company. La Jolla, California, 309 p.
- Robles-Gil, S.** 1998. Clima en la Ciudad de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 233 p.
- Rodríguez-Meza, G.** 1999. Elementos mayores y traza de los sedimentos superficiales de La Laguna de la Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México. 163 p.

- Russell, F.P.** 1994. Battery Park City: An America dreams of urbanism, 197-209. In: Scheer, B.C. & W. Prieser (Eds.) Design Review. Challenging Urban Aesthetic Control. An international Thomson Publishing Company, New York. 310 p.
- Salinas, Z.C., A.C. Leyva, D.B. Lluch & E.R. Díaz.** 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera*, 3:217–237.
- Salinas-Zavala, C.A.** 2000. Sobre la respuesta al Cambio Climático en el noroeste de México. *CIENCIA*, 51(3):11-18.
- Secretaría de Marina.** 1979. Estudio geográfico de la región de La Paz, B.C.S., Sria. De Marina, Dir. Gral de Oceanografía. E.U.M. 228 p.
- SEMARNAT.** 2013. Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar, 20 p.
- Shepard, F.P. & H.R. Wanless.** 1971. Our Changing Coastlines. McGraw-Hill. New York. 579 p.
- Velasco-García, J.A.** 2009. Ambientes geológicos costeros del litoral de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 83 p.
- Wayne, L., M. Bymes, L. Bristch, S. Penland, P. Williams & J. Williams.** 1993. A method for classifying land loss by geomorphology and process, 85-95. In: Laska, S. & A. Puffer (Eds.) Coastlines of the Gulf of México. America Society of Civil Engineers, Nueva York. 252 p.
- Wien.info.** 2014. <http://www.wien.info/en/vienna-for/families/outdoor/danube-island> (febrero, 2014).
- Wilffels, H.** 2009. Partners in the polder. A vision for the life sciences in the Netherlands and the role of public private partnerships. *Ecodrunckers, Nieuwkoop*, . 265 p.
- WOM.** 2014. World Meteorological Organization, a specialized of the United Nations. https://www.wmo.int/pages/about/index_en.html (febrero, 2014).
- Zazo, C.** 2006 Cambio climático y nivel del mar, la Península Ibérica en el contexto global. Museo Nacional Ciencias Naturales. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 2:1-16.

13. ANEXO

13.1. Lineamientos administrativos y marco jurídico

La normatividad completa en la que se sustenta un trabajo de investigación como el que se ha desarrollado en esta Tesis de Maestría, se encuentra documentada en la dirección electrónica (http://www.cbcs.gob.mx/index.php?Option=com_content&id=2097&) del H. Congreso del Estado de Baja California Sur, México.

De acuerdo a la normatividad, para efecto de ganar artificialmente terreno al mar, es necesario que se cuente previamente con una autorización por parte de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). De igual manera deberá presentarse ante la SEMARNAT una solicitud por escrito, quien resolverá lo conducente. Para efecto de lo anterior es necesario solicitar una Autorización en Materia de Impacto Ambiental de acuerdo a una Manifestación de Impacto Ambiental que debe contener los datos del proyecto y las características del entorno del área de estudio (SEMARNAT, 2013).

Una vez obtenida la autorización y habiéndose ganado terreno al mar, para poder hacer uso de estos y de la Zona Federal Marítimo Terrestre se requiere se solicite una concesión, la cual deberá ser presentada ante la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, por conducto de la SEMARNAT (SEMARNAT, 2013).

13.1.1. Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

La modalidad de la MIA va de acuerdo al tipo de proyecto que se plantea. Los proyectos particulares están previstos en el artículo 5° del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Esto quiere decir: que los desarrollos

inmobiliarios que puedan afectar ecosistemas costeros deben por orden del Gobierno Federal contar con una Evaluación de Impacto Ambiental.

13.1.2. Concesión de la Zona Federal Marítimo Terrestre

Para solicitar una concesión en terrenos ganados al mar se requiere hacer una solicitud en formato único de trámites de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, en la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros. Este formato incluye datos como tipo de trámite, información general de la persona que solicite la concesión, obras o instalaciones que se pretendan realizar, ubicación de la superficie y actividades a realizar. De igual forma presentar el pago vigente de derechos por recepción y estudio de la solicitud, conforme a la cuota vigente en la Ley Federal de Derechos, planos del levantamiento topográfico del área solicitada, refiriendo a la delimitación oficial vigente, juego de fotografías recientes a color (mínimo cuatro), en las que se pueda apreciar claramente la totalidad de la superficie solicitada y las condiciones que en ella imperan, acreditación de la personalidad entregando acta de nacimiento o en su caso, carta de nacionalidad y una copia de identificación oficial vigente (credencial IFE, cartilla militar, pasaporte o cedula profesional) (SEMARNAT, 2013).

13.1.3. Uso de suelo

Según al Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de B.C.S. el área de estudio que se propuso en este proyecto se encuentra dentro del área urbana actual (Fig. 36), de acuerdo a la zonificación primaria y para una zonificación secundaria se encuentra dentro de un corredor turístico, lo que lo hace congruente con el uso de suelo que se propone para este proyecto (Fig. 37).

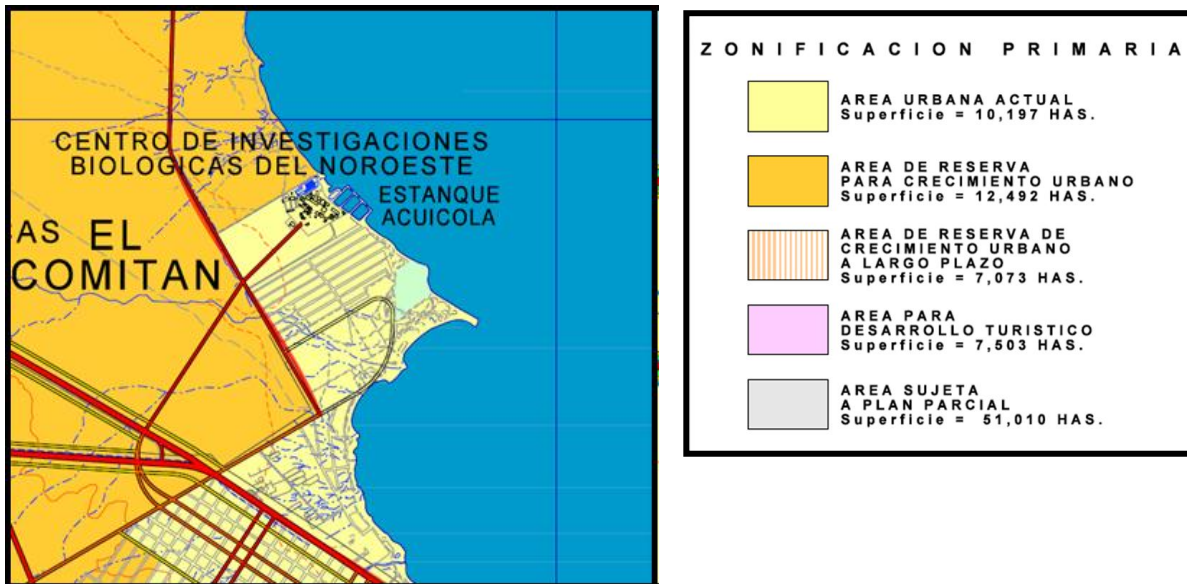


Figura 132. Zonificación primaria en el área de interés, de acuerdo al pan de Desarrollo Urbano del Estado de B.C.S.

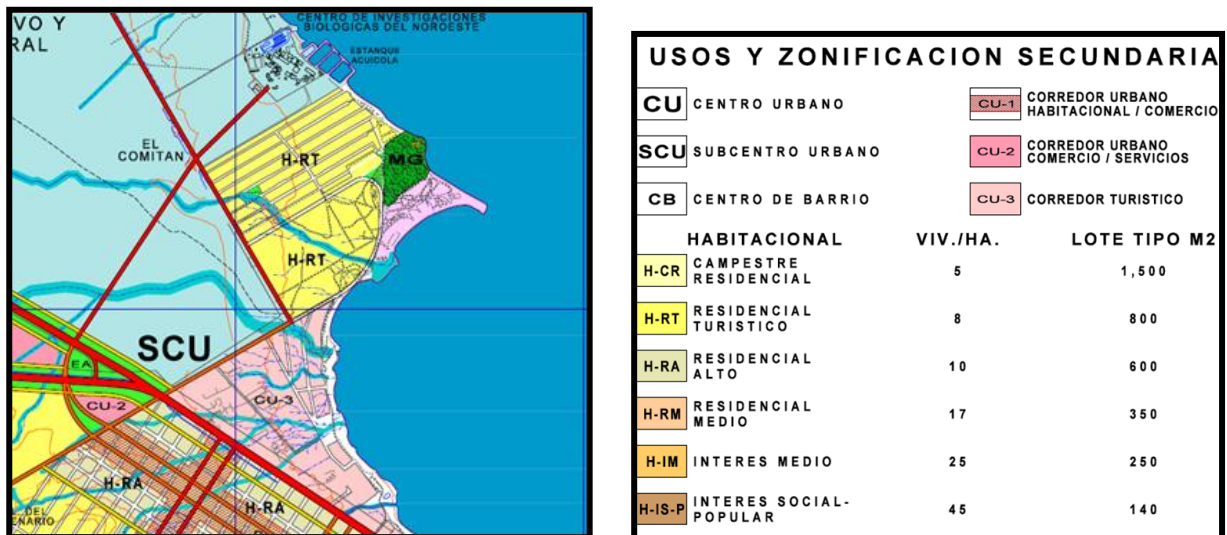


Figura 133. Zonificación secundaria en el área de interés, de acuerdo al pan de Desarrollo Urbano del Estado de B.C.S.

