



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

CAMBIOS EN LA BATIMETRIA DEL
MUELLE DE ALTURA DE PUERTO
PROGRESO DE CASTRO, YUCATAN, MEXICO



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

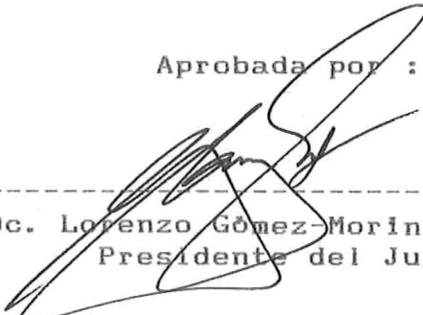
MARTIN R. CAMPOS CABEZA

ENSENADA B.C. JULIO DE 1990

CAMBIOS EN LA BATIMETRIA DEL MUELLE DE ALTURA DE
PUERTO PROGRESO DE CASTRO, YUCATAN, MEXICO.

TESIS
QUE PRESENTA :
MARTIN RAMON CAMPOS CABEZA

Aprobada por :



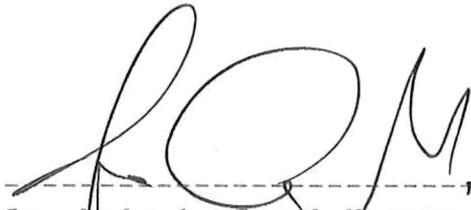
Oc. Lorenzo Gómez-Morín Fuentes.
Presidente del Jurado



Oc. J. Luis Ferman Almada
Sinodal Propietario



Oc. Guillermo Avila S.
Sinodal Propietario



Oc. Luis A. Cupul Magaña.
Sinodal Suplente



Oc. Rigoberto Guardado F.
Sinodal Suplente

RESUMEN :

Durante el período de 1987-1989, en Puerto Progreso de Castro, Yucatán, México, se inició la ampliación del muelle fiscal (que a esa fecha era de 2250 mts), para que en él puedan atracar barcos de mediano calado. esta ampliación consistió en un viaducto de 4500 mts de longitud, construido sobre un rompeolas de enrocamiento, coronado con cubos modificados de concreto, y en su extremo está una terminal remota donde se encuentran las instalaciones para el atraque de las embarcaciones.

Durante 1988-1989, se realizaron batimetrías para determinar las variaciones que el rompeolas podría ocasionar en el área; estas se analizaron por medio de curvas hipsométricas y mapas de isopacas, encontrándose que el material es transportado fuera del área de muestreo, probablemente por una corriente que el oleaje genera por el lado Este del rompeolas.

DEDICATORIA :

A mi Padre :

Martin C. Campos Alpuche

Todo mi agradecimiento y cariño por sus consejos, ejemplos y apoyo a lo largo de toda mi vida y en particular por ayudarme a lograr este gran anhelo : Ser Profesionista.

A mi Madre :

Maria de los Angeles Cabeza de Campos

Con todo mi respeto y cariño por el apoyo, amor y comprensión que siempre me ha demostrado.

A mis Hermanos :

Miguel Angel y David Enrique Campos Cabeza

Por su apoyo en la realización de este trabajo y que siempre me han manifestado.

A mi Novia :

Nery Maria N. Ricalde Briceno

Por todo su cariño y apoyo que me ha dado a lo largo de todo nuestro noviasgo, y en especial en estos años de estudios profesionales.

A toda mi Familia :

Que de una u otra forma intervinieron y me apoyaron en la realización de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS :

A mi asesor :

Oc. Lorenzo Gómez-Morín F.
Por haber creído y apoyado desde un principio este proyecto y por la cooperación que siempre me brindo.

Al Residente de Construcción del Puerto de Altura
(Progreso)

M. en Ing. Angel Lopez Pasos.
Por todo su estímulo y apoyo en la realización del presente trabajo.

A mis amigos y compañeros :

Ricardo J. Medina Torre, Daniel Peniche Mendiburu,
Alvaro R. Perez Perez y Rafael Sierra Peón.
Por su apoyo desinteresado y ejemplo de superación que siempre me demostraron, así como por los momentos tan grandes de compañerismo que compartimos en la realización de este trabajo.

A la Unidad de Informatica, Ensenada :

Por su apoyo y ayuda, así como por las enseñanzas obtenidas en esa unidad.

A mis Maestros :

Que por su conducto supieron inculcar en mí, sus enseñanzas y deseo de superación.

A todas aquellas personas, que de alguna forma colaboraron para la realización del presente trabajo....Mil Gracias

INDICE :

RESUMEN.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE.....	IV
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	V
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES GENERALES.....	4
ANTECEDENTES PARTICULARES.....	5
OBJETIVOS.....	7
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	7
MATERIALES Y METODOS.....	10
RESULTADOS.....	12
DISCUSIONES.....	21
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	28
BIBLIOGRAFIA.....	29

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS :

FIGURAS :

1a_	Localización del área de estudio en Puerto Progreso de Castro, Yucatan.....	Pag 9
2a_	Area y Volumen encontrado para la Curva Hipsométrica de Nov 1984.....	Pag 13
3a_	Area y Volumen encontrado para la Curva Hipsométrica de Enero 1988.....	Pag 14
4a_	Area y Volumen encontrado para la Curva Hipsométrica de Feb 1989.....	Pag 15
5a_	Area y Volumen encontrado para la Curva Hipsométrica de Julio 1989.....	Pag 16
6a_	Mapa de respuesta (Isopacas), para Noviembre 1984 - Enero 1988.....	Pag 18
7a_	Mapa de respuesta (Isopacas), para Noviembre 1984 - Febrero 1989.....	Pag 19
8a_	Mapa de respuesta (Isopacas), para Noviembre 1984 - Julio 1989.....	Pag 20
9a_	Mapa de Posible Patrón de Corrientes.....	Pag 26

TABLAS :

1a_	Diferencias de Volúmenes encontrados en los muestreos.....	Pag 17
-----	--	--------

INTRODUCCION :

Durante siglos, las zonas cercanas al mar han sido consideradas privilegiadas por los países que han poseído costas, ya que éstas les daban una primacía turística, comercial y militar, de manera que el país que poseyera más puertos podría tener una gran marina comercial, que apoyaría el crecimiento de la región, además de una gran flota militar que le permitiría defender su territorio y asegurar sus rutas comerciales.

Esto dió como resultado que en los países que tuvieran costas, los puertos crecieran y se especializaran, ya que las naves no irían al puerto solamente para buscar abrigo, sino también para ser reparadas y para que encontraran condiciones favorables de carga y descarga de mercancías, así como también de un eficiente transporte de pasajeros. Con el tiempo el número de barcos, sus dimensiones e importancia se fueron incrementando, de lo cual surgió la necesidad de crear puertos mayores o modificar los ya existentes (Uribe, 1989).

Cuando en la zona no existían bahías naturales, en sitios pobremente abrigados o sin ninguna protección, se crearon bahías artificiales con el fin de llenar las necesidades existentes de infraestructura; los rompeolas han sido las estructuras apropiadas para esta protección, desprendiéndose prácticamente de costas abiertas (Uribe, op. cit).

Estas estructuras pueden servir para el atraque de embarcaciones y para que las naves se encuentren en una zona de calma, sin efectos del oleaje. Al implementarse las escolleras o rompeolas, también surgieron problemas inherentes de modificar las condiciones naturales de un lugar (transporte de sedimentos, corrientes costeras, difracción, etc), resultando en problemas de erosión o sedimentación.

La erosión, puede provocar un retroceso de la línea de costa o socavar las estructuras hasta dejarlas sin anclaje. La sedimentación puede azoivar el canal de entrada del puerto o la zona de maniobras y atracaderos, con lo cual la profundidad se reduciría y el puerto no serviría para el calado de los barcos que fue diseñado.

El mantenimiento de puertos sujetos a sedimentación requiere de una cuantificación, lo más exacta posible del sedimento que se deposita en su interior, así como del conocimiento de los patrones de transporte y depositación de materiales, para evaluar el impacto económico debido al dragado del puerto (Torres y Gómez-Morín, 1989).

En 1936, en el Puerto de Progreso, Yucatán, se inició la construcción de un muelle de altura con el fin de dar facilidades al transporte de artículos producidos en la zona, principalmente relacionados con el henequén, dando con esto un gran impulso a la economía nacional y regional. El muelle tendría una longitud de 2250 mts y en su parte mas

profunda unos 4.5 mts. Este fue construido sobre pilotes, para que no se produzca erosión por la interrupción del transporte litoral.

En 1985, con el fin de facilitar el atraque de navíos de mediano calado para la descarga de combustibles, incrementar el comercio y recibir embarcaciones turísticas, se planeó la ampliación del muelle. La ampliación consistió en un viaducto de 4.5 kms de longitud, construido sobre un rompeolas de enrocamiento, coronado con cubos modificados de concreto, y en su extremo está una terminal remota donde se encuentran las instalaciones para el atraque de las embarcaciones, así como también para el movimiento de pasajeros y mercancías, teniendo esta una profundidad de 8.0 mts.

Dado que en la zona no existen trabajos sobre características del oleaje, corrientes (dirección y velocidad) y cambios que se han dado en la línea de costa (erosión y depositación) y cotas batimétricas desde la construcción del muelle, se presenta el siguiente trabajo, en donde por medio del análisis de curvas hipsométricas, mapas batimétricos, y mapas de diferencias (isopacas), se determinaron las zonas de erosión y depositación que ocurren en el área.

ANTECEDENTES GENERALES

No obstante que la mayoría de los métodos empleados para el cálculo de azolvamiento en puertos están relacionados con estimaciones de la deriva litoral, la manera más sencilla para determinar el sedimento depositado o erosionado en un puerto se basa en la comparación del volumen de sedimento con el paso del tiempo (Torres y Gómez-Morín, 1989). Hay además, algunos procedimientos como los mencionados por el USACERC (1984), para determinar razones de depositación o erosión en base al transporte litoral y al oleaje, entre otros.

Sato e Irie (1970), por medio de levantamientos batimétricos, determinan las variaciones en la topografía del fondo de un puerto causada por la construcción de rompeolas.

Gómez-Morín y Lizárraga (1982), utilizando curvas hipsométricas, cuantifica el volumen de sedimento depositado en la rada del Puerto de Ensenada entre 1967 y 1981, obteniendo las zonas donde se ha presentado erosión y depositación.

Torres y Gómez-Morín (1989), localiza las zonas estables y aquellas donde se presenta erosión o depositación de sedimento en el Puerto de Ensenada, mediante la comparación de mapas, así también determina cuantitativamente el sedimento aportado mediante métodos de regresión múltiple.

ANTECEDENTES PARTICULARES

En 1936 dió principio la construcción del muelle, siendo construido por ingenieros holandeses, contando con un viaducto de 2 kms de longitud, sostenido por gruesos pilotes de concreto ciclópeo, sobre los que se asientan los arcos del mismo material, ligados por juntas de plomo y corcho. La superficie de rodamiento de 9 mts de anchura tiene 2 vías, una de ferrocarril y otra para vehículos. Al final del viaducto se encuentra una plataforma de concreto, de 250 mts de longitud por 50 mts de ancho, con bodegas y gruas para carga y almacenaje (Gov. del Edo. de Yucatán, 1947).

Aguilar y Gómez (1982), durante Agosto de 1981 a Mayo de 1982, realizan un estudio de las principales variables hidrográficas (T_o, Precipitación pluvial, Evaporación, Salinidad, Transparencia, Ph, O₂ disuelto, CO₂, CO₃, HCO₃ y nutrientes NO₂, NO₃, PO₄) en la laguna de Chelem (distante 6 kms de Progreso), obteniendo para la zona una temperatura media mínima en Diciembre de 22.8°C.

Castro (1969), realiza estudios teóricos, físicos y un modelo hidráulico con el fin de crear un puerto de refugio para embarcaciones pesqueras, turísticas y de pequeño cabotaje en Yucalpetén (distante 4 kms de Progreso), consistiendo en la obtención y procesamiento de datos de oleaje, mareas, vientos, muestreos de material y transporte litoral, concluyendo que el oleaje más frecuente, tanto local como distante es del Este, siguiéndole en frecuencia

el del NE; el oleaje dominante es del NW, aunque con frecuencias muy bajas; los períodos significantes para oleajes reinante y dominante son de 8 y 4 seg respectivamente; el valor teórico del acarreo litoral neto es de 50,000 m³/año con dirección E-W.

OBJETIVOS :

Determinar las variaciones en la batimetría del muelle fiscal de Puerto Progreso, Yucatán, como resultado de su ampliación, localizando las zonas de erosión o sedimentación en el área.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Puerto de Progreso de Castro, se encuentra localizado en el estado de Yucatán, en el sureste de los Estados Unidos Mexicanos y en el norte de la Península de Yucatán; estando comprendida entre los paralelos $19^{\circ}29'$ y $21^{\circ}37'$ de Latitud Norte y los $87^{\circ}32'$ y $90^{\circ}25'$ Longitud Oeste (Fig 1).

El muelle fiscal donde se realizó el presente trabajo se encuentra localizado entre los $21^{\circ}17'10''$ y $21^{\circ}18'30''$ de latitud Norte y los $89^{\circ}39'40''$ y $89^{\circ}40'10''$ longitud Oeste (INEGI, 1986), partiendo de una costa abierta recta.

A lo largo de la costa corre una franja arenosa con anchura media de 1 Km. formada por dunas y bancos, separada de tierra firme por la ciénega (Gob. del Edo. de Yucatán, 1983).

Las mareas en la región son predominantemente diurnas, ocurre un pleamar y un bajamar en cada ciclo de marea, sin embargo, en determinados días ocurren dos pleamares y dos bajamares de gran desigualdad diurna en las bajamares (Inst. de Geofísica, 1988).

La temperatura promedio anual fluctúa entre los 24.6 y los 27.7°C; la humedad relativa llega al 80% en la costa y 72% en el interior (Gob. del Edo. de Yucatán, 1983); la dirección de los vientos dominantes es E,NE con una velocidad promedio de 2.5 m/seg, registrándose también una evaporación anual de 3,209.75 mm (Aguilar y Gómez, 1982).

El clima en el municipio de Progreso está clasificado como cálido en los subhúmedos tropicales, con régimen de lluvias entre los meses de Mayo a Octubre, los meses más calurosos se presentan de Marzo a Agosto (Gob. del Edo. de Yucatán, 1980).

La precipitación pluvial anual oscila entre los 415 y 1290 mm distribuidos mayormente entre Mayo y Octubre, época de verano (Gob. del Edo. de Yucatán, 1983), pero con un porcentaje relativamente alto de lluvia invernal (Aguilar y Gómez, 1982); generalmente se observa que en los meses de Febrero y Septiembre hay los llamados nortes, que son lluvias acompañadas de "ráfagas" (fuertes vientos) (Gob. del Edo. de Yucatán, 1980).

MATERIALES Y METODOS :

Siguiendo los procedimientos establecidos en levantamientos batimétricos con un apoyo terrestre a base de intersecciones de 2 tránsitos (Toscano, 1970), se definieron los puntos obtenidos en el campo mediante sus coordenadas, indicándose su profundidad correspondiente referidas al Nivel Medio del Mar (N.M.M.).

Para lograr las correcciones por marea se recurrió a las tablas de marea publicadas por el Instituto de Geofísica de la UNAM (1988 y 1989) para la región.

Con lo anterior se formaron tablas con datos X,Y,Z que contienen la ubicación de los puntos en una escala 1:10,000 y con las que se dibuja con interpolaciones las curvas de igual profundidad (Isobatas), mismas que fueron transportadas al plano X,Y,Z para contar con toda la información que constituye el levantamiento general batimétrico.

Strahler (1952), realiza investigaciones en cuencas de drenaje, utilizando el análisis hipsométrico (relación de área con una altitud), encontrando aplicaciones prácticas de este análisis en hidrología, erosión de suelos, estudios sedimentológicos y militares. Haan y Johnson (1966) aplican la técnica de muestreo aleatorio para obtener las curvas hipsométricas, encontrando que casi no hay diferencia con el método de Strahler, pero se obtiene una reducción de tiempo en la obtención de las curvas por un factor de 4 a 10 veces.

Obtenidos por este método los mapas batimétricos, se dibujo una plantilla del área de estudio sobre la cual se pusieron los puntos aleatorios obtenidos por medio de una calculadora Casio Fx750 en una densidad de 30 por kilómetro cuadrado (Haan y Johnson, 1966), esta plantilla se colocó sobre los diferentes mapas para obtener los datos que sirvieron para crear las curvas hipsométricas de cada uno y poder determinar la cantidad de sedimento que se encontraba en cada mapa.

Obtenidas las curvas, se procedió a la diferencia de mapas, donde después de sobreponer mapas de distintas fechas, los cuales nos dieron mapas de respuesta (isopacas), estos nos reflejaron los cambios batimétricos ocurridos entre los diferentes muestreos, de donde se obtienen las zonas de erosión y depositación que se dan en el área de estudio (Torres y Gómez-Morín, 1989).

RESULTADOS

Las curvas hipsométricas de las figuras 2, 3, 4 y 5, son el resultado de los datos obtenidos por medio del método de Haan y Johnson (1966), observándose que las curvas de las figuras 2 y 4 son las que ocupan un área casi igual, mientras que la figura 3 es la que presenta el área mayor (casi .6), notándose también que la figura 5 es la que tiene la menor área (.51).

Partiendo de la curva de referencia de la figura 2, se nota un aumento de volumen en la figura 3 y una disminución en la figura 4, siendo esta diferencia mayor en la figura 5.

Así también, las curvas presentan pendientes y puntos de inflexión que varían entre cada una de ellas, variaciones que corresponden al movimiento (erosión-depositación) del material.

Se observa en la tabla 1, los volúmenes de material encontrados durante los muestreos, así como el balance, ya sea positivo (depositación) o negativo (erosión), encontrando entre Noviembre de 1984 a Enero de 1988 un aporte de material de 1'156,250 m³, reflejándose en el mapa de respuesta (Isopacas) de la figura 6, la localización del material para ese tiempo. El rompeolas tenía 1.2 Kms de construcción y la terminal remota.

De Noviembre de 1984 a Febrero de 1989 hay una disminución del material, estando en menor cantidad que en la fecha inicial con una diferencia de -35,625 m³; aunque la

Curva Hipsometric para noviembre 1984

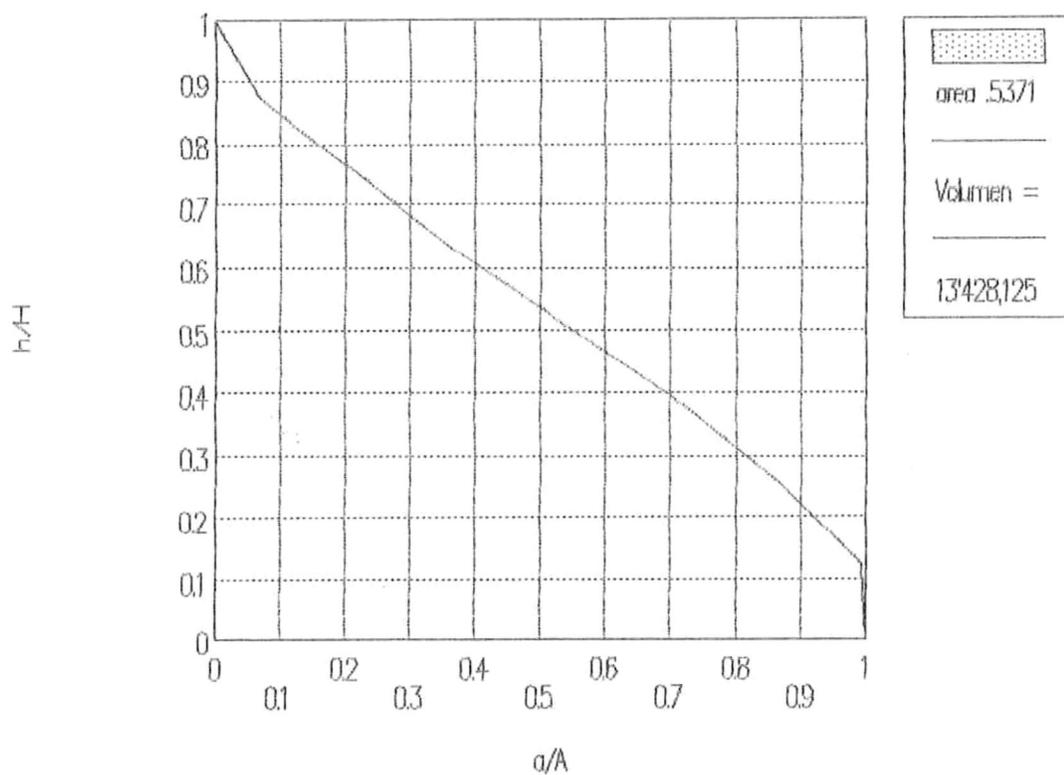


Figura #2, Area y Volumen encontrado para la curva Hipsométrica en Noviembre de 1984

Curva Hipsometric para Enero de 1988

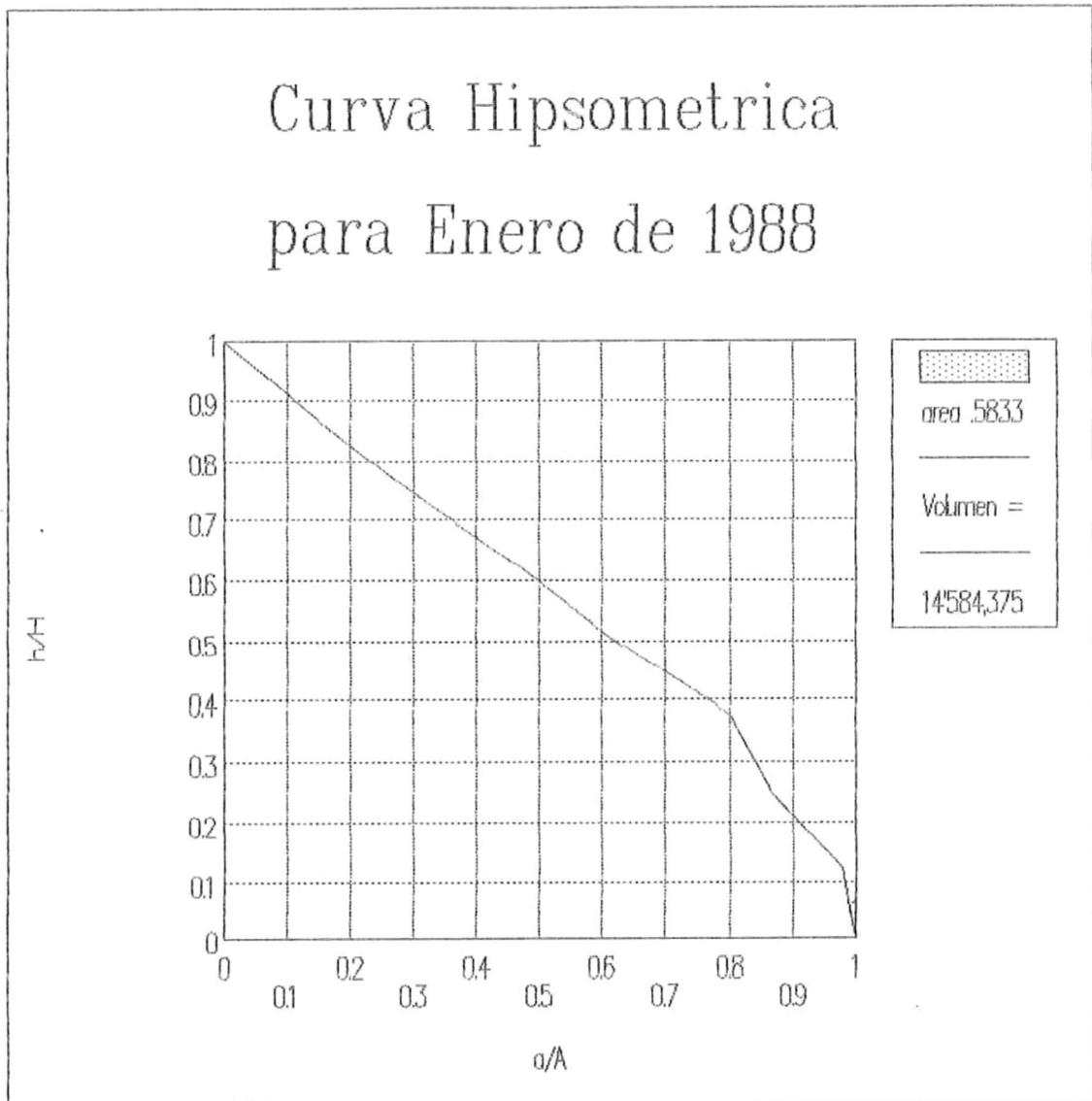


Figura #3, Area y Volumen encontrado para la curva Hipsométrica en Enero de 1988

Curva Hipsometric para Febrero de 1989

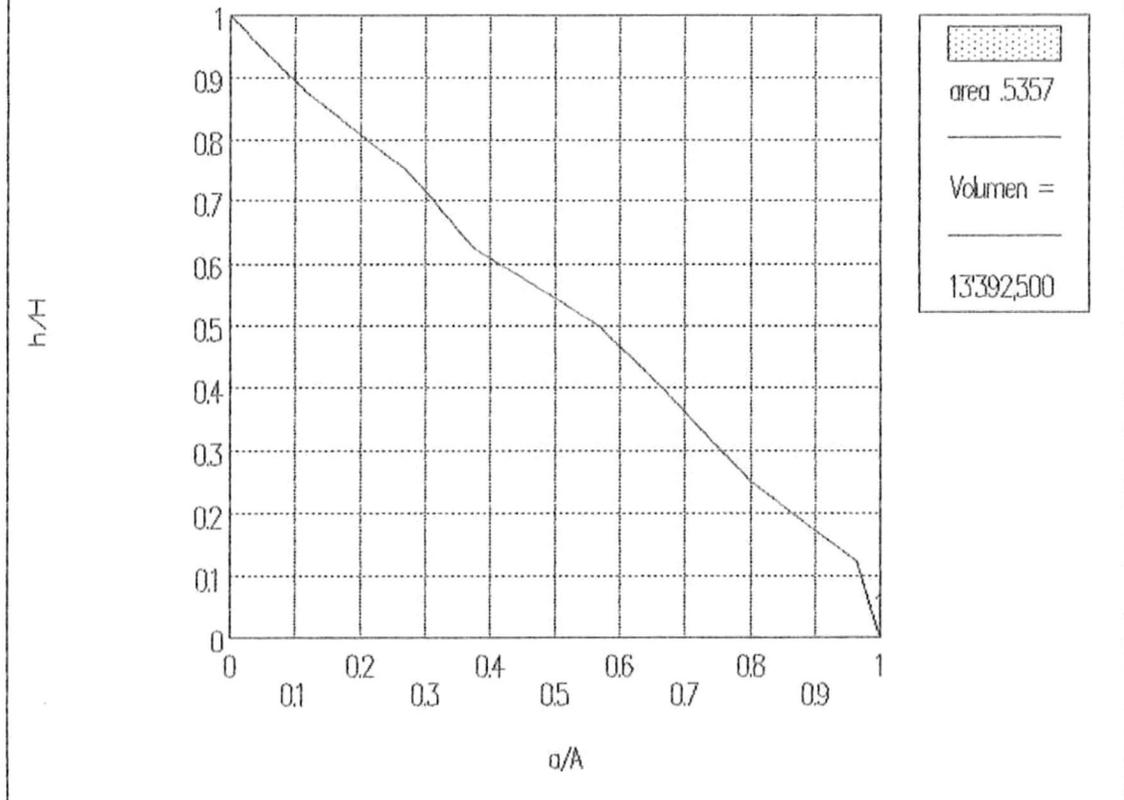


Figura #4, Area y Volumen encontrado para la curva Hipsométrica en Febrero de 1989

Curva Hipsometric para Julio de 1989

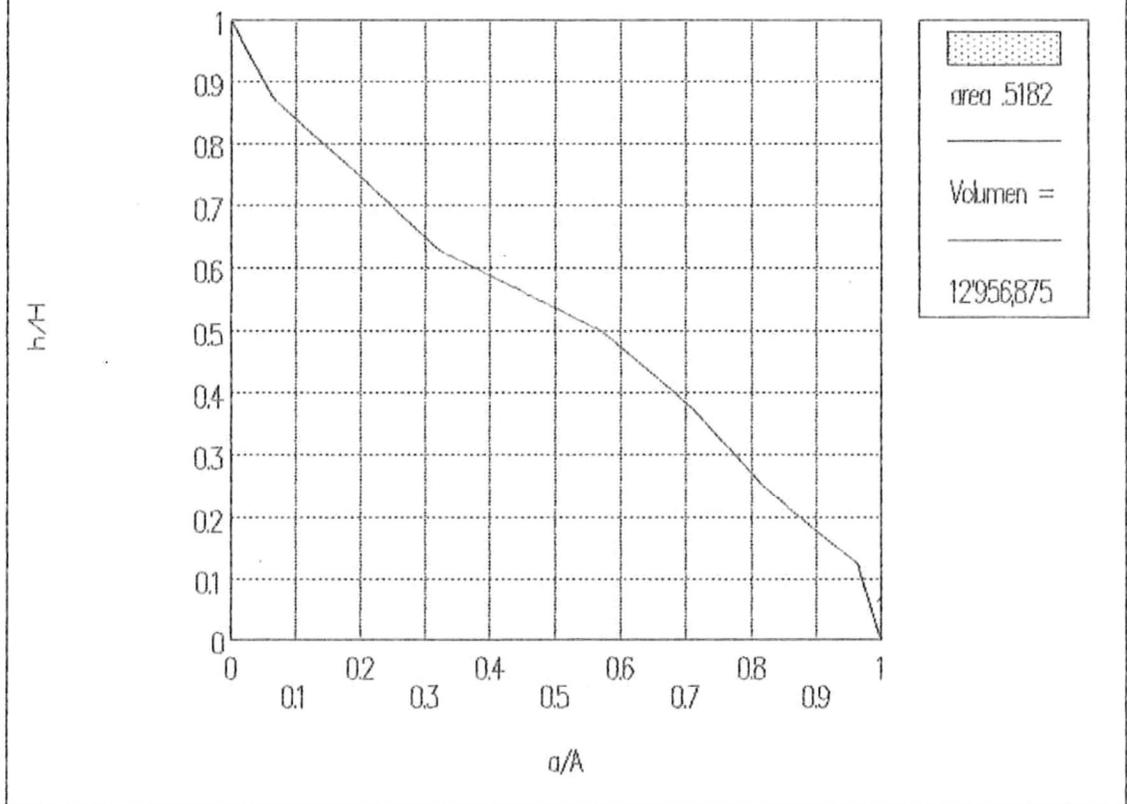


Figura #5, Area y Volumen encontrado para la curva Hipsométrica en Julio de 1989

diferencia es pequeña con relación al volumen original, se nota una marcada diferencia en el mapa de isopacas (Figura 7), notándose una acumulación de sedimento en la parte sur del rompeolas y zonas de erosión en la parte norte. La construcción del rompeolas media 3.1 Kms desde el muelle fiscal y .5 Kms desde la terminal remota.

Para Noviembre de 1984 a Julio de 1989, el rompeolas fué terminado, contando con 4.5 Kms hasta la terminal remota, encontrándose en la tabla una diferencia de volumen mayor que el anterior, siendo esta de -471,250 m³ de material, notandose también en la figura 8, la casi desaparición de las zonas de depositación, localizada en una pequeña parte en el extremo sur del rompeolas.

MES	ANO	Vol Cuenca (m ³)	Balance
NOVIEMBRE	1984	13'428,125	
ENERO	1988	14'584,375	1'156,250
FEBRERO	1989	13'392,500	- 35,625
JULIO	1989	12'956,875	- 471,250

Tabla 1, Diferencias de Volumen encontrados en los muestreos

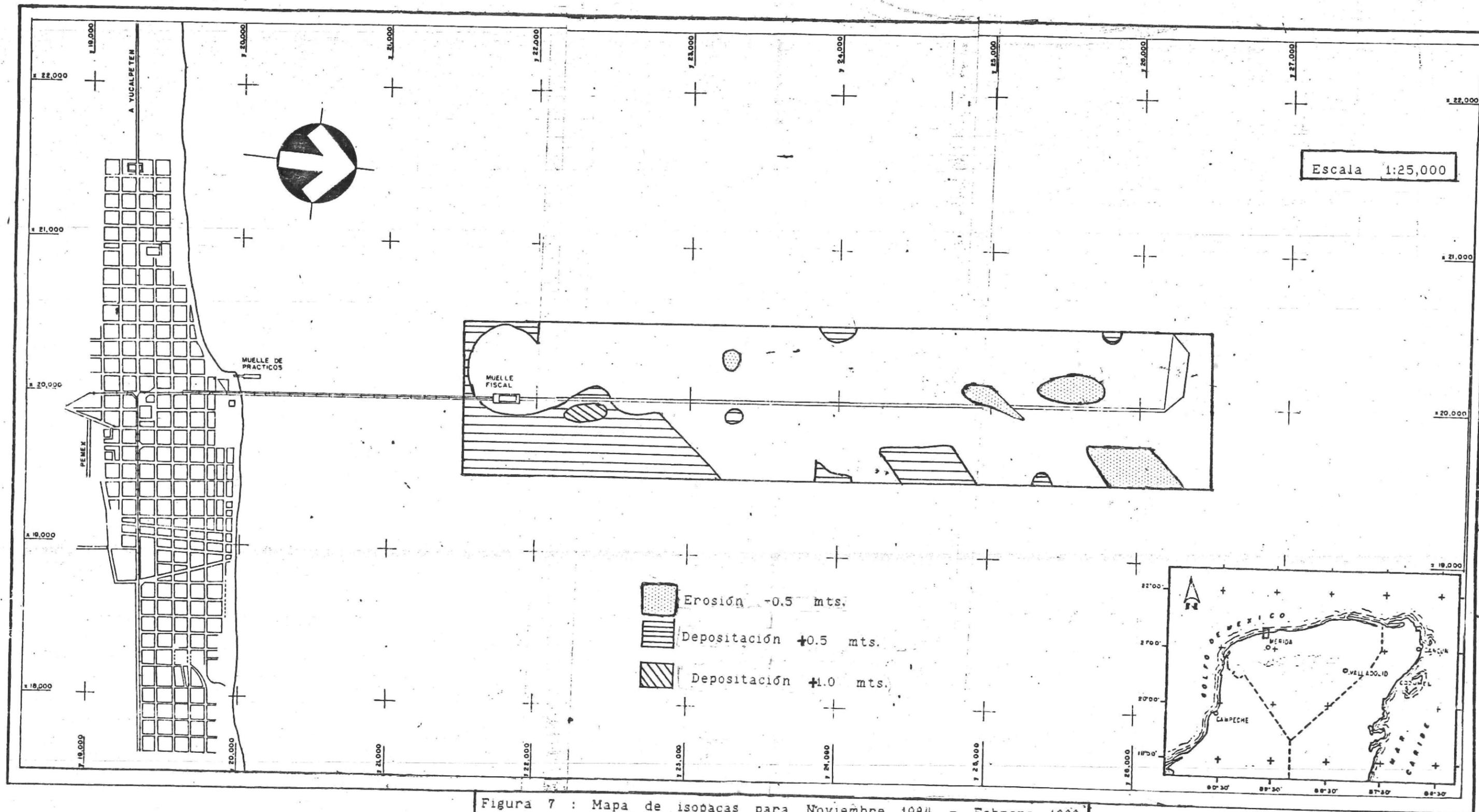


Figura 7 : Mapa de isopacas para Noviembre 1984 - Febrero 1989.

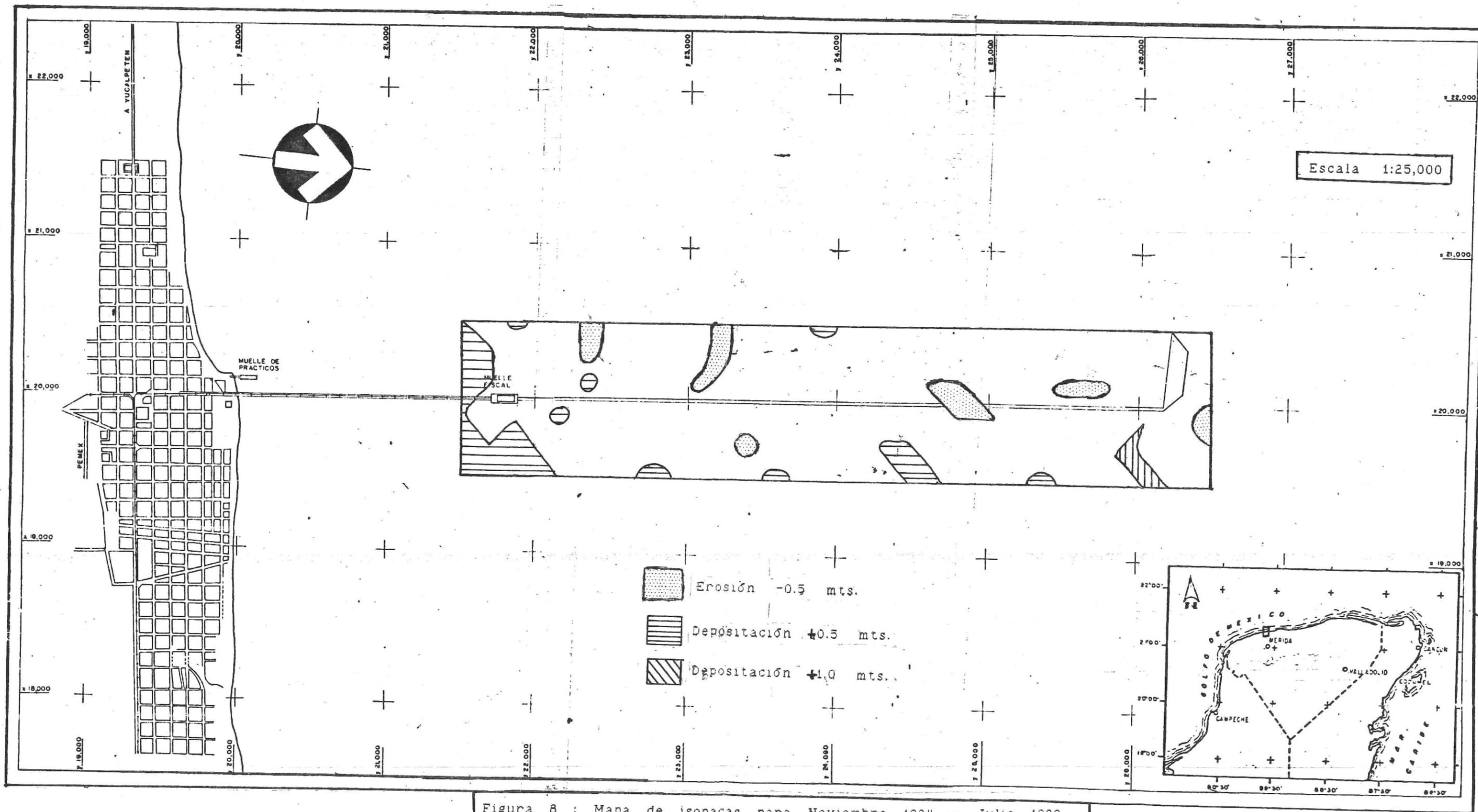


Figura 8 : Mapa de isopacas para Noviembre 1984 - Julio 1989.

DISCUSIONES :

En la figura 2, se notan claramente los dos puntos de inflexión de la curva hipsométrica, dandonos un característico perfil de "S", representativo para una cuenca en estado maduro o en equilibrio (Strahler, 1952). La pendiente en la parte central de la curva presenta casi la misma inclinación, lo cual dice que el material se encuentra uniformemente distribuido y la profundidad aumenta lentamente. Así mismo, el 0.5371 de área que se encuentra bajo la curva indica que un poco más de la mitad de la cuenca es material sólido (arena).

La figura 3, presenta 4 puntos de inflexión, siendo los más importantes los últimos 3, ya que nos representan cambios en la zona más profunda de la cuenca. Este perfil y el área que ocupa la curva hipsométrica (0.5833), la sitúa en un estado transicional de madura-inmadura o de equilibrio-desequilibrio, esto debido a un perfil más abrupto en la parte profunda de la cuenca y un aumento considerable de material desde las partes someras, hasta el tercer punto de inflexión, comparado con la figura 2.

Para la figura 4, se observa que aunque el área y el volumen encontrado es muy parecido con el de la figura 2, el perfil de la curva así como los puntos de inflexión que presentan, son muy diferentes a los encontrados en el perfil original. En esta curva se notan varios puntos de inflexión en su parte central que comparada con el de la figura 2 nos

muestran que hubo una disminución de material en las partes profundas de la cuenca y un aumento en la parte somera; mientras que comparada con la figura 3 se observa una disminución de material a lo largo de toda la curva, siendo mayor en la zona profunda y menor en la zona somera, estando esto de acuerdo con los volúmenes encontrados en cada muestreo. Esta curva presenta de nuevo un perfil de equilibrio, dado por el área que ocupa y su forma de "S"

La curva hipsométrica de la figura 5, es también la de un perfil de madurez o equilibrio, ya que el área que ocupa es de casi .5 y presenta también la forma de "S" típica de esta etapa.

Esta curva es la que presenta la menor área y por consiguiente el menor volumen, ya que comparada con la figura 2 se nota una disminución de volumen en toda la curva a excepción de la parte más somera y una pequeña parte intermedia. Comparándola también con la figura 4, las curvas tienen casi el mismo perfil de la zona intermedia a la profunda, mientras que se nota una marcada disminución en el volumen desde la parte somera hasta la intermedia.

Lo anterior indica que el material se ha transportado fuera de la cuenca, pues la tendencia general que se observa es una disminución del material de la parte profunda y un aumento en la parte somera, para posteriormente disminuir el volumen del material entre cada muestreo, a excepción de la figura 3, pues aunque el volumen aumenta, la tendencia

(acumulación en la parte somera, disminución en la parte profunda) se mantiene. Esta variación se pudo deber a algún evento sucedido antes del muestreo, ya que para dichas fechas es época de tormentas en la zona.

El mapa de isopacas es el resultado de la diferencia entre dos mapas batimétricos de distintas épocas, reflejándose en este las diferencias de volúmenes, ya sean positivas (depositación) o negativas (erosión), así como las zonas donde se dan dichos cambios.

En la figura 6 se observa el mapa de isopacas obtenido entre Noviembre de 1984 a Enero de 1988, en el cual se nota que la mayoría de las zonas son de acreción. Estas zonas pueden ser pequeñas barras de arena localizadas a 2.2 y 3.8 Kms del antiguo muelle y probablemente una tercera en el inicio del rompeolas, ya que presentan espaciamientos regulares, formas elongadas y orientación paralela a la línea de costa. En el mapa se observa también la presencia de la terminal remota así como el rompeolas que tenía 1.2 Kms de longitud, donde se observa una gran acumulación de sedimentos. Esto está de acuerdo con la tabla 1, la cual refleja un azolvamiento de 1'156,250 m³. Este aumento puede ser debido a que por ser temporada de invierno se haya transportado material de la parte somera a la profunda o que el material venga de partes más profundas de la plataforma movido por el oleaje.

En la figura 7, el mapa de isopacas entre Noviembre de 1984 a Febrero de 1989 se observa la desaparición de las barras, pero localizándose la mayoría del material en el lado Este de la parte somera. El rompeolas tenía 3.1 Kms desde el muelle fiscal y .5 Kms desde la terminal remota. La ampliación del rompeolas puede ser una de las causas de la desaparición de las barras, ya que el oleaje con dirección Este y Noreste, pudo haber generado una corriente a lo largo del rompeolas con dirección N-S, que fue aumentando de velocidad conforme el rompeolas se hacía más grande (Ing. Apolinar Sotelo, Comunicación personal). Esta corriente fue erosionando las barras y transportando el material hacia zonas someras, así como también pudo crear las zonas de erosión que se presentan en el area. En la tabla 1 se observa que para este período hay casi el mismo volumen de material que en el primer muestreo, teniendo solo una pequeña diferencia de $-35,625 \text{ m}^3$ de sedimento, pues aunque hay aumento de material en la parte somera, también hubo una disminución en la parte profunda. Esto nos dice que el material se ha transportado y se está perdiendo, siendo llevado probablemente por corrientes o por la corriente litoral.

El mapa de isopacas de la figura 8 es la diferencia entre Noviembre de 1984 a Julio de 1989. En este mapa las zonas de depositación disminuyen al grado de casi desaparecer, estando la mayoría del material localizado en

el extremo sur del rompeolas; se observa también que las zonas de erosión han aumentado, estando localizadas en la parte oeste del rompeolas. La construcción ya había sido terminada y por lo tanto había aumentado la velocidad de la corriente a lo largo del rompeolas (Sotelo op. cit.). En el mapa se observa la reducción del volumen de sedimento, no solo como disminución de las zonas de depositación, sino también como aumento en las zonas de erosión, por lo tanto como se ve en la tabla 1, para ese tiempo ya había una diferencia de $-471,250 \text{ m}^3$. Este material tuvo que ser transportado fuera de la zona de muestreo, presumiblemente por la corriente generada por el rompeolas e incorporado al transporte litoral.

En la figura 9 se presenta un esbozo diagramático de las posibles corrientes que se dan en el área.

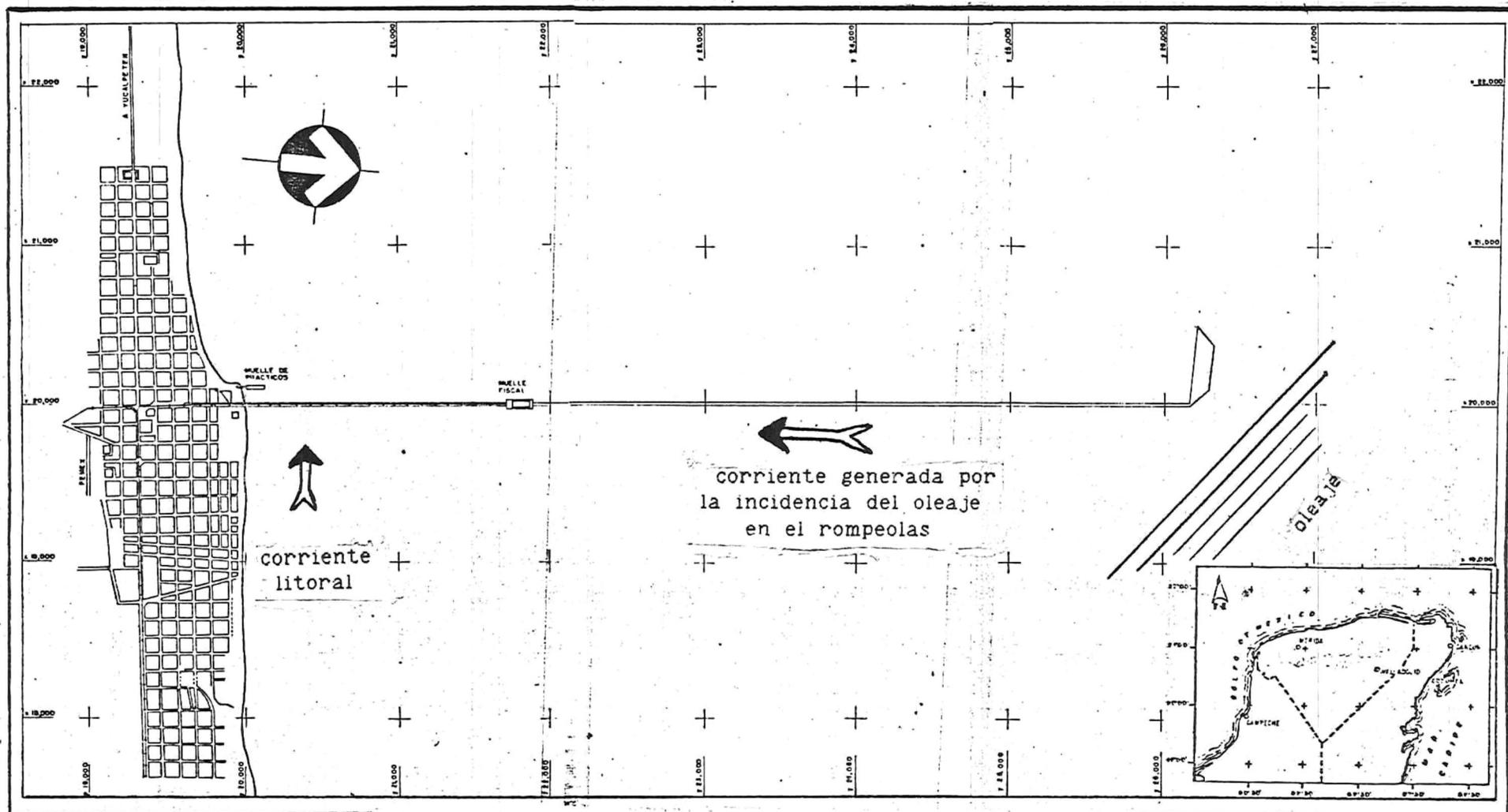


Figura 9 : Mapa del posible patrón de corrientes.

CONCLUSIONES :

1a.- La curva Hipsométrica original presenta el perfil de una cuenca en equilibrio y con el perfil "S" característico.

2a.- Las curvas hipsométricas muestran una tendencia de erosión conforme el rompeolas aumenta de tamaño, ya que el área de cada curva va siendo cada vez menor; se observa una disminución del volumen, localizado primero en la parte profunda, luego en la parte intermedia y por último en la parte somera; los perfiles pasan de un estado transitorio inmaduro, a un perfil maduro.

3a.- Los mapas de isopacas, muestran la localización en donde se encontraba el material entre muestreos, notándose el transporte de éste hacia zonas someras y luego su disminución.

4a.- Es muy probable la presencia de una corriente a lo largo del rompeolas generada por el oleaje, y que sea esta la que este moviendo el material y sacandolo del área de muestreo, incorporandolo probablemente a la corriente litoral.

RECOMENDACIONES :

Se recomienda ampliar el estudio batimétrico hasta la línea de costa, para ver si ahí se está depositando el material, o si este es transportado por la corriente litoral sin causar efectos.

También se aconseja realizar perfiles de playa al Este y Oeste del rompeolas, para determinar si la construcción causará retroceso o avance de la línea de costa.

Se necesitan estudios de oleaje, corriente litoral, corrientes (locales y generadas por el rompeolas), y perfiles de playa, ya que se desconocen los patrones del transporte de sedimentos en el área.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Arzapado, D. y Gomez Canto, N., (1982). Estudio Hidrográfico de la laguna de Chelem, Yucatán. Tesis profesional, Facultad de Química, Universidad Autónoma De Yucatán.
- Castro Sepulveda, C. H., (1969). Estudio teórico físico experimental del puerto de Yucalpetén en la ciénega de Progreso, Yucatán, México; Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Simp. Lagunas Costeras. UNAN-UNESCO. México D.F. pags 377-396.
- Gobierno del Estado de Yucatan
Enciclopedia Yucatanense, (1947).
tomo 3, pags 609 - 613
- Plan municipal de desarrollo urbano, (1980).
Progreso, Yucatán
- Monografía (1983).
Secretaría de Planeación, Talleres del Estado.
- Gomez-Morin Fuentes, L. y Lizárraga J. R., (1982). Análisis Hipsométrico del Puerto de Ensenada, Baja California, Ciencias Marinas, Vol. 8, No. 2: Pp 7-24
- Haan C. T. and Johnson H. P., (1966). Rapid determination of hypsometric curves, Geological Society of America Bulletin, Vol. 77, p 123-126
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), (1986) ,Carta Topográfica de Puerto Progreso, F16C32, 1a Impresión.
- Instituto de Geofísica de la UNAM, (1988 y 1989) Calendario gráfico de mareas, región Progreso-Yucalpeten, Yucatán.
- Sato, Sh. and Irie, I, (1970). Variation of topography of sea bed caused by the construction of breakwaters, Proc. 12Th Coast. Eng. Conf. Vol II, pags 1301-1319.

- Strahler, Arthur N, (1952).** Hypsometric (Area-Altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, Vol 63, pags 1117-1142.
- Torres Rodriguez, J. y Gómez-Morín Fuentes, L., (1989).** Estimación cuantitativa y cualitativa del azolvamiento en el Puerto de Ensenada, B. C, Mexico, Ciencias Marinas, Vol. 15, No. 4: Pp 39-50
- Toscano, R., (1970).** Metodos Topográficos, pags 585-589 Editorial Porrúa, S.A. , Mexico.
- Uribe Rojo, M. A., (1989).** Apuntes de Planeación Portuaria, Universidad Autonoma de Baja California.
- U.S.A.C.E.R.C. (1984).** Shore Protection Manual. U.S. Army Coastal Engineering Reserch Center, U. S. Army Corps of Engineers. Fourth Edition, Vol I 300 pags, Vol II 270 Pags.