



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



II ENCUENTRO “EL POSGRADO EN LA INGENIERÍA CIVIL”, ESIA U. ZACATENCO,
MAYO 21 AL 23 DEL 2012.

“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN COSTERA
CASO CHELEM-CHUBURNÁ, YUCATÁN”

Juan Ariel Manrique Sanguino, Sección de Posgrado (Hidráulica), ESIA Unidad Zacatenco IPN,
juanariel_m@hotmail.com

RESUMEN

La erosión costera es un fenómeno que ha cobrado importancia durante los últimos años, dadas las repercusiones económicas en materia de ingreso de divisas por concepto del turismo así como el incremento del riesgo para la infraestructura y población ubicada sobre ella. Se define como el retroceso progresivo de la línea de costa cuyas causas pueden ser de origen natural así como también antropogénicas

Ante el grado de erosión costera, en la península de Yucatán se ha desencadenado una lucha para frenar la erosión de las playas construyendo toda clase de obras de protección, como espigones elaborados a base de roca y madera con diversos diseños, longitudes, sin ninguna clase de planeación en su diseño, colocación y distribución. Sin embargo, estas acciones no han sido suficientes para detener este fenómeno, si no que por lo contrario a lo que se esperaba, han contribuido a que aumente la socavación de las playas de manera crítica. Esto ha provocado seria preocupación por el efecto de la erosión en dicha costa, ya que en algunas zonas se pierden cada mes hasta dos metros de playa por lo que se requiere encontrar alternativas de protección costera adecuadas para la mitigación del problema.

El objetivo de este trabajo es la de describir el grado de erosión existente en las playas de Yucatán en el tramo Chelem-Chuburná así como la infraestructura existente, la implementada en dicho tramo y además de realizar un estudio experimental de alguna(s) estructura(s) de protección costera como alternativa(s) a las que ya se han implementado en el tramo erosionado crítico Chelem- Chuburná y con esto conllevar a proponer una alternativa de protección costera que sea funcional y que minimice la pérdida de sedimentos en esa zona de acuerdo con las condiciones locales.

INTRODUCCIÓN

La costa históricamente ha sido uno de los principales elementos registrados por la Cartografía, debido al límite que la línea de costa ha representado para el desarrollo de las actividades humanas. En esta zona limítrofe entre mar y tierra es donde las mareas, vientos y olas atacan la tierra: es aquí donde la costa responde a estos ataques, cambiando su forma y configuración con el fin de disipar la energía del mar (Fig.1)

La erosión costera se define como el retroceso progresivo de la línea de costa cuyas causas pueden ser de origen natural así como también antropogénicas (inducidas por el hombre).

Entre las causas naturales se encuentra: La interacción de procesos climáticos, meteorológicos, hidrodinámicos y sedimentarios con la morfología costera y con la batimetría del fondo de la zona cercana a la costa.

Entre las causas antropogénicas se encuentra: La ocupación y construcción en la duna litoral así como la construcción desordenada de obras de protección.

MARCO TEORICO.

En la costa de Yucatán, Se ha modificado el transporte de sedimentos debido tanto a causas naturales, como por la realización de obras para impulsar el comercio, la industria, la pesca y el turismo. Interrupciones al transporte como los accesos a los puertos de San Felipe y Río Lagartos. (Fig.2 y 3)



Fig. 1 Dunas erosionadas de las casas veraniegas en Chelem

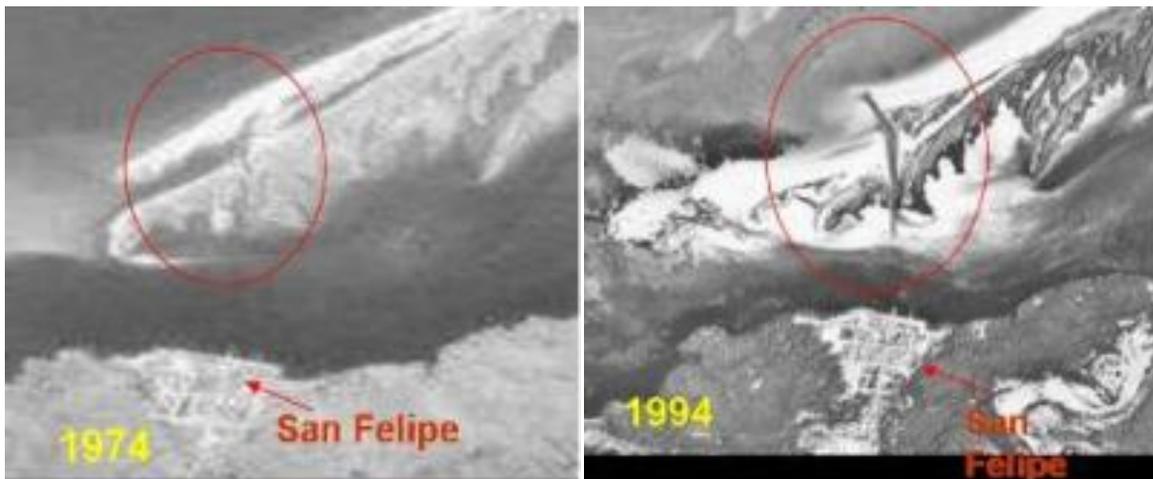


Fig.2 Evolución de la interrupción al acceso al puerto de San Felipe



Fig.3 Acceso al puerto de Río Lagartos

Efectos similares se presentan en las 10 escolleras del estado.

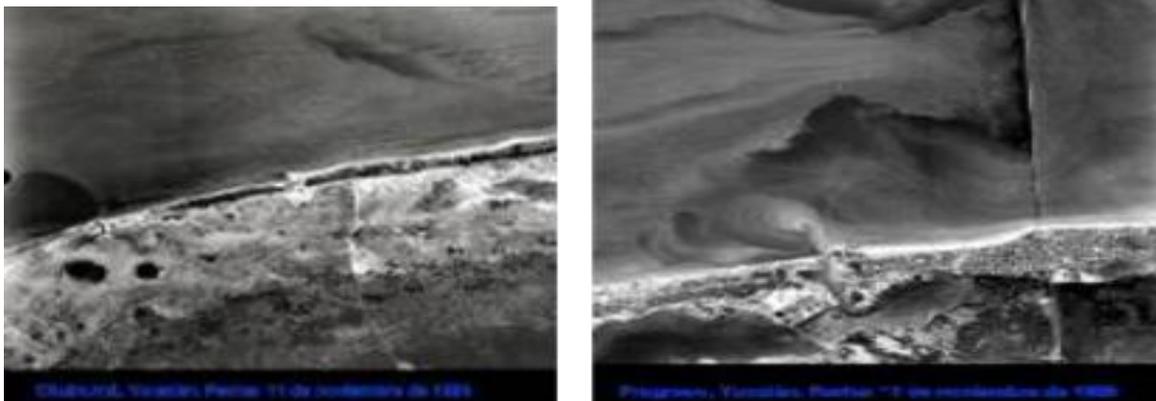


Fig.4 Escolleras perpendiculares a la línea de costa

Entre el año 2003 y 2005 se empezó a atender el problema de la erosión en la costa yucateca, rellenando con arena proveniente de las escolleras que existen en el estado, 15 kilómetros de la costa al noreste de la capital yucateca, cubriendo los puertos de Chelem y Chuburná, los cuales son los que presentan serios problemas de erosión (Fig 5). Primeramente se comenzó rellenando apenas 5 kilómetros de la playa, para luego paulatinamente terminar la meta de los 15 kilómetros. El esfuerzo fue importante porque se carecía de la arena suficiente para rellenar los puntos erosionados, ya que solo se tienen 11 escolleras de donde se podrían extraer unos 400 mil metros cúbicos de arena y eso resultaba insuficiente, para lo cual se tuvo que substraer el material en otros bancos. Sin embargo todo este avance que se tuvo mediante este programa de recuperación de playas yucatecas en los años 2002 al 2005 se abandonó por lo que el mar nuevamente erosionó las dunas recuperadas en ese momento. Quedando el problema más avanzado. En la zona crítica, que va de Chelem a Chuburná, se quitaron las escolleras por la SEMARNAT, para colocar Geotubos, lo que aceleró el proceso de erosión en esa parte de la costa.



Fig.5 Patio de predios veraniegos invadidos por el mar en Chuburná Puerto.

Organismos ambientalistas de Yucatán advierten que en 100 años el mar podría subir alrededor de seis metros, lo que implicaría entre 5 y 10 kilómetros en las zonas bajas, con los consiguientes daños ecológicos, económicos y sociales.

Ahora se sabe que una de las causas antropogénicas que también está influyendo en la erosión de la costa yucateca es el Puerto de Altura de Progreso (Fig.6). El puerto de altura sigue causando impactos fuertes tanto en Chuburná como Chicxulub, pero con más fuerza hacia Chelem, cuyo playón sigue creciendo debido a la creación de la parte de baja energía entre Yucalpetén y el puerto de altura. Ahí se acumula la arena que debería llegar a Chelem.



Fig. 6 Puerto de altura Progreso, Yucatán.

INFRAESTRUCTURA DE PROTECCIÓN COSTERA

Cuando se tiene una erosión crónica debido a la falta de aportes de sedimentos al litoral o a la sobre elevación del nivel del mar, entonces con el objetivo de estabilizar y proteger la costa se tendría que recurrir a las obras hechas por el hombre comúnmente denominadas obras marítimas de protección.

Obras paralelas a la costa: Estas tienen la función de fijar la línea de la playa, ya que son estructuras formadas por muros de protección reflejantes o no reflejantes, malecones rígidos o flexibles, que colocándolos paralelamente a la línea de playa forman un dique entre ésta y el mar (Fig.6).



Fig.6 Obras de protección paralelas a la línea de costa

Obras perpendiculares a la costa: Estas tienen la función de generar zonas de abrigo o protegidas y reducir el transporte litoral, dentro de estas se tienen principalmente rompeolas, escolleras y espigones (Fig.7)



Fig. 7 Obras de protección perpendiculares a la línea de costa

Geotubos: Los geotubos (fig.12) son sacos o bolsas o tubos, tipo costales, formados por geotextiles tejidos, de alta resistencia, diseñados para soportar las condiciones extremas del medio ambiente como agua salada, altas temperaturas, exposición prolongada a la luz solar y la intemperie.

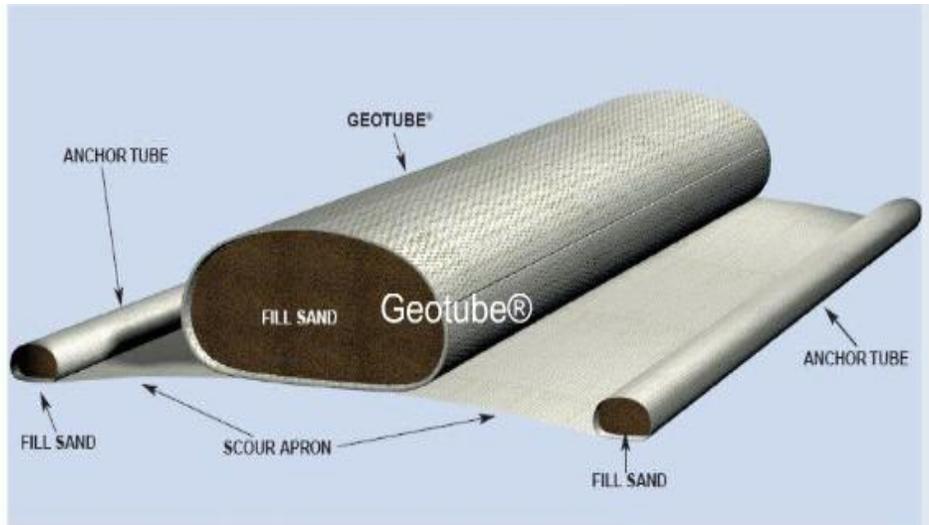


Fig.12 Partes que componen el Geotubo [Ingeniería AXYS]

Reef Balls: El *Reef Ball* es un módulo de concreto que simula arrecifes artificiales y una vez puestos en el océano forman un hábitat natural. Fueron creados por la organización Reef Ball Development Group.

Su uso pareciera más orientado a servir de sustento para el crecimiento de comunidades coralígenas de manera artificial, que a una función protectora de la costa, ya que se menciona que en el caso de arrecifes colocados a baja profundidad o cercanos a la costa, los elementos son anclados convenientemente para evitar ser arrastrados por la acción del oleaje (Fig.13) [www.reefball.org].



Fig.13 Reef Ball [www.reefball.org]

CORE-LOC: El Core Loc es un elemento de concreto para coraza de nueva generación, creado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Este elemento se ha usado en rompeolas desde 1994. La geometría básica de las patas del Core Loc, es similar a la de los Dolos, con su probada capacidad de trabazón. Sin embargo, el Core Loc es una unidad más voluminosas y, por lo tanto, tiene mejores condiciones estructurales. Es importante destacar que el peso del Core Loc es 38% mayor que el de un Dolo de misma altura, lo cual confirma una menor esbeltez y fragilidad del Core Loc (Fig.14) [Turk, 1996].



Fig.14 Core Loc

ALTERNATIVAS DE PROTECCION COSTERA EN LA ZONA CRÍTICA.

Muchas de las estructuras mencionadas, todavía no se han implementado para solucionar el problema de la erosión costera en dicha zona, en donde el factor costo ha sido el principal obstáculo para su construcción.

El objetivo es hacer un estudio experimental mediante un modelo físico reducido en laboratorio que disminuya significativamente la energía del oleaje incidente en la costa causante de la erosión en playas, como alternativa(s) a las que ya se han implementado en el tramo erosionado crítico Chelem- Chuburná y con esto conllevar a proponer una alternativa de protección costera que sea funcional y que minimice la pérdida de sedimentos en esa zona de acuerdo con las condiciones locales.

Lo ideal sería el diseño y ensayo de una estructura sumergida como un rompeolas (Fig.15) sumergido o arrecifes artificiales sumergido el cual no perjudique al paisaje local.



Fig. 15 Experimentación de un rompeolas sumergido en un canal de oleaje irregular

Otro de los aspectos a considerar es el material con que se construiría la estructura fuera de concreto ya que en la región sólo se cuenta con material pétreo calizo el cual no es suficientemente resistente a la corrosión producida por el agua de mar.

Se planea experimentar con la forma de la estructura como en la figura 15 donde la altura del rompeolas es decreciente (fig. 16)

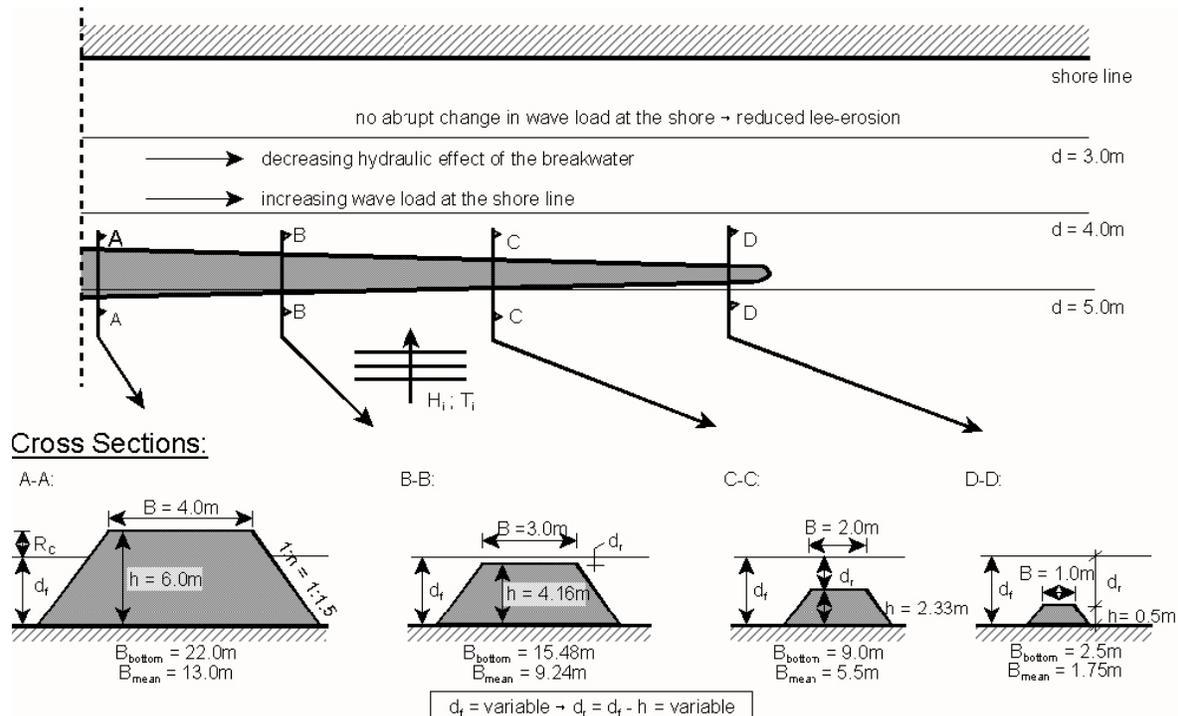


Fig. 16 Rompeolas sumergido con altura decreciente

CONCLUSIONES

Puede concluirse que las soluciones existentes para detener la erosión costera deberían seleccionarse desde un punto de vista integral y además deberían ser blandas como lo es la alimentación artificial con arena.

Las soluciones frente al problema de la erosión deberían ser blandas de tal forma que se conserve el paisaje, no se alteren los ecosistemas y puedan desarrollarse actividades náuticas propias del turismo. La alimentación artificial con arena y la instalación de geotubos parecen ser buenas alternativas y en ese sentido, la experiencia en Cancún a sido beneficiosa, pero requiere evaluarse a detalle ya que puede producir efectos secundarios sobre todo en temporada de huracanes.

Las soluciones duras deberían en lo posible evitarse (Construcción de espigones escolleras entre otras) tal como lo han afirmado algunos investigadores Bijker y Van de Graff (1983). Además las soluciones deben involucrar la experiencia adquirida no solo por ingenieros de costas sino también por geólogos, geógrafos, biólogos, ecologistas entre otros especialistas Guilcher(1974).

La alimentación artificial de playas no provee una solución permanente al problema de la erosión (Institution of civil engineerse,1985). Aunque los costos de inversión iniciales no son tan altos, el costo de mantenimiento si lo es.

La capacidad de recuperación de las playas después de los huracanes y el oleaje swell persiste en forma oblicua sobre las mismas son los factores más importantes que gobiernan la durabilidad de los proyectos de alimentación artificial de playas (Silverstar y Hsu, 1997).

La mejor forma de protección a la erosión y a los daños que provoca esta es manteniendo una franja amplia de playa protegida por una duna frontal que reciba las olas de tormenta, de esta forma habrá suficiente material para alimentar la barra arenosa que se forma durante la tormenta aguas adentro por lo cual se debe de mirar hacia la legislación para impedir que se construya en esa zona, garantizando de ese modo la estabilidad de playa.

RECOMENDACIONES

El estudio experimental podría ampliarse de modo de llevarlo a un modelo reducido de fondo móvil en el cual se pudieran analizar y obtener otras variables como lo es la dirección del oleaje y el transporte de los sedimentos, y el cambio que pudiera sufrir el perfil de la playa en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Armando Frías Valdez y Gonzalo Moreno Cervantes /Ingeniería de Costas/1986.*
2. Arturo Carranza, Edwards/Causas y consecuencias de la erosión en playas/Instituto de ciencias del mar y Limnología/UNAM/2009
3. *Bagnold R.A / Mechanics of marine sedimentation. In "The Sea: Ideas and observations" (M.N Hill ed.). Vol. III, Intersciencie, New York. 1963*
4. *Caracterización espectral de tormentas intensas en la costa Catalana y su aplicación a la predicción de oleaje/Ortiz Tarroija, Nicolás/ Universitat Politècnica de Catalunya/ jun-2003/tesina.*
5. *Comisión Federal de Electricidad /Manual de Diseño de Obras Civiles/ A2. 13.Hidrotecnia Marítima/ 1980.*
6. Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de prototipos captadores/Cavia del Olmo, Berta/tesina/Agustín; Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental/Junio del 2009.
7. Héctor López Gutiérrez, "Arrecifes artificiales como obras de reconstrucción y preservación de playas" **Asociación Mexicana de Infraestructura Portuaria, Marítima y Costera**, <http://www.amip.org.mx/hm/RevAMIP/A3NUM09/AMIP30906c.pdf>
8. INGENIERIA MARITIMA, "Interacción olas-estructura", ETSECCPB, España 2002. <http://assig-camins.upc.es/op/omc/Olas - Estructuras.pdf>
9. *Jaime Roberto Ruiz y Zurvia Flores /Apuntes de Hidrodinámica Marítima/IPN.*
10. *José María Medina Villaverde/ Apuntes del curso Ingeniería Marítima y Costera/Universidad Europea de Madrid/2009.*
11. *José Ramirez Cuevas/Tesis: "Estudio experimental de rompeolas superficiales permeables con ampliación de berma"/IPN 2009.*
12. *Karina G. Ocaña Espinosa de los Monteros/Modelación Física de Rompeolas Sumergidos con Oleaje Irregular/Tesis de grado/ IPN, 2001.*
13. *Marin Castro Mariana Alejandra/Evaluación de la Iteraccion del Periodo del Oleaje en el Diseño de Rompeolas bajo el Concepto de oleaje irregular/tesis/ipn/2007*
14. *METODOS ESPECTRALES DE PREVISION DE OLEAJE/DR. MIGUEL ANGEL LOSADA Y LUIS TEJEDOR MARTINEZ/1977/REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS/ESPAÑA.*
15. *Paulo Salles Afonso de Almeida Rodolfo Silva Casarín/Infraestructura de protección costera/UNAM.*
16. *Pool J. Beresford/ Wave generator control software program- User Manual/ HR Wallingford 1994.*

17. *R.T. Hattersley & D.N. Foster/Problems of beach erosion and some solutions. Australian Civil Engineering. Vol 9. /August 1968.*
18. SCT/Manual de dimensionamiento portuario /2001.
19. *Servicio Nacional de Estudios Territoriales/Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Servicio Oceanográfico Nacional/El Salvador 2009.*
20. *SHORE PROTECTION MANUAL/ U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station/1984.*
21. Suárez Días Jaime, " Control de erosión en zonas tropicales", Universidad Industrial de Santander, Instituto de investigación sobre erosión y deslizamientos,2001 Colombia.
22. Tencate, Geotube. ventas@geotubos.com.mx Turk, G.F. Melby, J.A. Unidades de Armadura de Concreto CORE-LOC. Lineamientos Técnicos. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Vicksburg, MS, 1996.
23. *Tucker M.J 1994 NearShore Wave height during storms, Coastal Engineering Vol. 24 111-136.*
24. *Unidad Administrativa de Medio Ambiente del Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria /2010*<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo22.pdf>
25. *Victor Rosales Sierra/Caracterización del oleaje aplicada a Tuxpan Veracruz/Tesis de grado/IPN/1999.*

PAGINAS WEB CONSULTADAS

1. Coastal & Hidraulics Laboratory of USA Army Corps of Engineers
<http://chl.ercd.usace.army.mil/coastalstructures>
2. Página oficial de los Reefs Balls <http://www.artificialreefs.org/>
3. La costa/ Astromia.com
4. Erosión Costera/ Semarnat.gob.mx
5. Efectos de la erosión costera en Yucatán/ elpublimetro.com
6. www.yucatan.com.mx
7. <http://www.snet.gob.sv/> sistema nacional de estudios territoriales/ministerio de medio ambiente y recursos naturales/el salvador