

Estimación de costos de obras de recuperación de playas en la costa de Yucatán

Ancona-Ayora, R.¹, Pech-Pérez¹, J., Zetina-Moguel¹, C.

Fecha de recepción: 19 de junio de 2009 – Fecha de aceptación: 19 de mayo de 2010

RESUMEN

El incremento de actividades humanas y los eventos climáticos extremos han acelerado la erosión costera en Yucatán alentando la construcción de obras de protección costera. En este artículo se describe una herramienta computacional para estimar costos aproximados de construcción usando el método paramétrico de estimación de costos. Los cálculos se basan en información física preliminar y las proyecciones de uso de la playa. El desarrollo de la herramienta computacional requirió de una revisión exhaustiva de: la normatividad nacional y local, los métodos regionales de construcción, los costos históricos tomados de obras de protección costera realizados en años recientes y adicionalmente se usaron entrevistas a expertos. Las ecuaciones se dedujeron de las características morfológicas de cada tipo de trabajo de protección costera y fueron esenciales para la estimación de costos. La precisión de las estimaciones de costos está en el orden del 70%. Las variables de campo son críticas para la precisión de las estimaciones.

Palabras Clave: costos paramétricos, ingeniería de playas, Yucatán.

Cost estimating of coastal protection works on Yucatan coast

ABSTRACT

Increment of human activities and extreme climatic events have accelerated Yucatan coastal erosion, encouraging coastal protection construction works. This paper describes a computational tool to estimate approximate construction cost using Parametric Cost Estimate Method. Calculations are based on physic preliminary information and the projected beach use. Tool development required exhaustive revision of: national and local normative, regional construction methods, historical costs acquired from coastal protection works in recent years and, additionally, interviewing experts. Equations were deducted from morphological characteristic of each kind of protection work and were essential to cost estimating. Precision of cost estimates are in the order to 70%. Terrain construction variables are critical for precision of estimates.

Keywords: parametric cost, coast engineering, Yucatan.

¹Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Av. de Industrias No contaminantes s/n y Periférico Norte. Mérida, Yucatán. México (anconaa83@hotmail.com)

INTRODUCCION

En Yucatán las actividades económicas de la zona costera incluyen la pesca, la agricultura y ganadería de sobrevivencia, el turismo recreativo, la acuicultura y el tráfico marino (Capurro *et al.*, 2002). Debido al proceso de urbanización de las costas de Yucatán iniciada en el año de 1900, se han modificado las condiciones sociales y ambientales de las regiones costeras. Esto ha originado que se construyan obras para apoyar el desarrollo de las actividades económicas y recreativas, actualmente en la costa Yucateca existen diversos tipos de obras marítimas y portuarias como: espigones, puertos de abrigo, dragados, diques y escolleras. La construcción de estas estructuras y los eventos naturales que sufren las costas, como las tormentas tropicales y los huracanes, han producido desequilibrios entre los que destacan la aceleración del fenómeno de erosión costera en ciertas zonas de la costa.

En 1964 se construyó en esta región la primera serie de espigones, y desde entonces se han ido desarrollando este tipo de obras (SCT, 1986). En los últimos 15 años el proceso de erosión en las playas del noreste del estado de Yucatán, ha propiciado un gran número de estudios y acciones orientadas a reducir la pérdida de la línea costera. La estabilización de la línea costera requiere de un cuidadoso diseño de los proyectos que controlan la erosión de las playas. Para realizar esta planeación correctamente es conveniente contar con un plan integral de recuperación y la información adecuada para la toma de decisiones (Capurro, 2003).

Un procedimiento propuesto para el diseño de estructuras de protección de costas es el siguiente (SMC, 2000; U.S. Army Corps of Engineers, 1984):

1. Definición de los objetivos.
2. Formulación de los requerimientos funcionales.
3. Determinación de las condiciones de contorno hidráulicas.
4. Determinación de las condiciones de contorno geotécnicas.
5. Selección de las alternativas tipológicas posibles.
6. Definición geométrica de cada alternativa.
7. Comprobación del comportamiento funcional de cada alternativa.
8. Cálculo de la estabilidad de cada alternativa.
9. Cálculo económico de cada alternativa.
10. Selección de la solución más adecuada.

Como puede verse, una parte de la información requerida durante la planeación de una obra es el cálculo del costo de construcción, ya que con esta

información se analiza la factibilidad del proyecto. Sin embargo, en esta etapa de los proyectos no se cuenta con la información detallada (planos, especificaciones, cuantificaciones, etc.), de tal manera que los estimados de costos no se pueden alcanzar por el método tradicional del análisis de los precios unitarios. Los costos poseen gran incertidumbre debido a los múltiples factores que intervienen; para poder calcular un estimado de costo es necesario considerar algunos factores como: el clima, la disponibilidad de recursos, la distancia de acarreo, el diseño, el mercado laboral y otros elementos de alta variabilidad. Se puede obtener un estimativo aproximado sin poseer un proyecto detallado, y este estimativo se basa en la cantidad de superficie por construir o bien en el número de unidades utilizables. El nivel de precisión esperado de tales presupuestos es de hasta $\pm 40\%$ para construcción pesada (carreteras o canales de riego) y en edificación puede arrojar variaciones de $\pm 20\%$ (Varela, 1994).

Un método apropiado de aproximación para este tipo de obras se conoce con el nombre de Costos Paramétricos. Este método se basa en el conocimiento del comportamiento de los costos de obras similares, realizadas en el pasado, en función de unas pocas características físicas muy representativas de tales obras (Patrascu, 1988). Actualmente, en Yucatán, no se cuenta con una herramienta computacional apropiada para estimar costos de las obras de recuperación de playas y todo parece indicar que los proyectos de este tipo aumentarán en los siguientes años.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de una herramienta computacional para la estimación de costos de obras para la recuperación física de playas en la costa de Yucatán que apoye durante la etapa de planeación y evaluación de un proyecto de protección costera.

METODO

Se obtuvo información relacionada con los procedimientos constructivos de las obras de protección costera que se han realizado en fechas recientes en la región y las normas de diseño y construcción. Se seleccionaron las dependencias gubernamentales relacionadas con este tipo de obras: la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Obras Públicas (S.O.P.) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). También se seleccionaron a las cuatro empresas constructoras que habían realizado la mayor cantidad de obras de protección costera en la región y que se encontraban activas. Por otra parte se obtuvo información de publicaciones internacionales

sobre la restauración de playas por medio de geotextiles en las costas yucatecas (Álvarez *et al.*, 2005).

De la SEMARNAT, se obtuvo una descripción actual de la legislación de las obras de protección costera. Del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) se recopilaron todas las normas que rigen la construcción de obras de recuperación de playas en el país, esto haciendo referencia a las obras de puerto, y sus diferentes tipos de construcción, control de materiales y normativa de procedimientos de construcción generales. Después del análisis de las mismas se concluyó que las normas que están directamente involucradas con este proyecto son las siguientes: el capítulo de obras de protección, N-CTR-PUE-1-02-001-06 a la N-CTR-PUE-1-02-005-06, en donde se definen los distintos tipos de obras de protección que se realizan en México; y el capítulo de terracerías de puerto, N-CTR-PUE-1-01-001-04 a la N-CTR-PUE-1-01-014-04 en donde se describen y regulan los procedimientos constructivos más comunes al realizar las obras de protección.

También se obtuvo información de la Secretaría de Obras Públicas (S.O.P.) del Gobierno del Estado de Yucatán. De esta secretaría se obtuvo una descripción completa y detallada del programa de recuperación de playas supervisado por ella misma durante el año del 2001. De este programa resaltan los rellenos de playa que se realizaron con geotubos.

Con respecto a las empresas constructoras, se obtuvieron los presupuestos de cinco obras de protección de playas, tres de las cuales son espigones de acuerdo a las normas de la SCT, es decir, de cubos de concreto, de piedra natural y de bolsacreto. Otra empresa proporcionó información sobre los procedimientos constructivos de las obras, y dos presupuestos, uno sobre un espigón a base de bolsacreto y otro de un dique. Una tercera empresa, proporcionó información sobre el procedimiento constructivo de los rompeolas semisumergidos a base de geotextiles. La cuarta empresa proporcionó presupuestos de obras de recuperación de playa a base de geotextiles, así como, los procedimientos constructivos de este tipo de obras. También se realizaron visitas obras de protección de playas en proceso de construcción en el estado de Campeche.

Con el conocimiento de las normas, de los procesos constructivos y de los presupuestos de las obras, se procedió a la identificación de las tareas básicas de cada tipo de obras, de tal manera que a partir de ellas se pudiera definir un catálogo de conceptos de obra para elaborar el estimado de costos de la obra y, por

otro lado, para identificar las variables físicas que constituyen la base para estimar las cantidades a realizar de cada concepto. Se definieron siete catálogos de conceptos, uno para cada tipo de obra.

Estimación de costos paramétricos

El estimado de costos paramétrico consiste en identificar un conjunto de características distintivas de la obra que puedan correlacionarse directamente con el costo de la obra. A tales características representativas se les llama parámetros (Patrascu, 1988). En este caso, las características distintivas de las obras se conocerán con el nombre de variables físicas las cuales servirán de base para determinar las cantidades de los conceptos que componen la obra, y estas últimas al ser multiplicadas por su costo por unidad, obtenido del estudio de obras construidas con anterioridad, permitirán estimar el costo de construcción de la obra. Para la obtención de estos costos por unidad es muy importante seguir un criterio muy bien definido de lo que se incluye en cada costo por unidad y se debe contar con un conjunto bastante amplio de información para poder obtener valores confiables.

Desarrollo de la herramienta computacional

Para el desarrollo de la herramienta computacional se eligió el software Lotus, en la versión Smart Suit que es sencillo de utilizar para personas que no son profesionales de la programación y que permite obtener resultados en un ambiente gráfico y amigable para el usuario final.

La Figura 1 presenta el funcionamiento general de la herramienta, que inicia con un módulo para seleccionar la estructura costera apropiada para resolver el problema de erosión de acuerdo a las condiciones del sitio y necesidades, posteriormente se solicitan los datos para identificar el presupuesto que se va a elaborar. A continuación solicita las variables físicas relacionadas con el tipo de obra seleccionado, tanto particulares como generales y con estos valores calcula el costo de la obra basándose en costos históricos. Finalmente actualiza los costos a la fecha de realización del estimado e imprime los resultados obtenidos.

RESULTADOS

La información proporcionada por los constructores permitió identificar los factores que influyen en la selección de una estructura para evitar la erosión costera y elaborar un diagrama procedimiento para hacer la selección. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 2. Considerando en primer lugar el objetivo que debe cumplir la obra de protección o recuperación y la función que tiene actualmente la

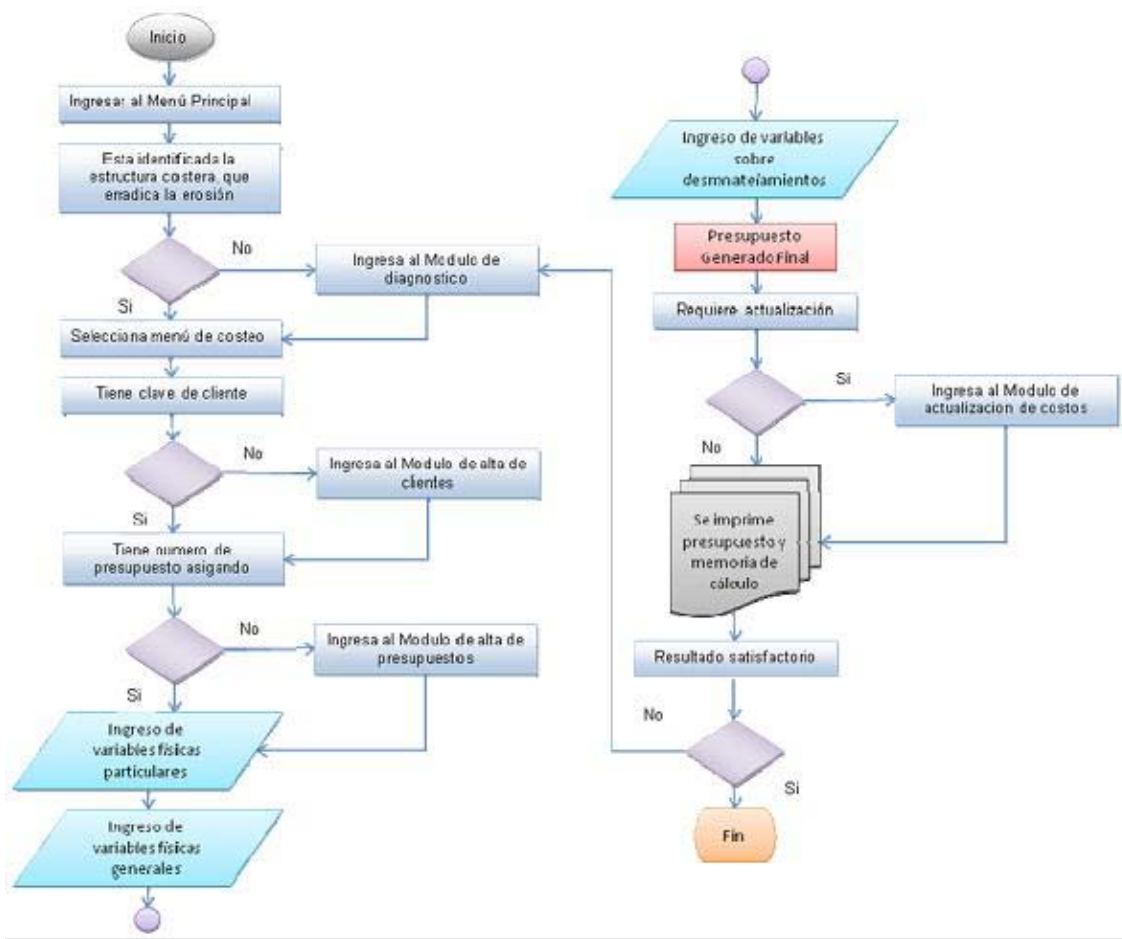


Figura 1. Diagrama general de la herramienta computacional.

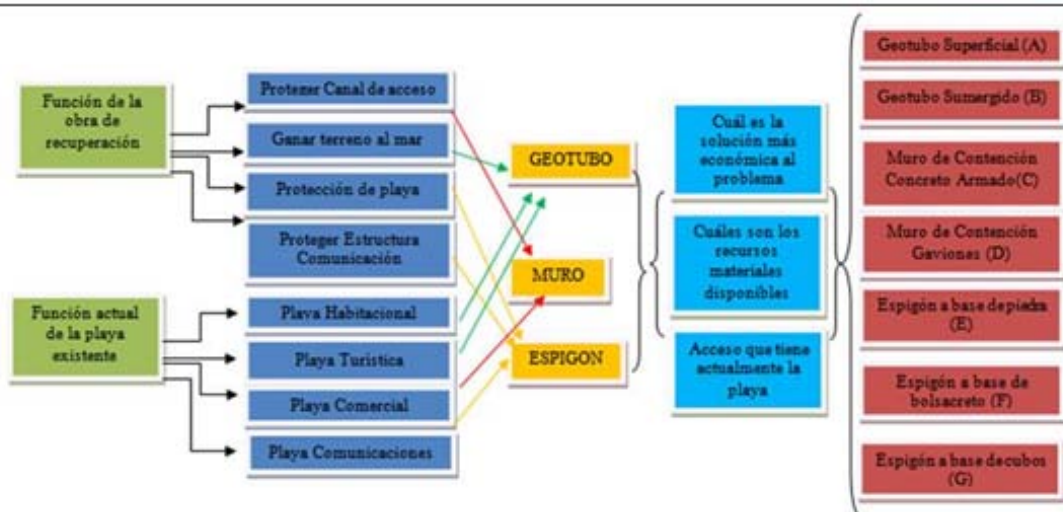


Figura 2.- Diagrama de procedimiento para la selección de estructuras que considera los factores que influyen en la selección de una estructura para evitar la erosión costera.

playa se selecciona el tipo de obra más apropiado, esto es, rompeolas, muro de contención o espigón. Posteriormente se seleccionara un tipo específico de obra considerando la opción más económica de acuerdo a los recursos materiales disponibles y al acceso que se tiene a la playa (tipo de camino). El tipo específico de obra puede ser uno de los siguientes: geotubo superficial, geotubo semisumergido, muro de contención perimetral a base de concreto armado, muro de contención perimetral a base de gaviones, espigón a base de piedra, espigón a base de bolsacreto o espigón a base de cubos de concreto.

El sistema desarrollado puede estimar el costo de cualquiera de estos siete tipos de obras después de proporcionar los valores de las variables físicas que se asocian con cada tipo de obra. Los presupuestos que se obtienen actualmente con el sistema, reflejan la información disponible a la fecha que aunque no es

muy amplia permite resultados aceptables, y se pretende obtener más información de obras futuras con la finalidad de hacer más confiables estos resultados. También es importante señalar que los resultados que proporcionará el sistema, serán más precisos que los que de otros sistemas existentes, puesto que se han desarrollado ecuaciones específicas para este tipo de obras y los costos fueron extraídos de obras realizados en la costa yucateca.

Variables físicas generales

Las variables físicas generales, son aquellas variables utilizadas en todos los tipos de obra que contempla la herramienta, esto es, aquellas que se usan para definir la superficie de playa a recuperar o proteger. Se identifican con los cortes transversales y con la vista en planta de la playa que se recuperará (ver la Figura 3). Estas variables son: el ancho de playa (AP), la profundidad de playa (P) y la longitud de playa a recuperar (LP).

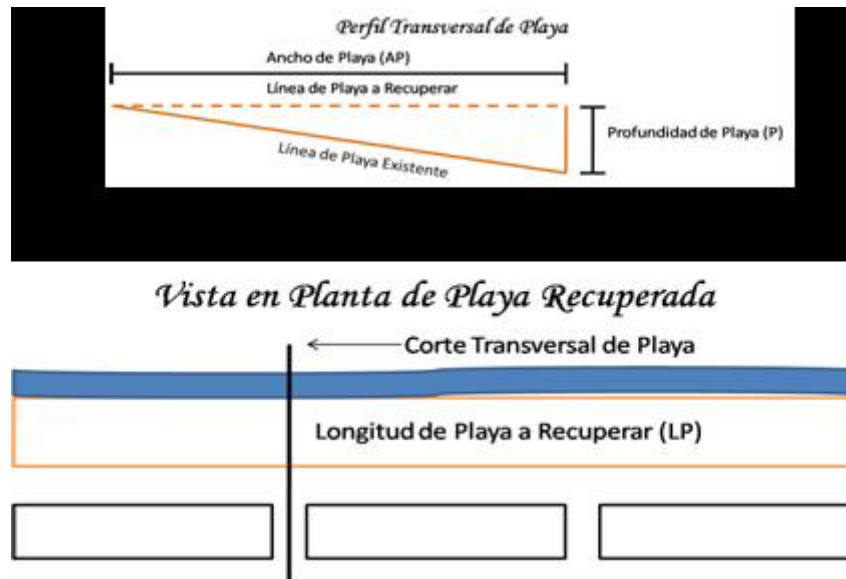


Figura 3. Variables generales solicitadas al usuario.

Variables físicas de acuerdo al tipo de obra

En la Figura 4 se muestran las variables necesarias para la estimación de costos de las obras de protección basadas en geotubos y que se mencionan a continuación. Para el geotubo principal: alto (b), ancho ($a1$), longitud del manto antisocavación (LM) y área a rellenar (A). Para el geotubo secundario: alto (b'), ancho (a') y área a rellenar (a).

Para el caso de los muros de contención, debido a que la sección principal de la estructura no varía sino que únicamente varía el empotramiento a roca firme, la

única información necesaria para estimar los costos será la profundidad del lecho marino en seis puntos seleccionados ($P_1, \dots, P_6$). Todos los demás datos son fijos para este tipo de obras. Ver la Figura 5.

En cuanto a los espigones, las variables se usan para el cálculo de los volúmenes de materiales con base en las secciones transversales y los perfiles longitudinales, como se muestra en la Figura 6. Las variables requeridas se relacionan con: el perfil longitudinal del espigón, las secciones transversales del espigón, los materiales a utilizarse y los

porcentajes de coraza, núcleo, y base del espigón. También se requiere conocer el peso específico de la roca en los bancos de extracción, el espesor de la capa de roca en el banco y la distancia a la que se encuentra el banco de extracción del espigón.

En los espigones para realizar la estimación de costos se idealiza la estructura por capas de acuerdo al diseño. Para calcular los volúmenes de los trabajos se divide la longitud total en cinco tramos, y se consideran las áreas de cuatro secciones transversales típicas además de los extremos.

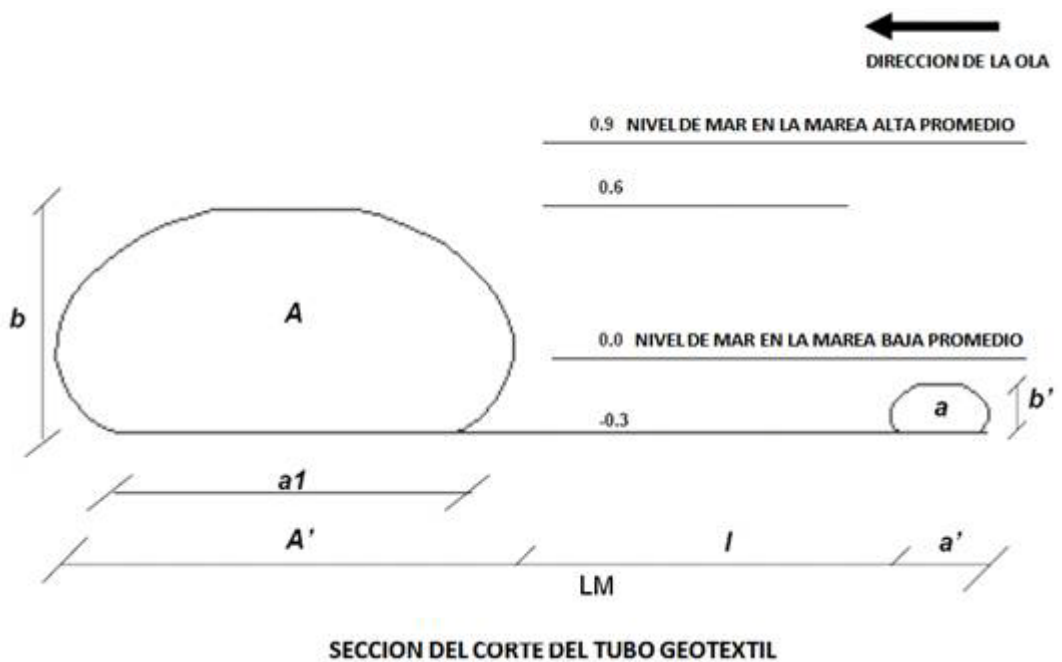


Figura 4. Variables físicas de los geotubos.

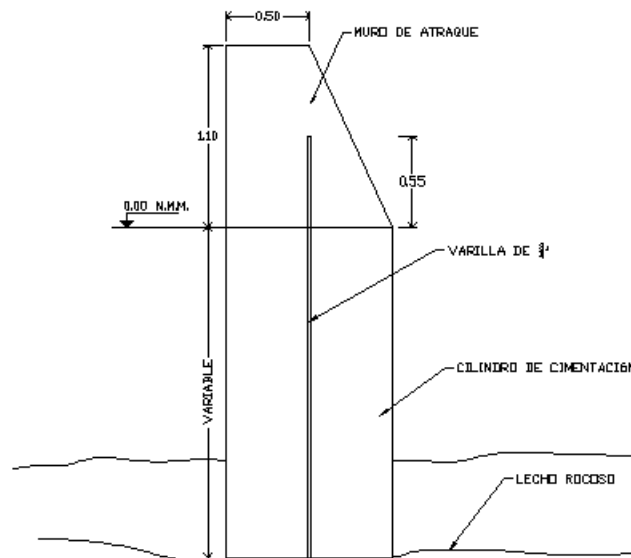


Figura 5. Sección tipo de los muros de contención.

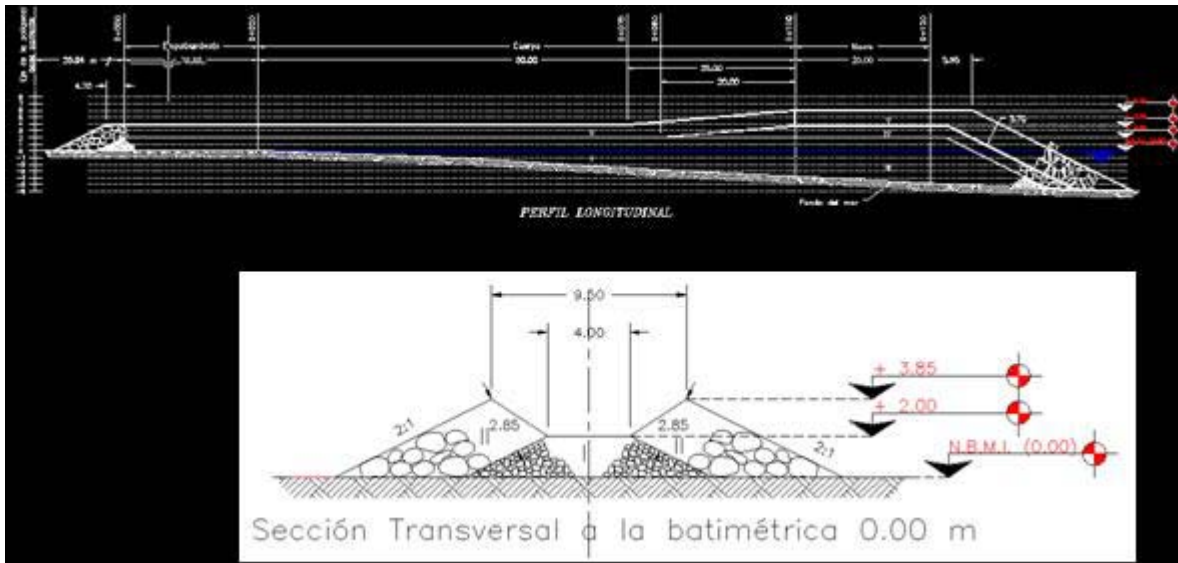


Figura 6. Esquema general del diseño en espigones.

Otras variables para realizar la estimación de costos

Localización de la obra: Esto es importante porque define un porcentaje representativo de los gastos, ya que existen lugares en los cuales no se tiene acceso por carretera por lo que se realiza por medio de barcaza; esto aumenta considerablemente los acarreo de equipo, material y mano de obra.

Tipo de material: Esto es obviamente el principal factor de costo, como en cualquier tipo de obra, ya

que define el tipo de acarreo, el uso de banco de materiales, la distancia al banco de materiales, la forma de pago, etc.

Estructuras existentes: cuando en el sitio existen estructuras de protección costera puede ser necesario desmantelarlas o bien modificarlas antes de iniciar la construcción de la nueva estructura, el programa ofrece varias opciones para manejar las estructuras existentes.

Ecuaciones para calcular los volúmenes de las obras

Geotubos sumergidos

1. Extracción de arena (m^3): $Ea = \left(\frac{P}{2}\right) Ap.Lp$
2. Nivelación del terreno (m^2): $Nt = Ap.Lp$
3. Carga de Material extraído (m^3): $Cm = \left(\frac{P}{2}\right) Ap.Lp$
4. Colocación de Geotubo (m): $Cg = Lp$
5. Dragado bajo el Geotubo (m^3): $Dg = \left(\frac{b+b'}{2}\right) Lm.Lp$
6. Carga de arena dragada (m^3): $Ca = \left(\frac{b+b'}{2}\right) Lm.Lp$

Muros de contención a base de concreto

7. Extracción de arena (m^3): $Ea = \left(\frac{P}{2}\right) Ap.Lp$

8. Retiro de material fangoso (m³): $Rm = \frac{\sum_{i=1,...,6} Pi}{6} .Lp.(1.00)$
9. Colocación de concreto (m³): $Cc = \left(\left(1.10 . \left(\frac{1+0.5}{2.0} \right) \right) + \left(\frac{\sum_{i=1,...,6} Pi}{6} . \left(\pi . \frac{1^2}{4} \right) \right) \right) .Lp$
10. Acero de ¾" (Ton): $Ac = \left(\frac{\sum_{i=1,...,6} Pi}{6} + 0.55 \right) .Lp.(0.00225)$

Espigón a base de piedra natural

11. Desmonte de banco (Ha): $Dm = \frac{(Rn + Rs + Rc)}{Per.Ecr.10000}$
12. Despalme de banco (m3): $Dp = Dm.Ecv.10000$
13. Piedra para núcleo (Ton): $Rn = (0.10Vt_3 + 0.80Vt_4 + 0.70Vt_5)(1.00 - Pr).Per$
14. Piedra para capa secundaria (Ton): $Rs = (0.50Vt_1 + 0.50Vt_2 + 0.60Vt_3)(1.00 - Pr).Per$
15. Piedra para coraza (Ton):
 $Rc = (0.50Vt_1 + 0.50Vt_2 + 0.30Vt_3 + 0.20Vt_4 + 0.30Vt_5)(1.00 - Pr).Per$
16. Volumen del tramo 1 (M³): $Vt_1 = \left(\frac{Ab_1 + Ac_1}{2} \right) . \left(\frac{h_1}{2} \right) . (l_1)$
17. Volumen del tramo 2 (M³): $Vt_2 = \frac{\left(\frac{Ab_1 + Ac_1}{2} \right) . (h_1) + \left(\frac{Ab_2 + Ac_2}{2} \right) . (h_2)}{2} . (l_2)$
18. Volumen del tramo 3 (M³): $Vt_3 = \frac{\left(\frac{Ab_2 + Ac_2}{2} \right) . (h_2) + \left(\frac{Ab_3 + Ac_3}{2} \right) . (h_3)}{2} . (l_3)$
19. Volumen del tramo 4 (M³): $Vt_4 = \frac{\left(\frac{Ab_3 + Ac_3}{2} \right) . (h_3) + \left(\frac{Ab_4 + Ac_4}{2} \right) . (h_4)}{2} . (l_4)$
20. Volumen del tramo 5 (M³): $Vt_5 = \left(\frac{Ab_4 + Ac_4}{2} \right) . \left(\frac{h_4}{2} \right) . (l_5)$

Vt_j =Volumen del tramo j (j=1,...,5).

Ab_k =Ancho de la base del espigón en la sección k (k=1,...,4).

Ac_k =Ancho de la corona del espigón en la sección k (k=1,...,4).

h_k =altura del espigón en la sección k (k=1,...,4).

l_j = longitud del tramo j (j=1,...,5).

Pr = porosidad de la roca del espigón.

Per =Peso específico de la roca.

Ecr =Espesor de la capa de roca.

Ecv = Espesor de la capa vegetal.

La herramienta computacional

La herramienta desarrollada se denominó Estimación de Costos para Recuperación de Playas (ECORP). Su uso se basa en menús que permiten el acceso a las diferentes funciones. Inicia presentando los tres tipos

principales estructuras que se construyen en la región, así como la opción que ayuda a seleccionar una estructura en base a las condiciones del sitio. En la Figura 7 se presenta el menú principal.



Figura 7. Menú principal de ECORP.

Habiendo definido el tipo específico de estructura que se va utilizar, ya sea con ayuda de la herramienta o de manera externa, el usuario es dirigido hacia una ventana que le permite ingresar las variables correspondientes a esa estructura. La Figura 8 muestra el ejemplo para el caso de rompeolas semi-sumergidos a base de geotextiles. Además de permitir el ingreso de los valores para las variables específicas de la estructura la ventana proporciona acceso a la definición de las variables físicas de la playa, esto es, la longitud, el ancho y la profundidad.

En caso de existir estructuras de protección en el sitio es posible especificar a la herramienta el tipo y las dimensiones de la misma, para incluir en el presupuesto de la obra los costos correspondientes a la demolición o adecuación de dicha estructura. Con toda la información anterior el sistema procede a calcular los volúmenes de todos los conceptos que intervienen en la construcción de la obra, utilizando

para ello las fórmulas que se presentaron previamente y con estos volúmenes y con los precios unitarios extraídos de los presupuestos de obra proporcionados por las empresas constructoras se estima el costo de construcción de la obra. Este costo se presenta en el reporte que se muestra en la Figura 9.

Los costos que se presentan corresponden a los costos vigentes en que fue construida una obra similar por alguna empresa constructora. Como lo más común es que se requieran los costos actualizados, la herramienta puede actualizar los costos usando los factores de actualización que publica periódicamente la SCT. Proporcionando el factor correspondiente la herramienta volverá a presentar el estimado con los costos actualizados. Este factor también se puede definir en base a la inflación acumulada desde la fecha de elaboración del presupuesto original hasta la fecha actual.

Figura 8. Ventana para captura de datos de la estructura.

DISCUSIÓN

Durante la investigación se pudo constatar que en el caso del desarrollo de la aplicación, los problemas principales son la decodificación del conocimiento del experto, es decir, la elaboración de los diagrama de conceptos, así como transcribir la información recabada durante las entrevistas (Popescu *et al.*, 2003). La programación fue relativamente sencilla debido a que la programación de variables es lineal como se describió anteriormente.

Este tipo de proyectos es muy útil, ya que después de estudiar las técnicas actuales, es posible extraer la experiencia de manera que se conservan estos conocimientos aún en ausencia del experto, así que es una manera de socializar el conocimiento generado en campo, en ingeniería esta es una de las áreas que es necesario desarrollar prestándole mayor atención (Marzouk y Moselhi, 2003; Yu *et al.*, 2006). La erosión de playas es cada vez más común en Yucatán debido a los eventos climatológicos y existe una gran cantidad de usuarios potenciales para la aplicación elaborada.

Durante el desarrollo de la investigación se observó que es necesario esclarecer los métodos de transferencia de información por medio de las entrevistas, es decir, por medio de ejemplos comunes y afines al área, ya que esta fue una de las partes de

más dificultad en la elaboración de este proyecto. De igual manera es conveniente la elaboración de manuales estándares para la elaboración de los diagramas, ya que en la bibliografía actual se describen de manera confusa, y no existen tendencias para el manejo de distintos tipos de información, es decir, no marca las diferencias de metodología dependiendo del tipo de información que maneja un proyecto cualquiera.

CONCLUSIONES

El Método de Costos Paramétricos mostró ser adecuado para elaborar presupuestos preliminares de obras de protección costera. El nivel de aproximación de la herramienta elaborada en este trabajo es del 70%, debido principalmente a las variables del terreno, que normalmente, cambian durante la construcción de las obras. La información que proporciona esta herramienta computacional es un buen apoyo a la toma de decisiones en la construcción de obras de protección de playas.

Durante el trabajo quedó evidencia la necesidad de abundar en estudios, métodos y técnicas relacionadas a la ingeniería costera que respondan a las características particulares de la Península de Yucatán, de igual manera es importante aprovechar las experiencias de las empresas locales en el desarrollo de las obras de ingeniería costera.

León SMARTE Suite Approach - [PROGRAMA FINAL.APR:Geotubo 1]

Archivo Edición Ver Crear Registro Ventana ?

Regresar al Menu de Rompeolas

Regresar a Variables Físicas del Geotubo

Presupuesto de Geotubo Semisumergido

Concepto	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Importe
EXTRACCION DE ARENA EN PLAYON					
SPLAD007	NIVELACION DEL TERRENO O AREA DONDE SE	M2.	\$3.59	11,793.36	\$42,338.17
	TOTAL EXTRACCION DE ARENA EN PLAYON				\$42,338.17
DESMANTELAMIENTO Y TRAB. PREVIOS					
SDMOL00	DEMOLICION DE ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO	M3	\$126.91	4.50	\$570.99
SREP0004	TRITURACION DE MATERIAL (DEMOLICION) HASTA	M3	\$26.39	4.50	\$118.73
SREP0005	EXCAVACION EN ARENA PARA FORMAR CAJON PARA	M3.	\$27.79	4.50	\$125.03
	TOTAL DESMANTELAMIENTO Y TRAB. PREVIOS				\$814.76
COLOCACION DE GEOTUBO EN PLAYAS.					
SGEOTU06	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTUBO CON	ML	\$956.73	2,569.36	\$2,458,183.79
	TOTAL COLOCACION DE GEOTUBO EN PLAYAS.				\$2,458,183.79
DRAGADOS Y CARGAS					
SDRA0001	DRAGADO DE ARENA EN EL PLAYON A BASE DE MEDIO	M3	\$20.38	2.00	\$40.72
SDRA0002	CARGA DE MATERIAL PRODUCTO DE DRAGADO	M3	\$11.80	2.26	\$26.69
	TOTAL DRAGADOS Y CARGAS				\$14.03
DESMANTELAMIENTO DE ESPIGONES.					
SDMOL01	DEMOLICION DE ESPIGONES A BASE DE ROCA EN	M3	\$103.30	3.06	\$316.10
SDSM001	DESMANTELAMIENTOS Y EXTRACCION DE ESPIGONES	M2	\$267.30	11.02	\$2,944.98
SPLAYA10	ACOPIO, TENDIDO, ACOMODO Y NIVELACION DEL	M2.	\$10.73	489,360.00	\$5,250,832.80
	TOTAL DESMANTELAMIENTO DE ESPIGONES				\$5,254,093.88
	SUBTOTAL				\$7,755,444.63
	IVA				\$1,163,316.69
	TOTAL PRESUPUESTO				\$8,918,761.32

Figura 9. Pantalla de salida con los costos de la obra.

RECONOCIMIENTO.

Al apoyo brindado por el fondo FOMIX: CONACyT Yucatán mediante el proyecto No YUC-2005-C04-21289.

REFERENCIAS

Alvarez E., Rubio R., H. Ricalde (2005). *Beach restoration with geotextil tubes as submerged breakwaters in Yucatan, México. Proceedings of the International Symposium: Tsunami Reconstruction with Geosynthetics – Protection, Mitigation, and Rehabilitation of Coastal and Waterway Erosion Control. Bangkok-Thailand, December 2005.* 1(1): 1-13.

Capurro L., Euán J., J Herrera (2002). *Manejo sustentable del ecosistema costero de Yucatán. Avance y Perspectiva*, 21: 195-204.

Capurro L. (2003). *Un Gran Ecosistema Costero: la Península de Yucatán. Avance y Perspectiva*, 22: 69-75.

- SCT (1986). *Estudio de evolución de línea de playa entre progreso y Chelem, Yucatán*. (M.S.).
- Marzouk M., O. Moselhi. (2003). *Object-Oriented simulation model for earthmoving operations*. Journal of Construction Engineering And Management ASCE, 129(2): 173-181
- Patrascu A. (1988). *Construction Cost Engineering Handbook*. MARCEL DEKKER INC. ISBN 0-8247-7627-8. USA.
- Popescu C., Phaobunjong K. and Ovararin N. 2003. *Estimating Building Costs*. Crc Press. ISBN: 0824740866. 768 pp.
- SMC (Sistema de Modelado Costero) (2000). *Documento de Referencia Vol. III. Obras*. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria. Ministerio de Medio Ambiente. España.
- Varela L. (1994). *Costos por metros cuadrados de construcción*, 5ª Ed. Varela Ingeniería de Costos S.A. de C.V.
- U.S. Army Corps of Engineers (1984). *Shore Protection Manual*, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS. USA.
- Yu W., Lai C., W. Lee (2006). A WICE approach to real-time construction cost estimation. *Automation in construction, An international Research Journal*. 15(1): 12-19.

Este documento debe citarse como:

Ancona-Ayora, R., Pech-Pérez, J., Zetina-Moguel, C. (2010). **Estimación de costos de obras de recuperación de playas en la costa de Yucatán**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 14-1, pp 33-43, ISSN: 1665-529-X.