

## **TITULO:**

“DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA DEL MALECÓN DE LA LIBERTAD, PROVINCIA DEL GUAYAS”.

## **AUTORES:**

Enrique Sánchez Cuadros<sup>1</sup>  
Miguel Angel Chávez Moncayo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Civil 2003

<sup>2</sup>Director de Tesis, Ingeniero Civil, ESPOL 2001. Profesor de ESPOL desde 1978

## **RESUMEN**

En esta tesis se presenta el diseño de las obras de protección costera que son requeridas para desarrollar el nuevo Malecón del cantón La Libertad. El diseño ha sido concebido para estabilizar el sector costero junto al Malecón, el cual sufre un fuerte proceso erosivo desde hace varias décadas. El control de la erosión de la playa es lo que permitirá que se pueda desarrollar el proyecto de regeneración urbana en el Malecón de la ciudad.

La solución planteada consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera, y en la reconstrucción del muro de contención del Malecón.

Se describe también el proceso constructivo que se siguió en la ejecución de las dos primeras escolleras del presente Proyecto, así como los resultados preliminares obtenidos en la recuperación de la playa de La Libertad.

## **INTRODUCCIÓN**

La Libertad es una población que ha experimentado un rápido desarrollo comercial, especialmente en los últimos veinte años.

En el pasado, La Libertad también fue un balneario, pero perdió esta condición cuando desapareció su playa que existía junto al Malecón.

Concordante con el progreso económico que experimentó la población, el Malecón de La Libertad fue desarrollado en forma paulatina a partir de los años 60, para lo cual se ocupó el frente costero natural de la ciudad, que existía junto a la playa. Esta ocupación se la realizó en forma desordenada, mediante rellenos de cascajo, que en varias partes fueron colocados en sitios donde llegaba el mar.

Para la protección del malecón, se construyeron una serie de muros de contención, tanto de hormigón como de enrocado, muchos de los cuales fueron reconstruidos luego de que el embate del mar los destruyó.

En la actualidad, el Malecón de La Libertad se encuentra en gran parte destruido, ya que no ha contado con defensas marinas que cumplan con las normas técnicas que aseguren la generación de un proyecto de recuperación y mejoramiento del mismo.

La M. I. Municipalidad del Cantón La Libertad, presidida por el Alcalde Ing. Patricio Cisneros, definió como meta en el desarrollo, la regeneración urbana del sector costero de la parte central de la ciudad. Como un eje principal del desarrollo urbano se estableció la necesidad de reconstruir el nuevo Malecón, lo cual fue definido en el Plan Estratégico de Desarrollo del Cantón que fue elaborado por la ESPOL.

De esta forma, en el año 2000, la M. I. Municipalidad de La Libertad firmó un convenio con la ESPOL, para que realice los estudios para el diseño definitivo para la restauración del Malecón de este cantón.

El objetivo de esta Tesis es el de presentar el diseño de las obras de protección costera que son requeridas para la restauración del Malecón de La Libertad, de tal forma que este pueda ser desarrollado de forma segura, reduciendo la energía de las olas incidentes, y sin el peligro de sufrir los embates del mar.

Las soluciones que se plantean en este trabajo también permitirán, como un beneficio adicional, no solamente detener la erosión de la playa del sector, sino que también que el proyecto fue concebido para recuperar parte de la arena de la playa que se perdió debido a la erosión.

Este documento recoge el trabajo profesional que fue desarrollado por el suscrito, como responsable del programa de diseño de las obras de protección costera, en los Estudios para la Restauración del Malecón de La Libertad que elaboró la ESPOL para la M.I. Municipalidad del cantón (2001). Los Estudios fueron entregados en mayo del año 2001.

En la presente Tesis se incluye una síntesis sobre el proceso de construcción seguido para las dos escolleras mencionadas, que son trabajos en que el autor participó, como Consultor independiente, en la supervisión de las obras, y en la asesoría al Municipio de La Libertad.

## **CONTENIDO**

### **1. CONDICIONES DEL AREA DE ESTUDIO**

El cantón La Libertad se encuentra ubicado en la Península de Santa Elena, en la provincia del Guayas, y su costa está relativamente protegida del oleaje y del viento, por la Puntilla de Santa Elena. De los 4.5 kilómetros de costa que tiene el cantón, aproximadamente 0.9 Km corresponde al Malecón de La Libertad. La costa en mención tiene una orientación aproximada oeste-este. La playa de La Libertad se inicia en el oeste en Punta Suche, y termina en el este, en Punta Chuyuipe (Fig. 1).

Debido a la erosión que ha experimentado la playa de La Libertad, el espesor del estrato arenoso que se asienta sobre la plataforma rocosa de abrasión que existe en el sector oeste, junto al sitio denominado La Caleta, es mínimo. Este espesor se incrementa hacia el este.

La ESPOL realizó mediciones de olas corrientes mareas, sedimentos, vientos, batimetría y topografía, como parte de los Estudios Oceanográficos que ejecutó para el presente Proyecto. Además se ejecutaron estudios y mediciones de parámetros ambientales de calidad de agua, biológicos y geológicos en el área de estudio.

Los resultados obtenidos de estas mediciones fueron complementados con los encontrados en estudios previos llevados a cabo por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), y otras universidades.

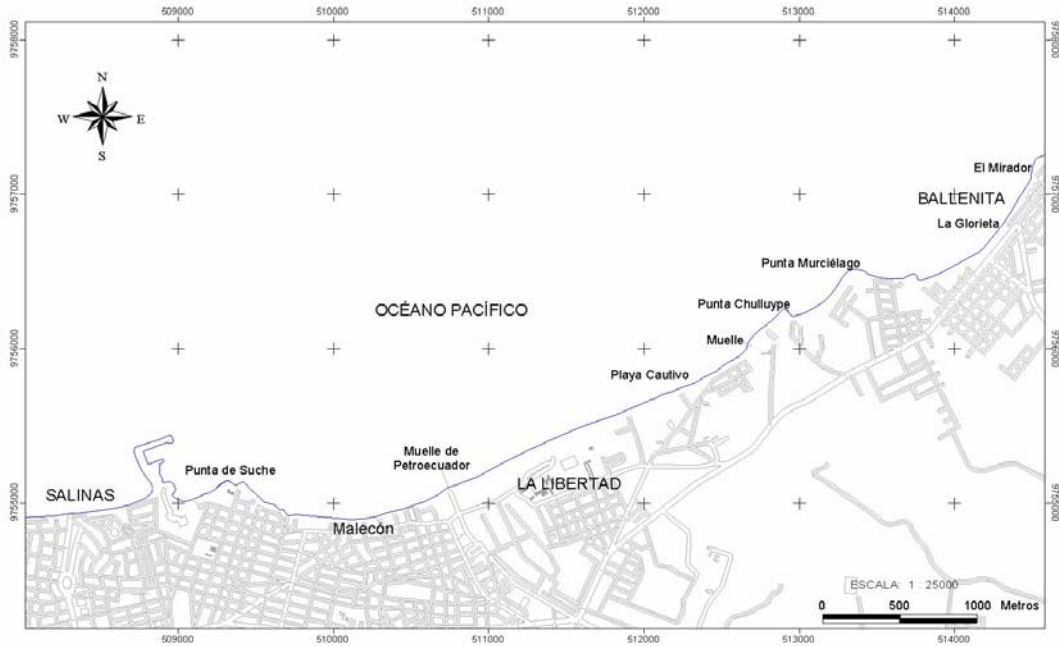


Figura 1: Perfil costanero del cantón La Libertad

El estudio de las corrientes marinas y su incidencia sobre el problema erosivo de La Libertad permitió establecer lo siguiente:

1. La presencia de las corrientes litorales, que se dirigen predominantemente hacia punta Chuyuipe (noreste), se debe a la incidencia oblicua que tienen las olas sobre la costa. Estos flujos en la zona litoral constituyen el principal agente que mueve la arena de la playa..
2. Durante determinadas condiciones de viento y de marea, se producen corrientes costa-afuera, alejándose de la costa con dirección norte, las cuales transportan parte de la arena de la playa que ha sido puesta en suspensión por la acción de las olas rompientes, y de las corrientes de resaca..
3. En términos generales, las corrientes marinas no son la causa principal del problema erosivo, pero participan en el proceso de transporte de la arena que ha producido el desequilibrio de la playa de La Libertad desde hace varias décadas.

El análisis de la variación del nivel del mar determinó que la costa de La Libertad, y en general todo el litoral continental del Ecuador, está expuesta a variaciones no estacionales del nivel medio del mar, siendo la principal, la que produce el Fenómeno El Niño, que es de origen océano-atmosférico. Este evento genera ascensos en el nivel medio del mar de hasta 40 centímetros sobre su promedio histórico, como ocurrió durante El Niño de los años 1982-1983.

Los parámetros de olas para diseño fueron establecidos a partir de los datos que registró INOCAR en el área de Monteverde, los cuales fueron evaluados para las diferentes zonas donde se realizó el diseño. En la tabla se presentan los valores característicos de las olas para La Libertad.

<b>Característica</b>	<b>Altura de Ola (metros)</b>	<b>Período (segundos)</b>
Ola con período de retorno de 50 años(en el sitio de la obra)	Altura significativa: Hs= 3.1	Período medio: T= 16
Máxima ola generada por viento local	Altura significativa: Hs= 1.2	Período significativo: T= 6
Máxima ola rompiente al pie del Malecón	Altura significativa: Hs= 2.5	Período medio T= 16

Tabla 1.- Valores característicos de olas para La Libertad.

El transporte litoral en la playa junto al Malecón fue evaluado utilizando el método del CERC, que publicó el Shore Protection Manual en 1984. Se determinó que en el área de estudio se tiene un transporte litoral que fue estimado en 50.000 m<sup>3</sup> /año. La dirección predominante de este transporte fue de oeste a este, es decir, hacia Punta Chulluype.

El estudio geológico estableció que los acantilados en la costa son más inestables, y que experimentan erosión por el oleaje

Para el estudio geotécnico requerido para el diseño se efectuaron perforaciones a lo largo del Malecón y de la playa. Se establecieron las características geotécnicas del sitio, encontrando que existe un lecho rocoso que se incluía hacia la playa.

Las pruebas de laboratorio determinaron que tanto las rocas como los afloramientos tienen una resistencia a la compresión simple mayor que 70 Ton/m<sup>2</sup>, que es adecuada para soportar una escollera o un viaducto de hormigón sobre el Malecón.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA EROSIVO**

La erosión de la costa de La Libertad se inició entre finales de la década de los 60 y principios de los 70. Las causas de la erosión tienen relación con la colocación de rellenos junto al mar, la construcción de muros en la zona activa de la playa, y la extracción de arena de la misma. La construcción del muelle de PETROECUADOR también modificó la morfología costera, y podrá ser otra de las causas del fenómeno erosivo.

Vera (5) en su tesis de Grado de la ESPOL, analizó el cambio que ha tenido la costa de La Libertad, entre los años 1980 y 1995, determinó que en la zona del Malecón ha existido un retroceso promedio de la línea de costa, de dos metros por año.

Los estudios que efectuó ESPOL establecieron que la mayor parte de la playa que existía junto al Malecón, había desaparecido. La erosión produjo la pérdida de la arena, y el nivel de esta, descendió entre 2 y 4 metros, hasta llegar a la condición en que las olas rompen sobre el malecón.

## **3. ALTERNATIVA DE DISEÑO**

Para la definición de las alternativas de protección costera del malecón de La Libertad se siguieron las siguientes consideraciones de tipo funcional:

1. Se prefirieron estructuras flexibles, como los enrocados, a las estructuras rígidas, tipo muros de contención de hormigón.

2. Se consideraron más convenientes las obras que producen menores impactos ambientales negativos, tanto en la calidad del agua de la bahía, como en efectos de erosión más acelerados sobre la playa del sector este (La Carioca, Muelle, y Chuyuipe).
3. Las obras de defensa costera podrán ser desarrolladas por etapas.
4. El Malecón en el sector oeste es inundable por efecto de las marejadas. Sin embargo, el diseño arquitectónico propuesto en el presente proyecto, requería que las obras para la protección costera no debían tapar la vista al mar, lo cual imponía una restricción en la altura de las mismas.

Se prefirieron las estructuras de enrocado por ser en parte disipativas de energía de las olas incidentes sobre la costa, y también reflejan parcialmente dicha energía. Se seleccionó la ola de diseño con altura significativa en el sitio de medición de 3.0 m, correspondiente a un período de retorno de 50 años, a partir de la cual se calcularon las alturas de olas en la costa, tanto para las escolleras costa-afuera como para el muro del Malecón.

Se evaluaron las siguientes alternativas de diseño de las obras costeras:

- **Reconstrucción integral del muro marginal de enrocado**

En esta alternativa se contempló el rediseño del muro de enrocado del Malecón, el cual se encuentra destruido por la acción del mar. El anteproyecto estableció un muro de 900 metros de longitud, con altura mayor que el existente. El volumen de enrocado estimado fue de 48.000 m<sup>3</sup>, repartido entre piedra para coraza (piedra más grande), capa intermedia y filtro. Con esta alternativa no es posible recuperar la playa.

- **Escolleras costa afuera y muro marginal de enrocado**

Consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera, dispuestas paralelas al Malecón, y la reconstrucción del muro de contención de este. Se estimó un total de 450 metros de longitud de escolleras y 900 metros de longitud para el muro.

Esta alternativa permite proteger el oleaje al Malecón, a la vez que genera el arenamiento de la playa, proporcionando la recuperación de la misma.

- **Regeneración de la playa**

Consiste en la colocación de 250.000 m<sup>3</sup> de arena sobre la playa, frente al sector del Malecón, mediante el dragado de zonas cercanas a este. Como medida complementaria esta alternativa contempla la reconstrucción del muro del Malecón con piedras de pequeño y mediano peso. (rip-rap)

Con esta alternativa se puede controlar la erosión, pero su costo de mantenimiento es alto, el cual no está en capacidad de afrontar el Municipio de La Libertad.

Todas las alternativas mencionadas fueron evaluadas técnicamente y en sus costos. De igual forma se discutieron las mismas con los Consultores de las áreas de estructuras, urbanismo y medio ambiente, así como con las autoridades del Municipio del cantón. Finalmente se seleccionó la segunda alternativa, de las escolleras y el muro de enrocado de contención como la más apropiada para desarrollar el diseño definitivo del proyecto.

#### 4. DISEÑO DE LAS OBRAS COSTERAS

Las características estructurales de las escolleras y del muro de enrocado del Malecón fueron determinadas para cumplir con las normas establecidas por el CERC de Estados Unidos. Se utilizó como apoyo al programa computacional CRESS que fue desarrollado por el Instituto Internacional de Ingeniería Hidráulica de Delft, Holanda

Las siguientes son las principales características estructurales de las escolleras costa – afuera:

1. Piedra de coraza: 4.5 toneladas para el tronco, y 5 toneladas para la cabeza, en el talud exterior.  
En el talud interior se colocarán piedras de 1 tonelada de peso, ya que está previsto que el oleaje rebasará eventualmente a la escollera.
2. Peso promedio de la piedra de la capa intermedia: 400 Kg.
3. Piedra para el núcleo: Cascajo grueso, clasificado, de 2 a 30 Kg. de peso.
4. Longitud total de las cinco escolleras: 453 m
5. Separación entre escolleras: variable, entre 55 y 67 m
6. Longitud del acceso a las escolleras desde la cota: 80m
7. Talud exterior: 1:2, talud interior 1:15
8. Corona de las escolleras: ancho su, cota + 4.3 m (36m)

En la figura 2 se presenta la implantación de las escolleras costa – afuera

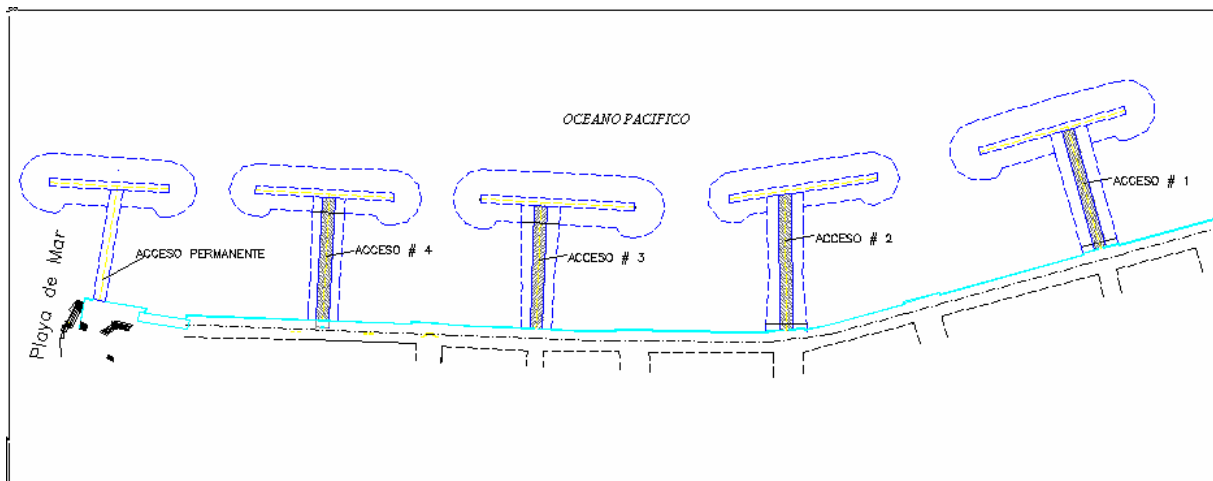


Figura 2: Implantación escolleras costa – afuera

El diseño incluyó todas las especificaciones técnicas requeridas para la construcción de las obras mencionadas. Su costo de construcción fue estimado en 3'126.249 dólares.

#### 5. CONSTRUCCIÓN DE LAS DOS PRIMERAS ESCOLLERAS

La ejecución del Proyecto de Restauración del Malecón se inició el día 26 de julio del año 2002, con la firma del contrato para la construcción de las escolleras # 4 y 5, que están ubicadas en el sector de la

caleta, en la parte este del Malecón. El valor del contrato fue de 803.814,67 dólares, y el plazo de ejecución fue establecido en 120 días calendario.

El proceso constructivo consistió en desarrollar una cantera para la producción de los enrocados localizada a 11 Km del sitio de la obra. Primeramente se construyeron los accesos a las 2 escolleras para posteriormente ejecutar, primero la # 4, y luego la # 5. Hubo etapas de la obra en que se construyeron simultáneamente las dos estructuras.

Debido a que se efectuaron modificaciones en el diseño, y que se tuvieron retrasos en el proceso, la construcción fue culminada en algo más de 6 meses.

Los resultados indican que las dos escolleras funcionan eficientemente en reducir la energía de las olas que inciden sobre el Malecón. La playa ha empezado a recuperarse en el sector de las escolleras, donde el nivel de la arena ha aumentado entre 0.5 y 2 metros.

Desde el punto de vista social, la población de La Libertad ha vuelto a utilizar su playa y su Malecón, y se ha iniciado la reactivación del sector.

### **CONCLUSIONES:**

La solución propuesta en el presente trabajo, para controlar la erosión de la costa de La Libertad, y desarrollar el nuevo Malecón, consiste en la construcción de cinco escolleras costa – afuera, y en la reconstrucción integral del muro de contención de enrocado.

Las obras de protección costera pueden ser desarrolladas en etapas a fin de poder ser ejecutadas en la medida que el municipio del cantón La Libertad disponga de los fondos necesarios. El costo de construcción de las escolleras es de 2'388.043 dólares, y el del muro de enrocado es de 734.246 dólares, totalizando un monto de 3'126.249 dólares.

A la fecha, se han construido las dos primeras escolleras del proyecto. Los resultados indican que la erosión de la costa ha sido controlada en el sector de estas estructuras, y que la energía del oleaje incidente sobre el Malecón ha sido reducida considerablemente. Igualmente se ha iniciado la recuperación de la playa debido al arenamiento que producen las dos escolleras mencionadas.

### **REFERENCIAS:**

1. E. Sánchez, “DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA DEL MALECÓN DE LA LIBERTAD, PROVINCIA DEL GUAYAS” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003).
2. ALLAUCA S y CARDIN V, Análisis de las olas en la costa central del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol IV, INOCAR (1987) pp. 12 – 22.
3. Instituto Oceanográfico de la Armada, Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano (1972), pp 15 – 16
4. U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, Shore Protection Manual, Vols. I y II, CERC (1984), pp 213 – 231.
5. L. VERA, “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS COSTEROS EN LA LIBERTAD”, (Tesis, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000).