

**XXIV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
PUNTA DEL ESTE, URUGUAY, NOVIEMBRE 2010**

**EROSION DE COSTAS:
EL CASO DEL BALNEARIO SOLIS, URUGUAY**

Guillermo López Méndez, Rodrigo Mosquera y Luis Teixeira

IMFLA, Facultad de Ingeniera, Universidad de la República, Uruguay, glopez@fing.edu.uy

IMFLA, Facultad de Ingeniera, Universidad de la República, Uruguay, rmosquer@fing.edu.uy

IMFLA, Facultad de Ingeniera, Universidad de la República, Uruguay, luistei@fing.edu.uy

RESUMEN:

En este artículo se presenta el caso de un tramo de la costa uruguaya sobre el estuario del Río de la Plata, actualmente sometido a un fuerte proceso erosivo. Se analiza la evolución del tramo a diferentes escalas temporales. Se arriba a un diagnóstico de la situación actual, apoyado sobre la implementación de un modelo de una línea, incluyéndose la evaluación de la migración de la desembocadura del arroyo presente en el tramo de costa. Se establece el mecanismo de retroceso de las barrancas que limitan la playa y se discuten y proponen alternativas de acción para controlar el proceso erosivo. La problemática de la erosión de la costa, se enmarca dentro de una tendencia regresiva, a largo y mediano plazo, del tramo de costa. El retroceso de las barrancas se ha visto acentuado en los últimos 20 años debido a los cambios que ha experimentado la desembocadura del arroyo Solís Grande. La acción de las olas es la causa principal de la erosión del tramo de costa. La solución propuesta para el control de la erosión es la alimentación artificial de la playa con arena. En esa situación las olas ya no alcanzarán el pie de la barranca y la arena disponible propiciará la autodefensa del perfil en situaciones de tormenta. La zona de préstamo para el relleno de playa será la zona de la desembocadura del arroyo Solís Grande, ya que como complemento se sugiere abrir la barra de esta desembocadura hacia el Este.

ABSTRACT:

In this paper the case study of a section of the Uruguayan coast, situated on the estuary of the Rio de la Plata, is presented. This shoreline is under a strong erosive process. The evolution of the coast at different time scales is analyzed and the methodology of wave climate determination is shown. Supported on the implementation of a one line model, a diagnosis of the situation is presented, including the evaluation of the mouth river migration. The recession process of the cliff that borders the beach is clarified. Finally, protective measures to control the erosion are proposed. The problematic issues concerning coast erosion is framed into a general tendency of the coast recession. Cliff retreat has increased in the last 20 years due to changes that the Solis Grande stream's mouth has undergone. The continuing cliff erosion is directly associated with the beach level drop. This drop continuously exposes the cliffs toe to the action of waves during storms. So, wave action is the main cause of beach erosion. This erosion is increased by the flow of pluvial waters, the subsuperficial and subterranean runoff to the cliff. The proposed solution is an artificially beach nourishment. In this situation the waves do not reach the cliff's toe, and this available sand will act as an automatic defense mechanism during storms. The refilling material will originally come from opening Solis Grande's mouth, since it is suggested as a complementary measure to open the mouth to the East.

PALABRAS CLAVES:

Erosión de costas. Dinámica de desembocadura de ríos. Recuperación de playas.

INTRODUCCIÓN

La erosión de la costa es un problema presente en todas partes del mundo. En general, es consecuencia de la evolución natural de la costa pero también puede ser inducida o modificada por distintas intervenciones humanas. En Uruguay existen diversos tramos de costa donde se detectan procesos erosivos. En particular este fenómeno se ha manifestado en la costa del balneario Solís.

El balneario Solís se ubica sobre el Río de la Plata, en la costa Oeste del departamento de Maldonado, entre la desembocadura del arroyo Solís Grande, límites con el departamento de Canelones, y la punta rocosa de Ánimas. Se encuentra a 53 km al Este de Montevideo, como ilustra la figura 1. Su costa sobre el Río de la Plata tiene una longitud superior a 3 km. en dirección N-S y E-W, en su mayor parte está limitada por una barranca de aproximadamente 10 m de altura. Este tramo de costa se encuentra en el extremo Este del arco que va desde punta Ánimas en el balneario Solís a la punta del balneario Cuchilla Alta. La longitud total del arco de playa es aproximadamente de 10 km.

En particular la zona de estudio se centra en el tramo de costa que se encuentra entre la desembocadura del arroyo Solís Grande y la punta de Ánimas. Se trata de un tramo de costa con evidencias de retroceso o pérdida de playa. Las características morfológicas del tramo en estudio están determinadas fuertemente por la presencia del arroyo Solís Grande y la punta Ánimas. En el extremo Este la costa se presenta en dirección N-S durante los primeros 750 metros para luego hacerlo en dirección SE-NW hasta llegar a la desembocadura del arroyo Solís Grande. Al Oeste de la desembocadura la costa se presenta aproximadamente en dirección E-W. Las características principales del tramo en estudio se indican en la figura 1.



Figura 1.- Ubicación del balneario Solís (izquierda). Tramo de costa en estudio (derecha)

Actualmente el derrumbe de la barranca en la zona este, en un tramo de aproximadamente 700 m de longitud, ha afectado la infraestructura del balneario y pone en riesgo inminente edificaciones existentes.

En este artículo se presenta la metodología desarrollada y los resultados obtenidos en el análisis de la problemática del retroceso de la barranca del balneario Solís. Entre los resultados obtenidos se incluye el diagnóstico detallado del mecanismo que produce el retroceso de las barrancas y la propuesta considerada más adecuada para la estabilización del tramo de costa más comprometido.

METODOLOGÍA

El estudio consistió en el análisis de las variables medioambientales que condicionan la evolución del sistema, el diagnóstico de los procesos en desarrollo y la determinación de las medidas para detener el proceso de erosión. La metodología empleada supuso la determinación del clima de olas, el estudio de la estabilidad en planta del arco de costa, el análisis de la evolución a mediano y largo plazo y la implementación y utilización de un modelo numérico de evolución de la línea de costa.

Cálculo del clima de olas

En la zona de Solís, coexisten dos tipos de oleaje. Por una parte, el oleaje es producido por la acción del viento sobre la superficie del Río de la Plata, oleaje denominado tipo “Sea” u oleaje de viento. Su generación en esta zona tiene la particularidad de producirse en condiciones de aguas limitadas en profundidad, razón por la cual la generación ocurre simultáneamente con otros procesos, como ser la refracción-difracción y el amortiguamiento. Por otra parte, aunque en menor medida, también existe un oleaje de tipo “Swell” u oleaje de mar de fondo, que es generado en aguas profundas en el océano Atlántico y que se propaga hacia el interior del estuario del Río de la Plata. El oleaje de mar de fondo (“Swell”) va perdiendo energía a medida que ingresa en el estuario, debido a las condiciones de aguas poco profundas (menores a 20 m en su gran mayoría). Es por esto que en el tramo de costa en estudio el oleaje que registra mayores alturas es generado por la acción del viento de tipo “Sea”.

El clima de olas se obtuvo sobre la base de los datos de medición de oleaje recopilados y del cálculo del oleaje mediante un modelo numérico. El modelo de generación empleado calcula el oleaje a partir de los datos de viento teniendo en cuenta la interacción con el fondo.

Se emplearon datos de olas medidos por la empresa HIDROVIA en una boya ubicada en la boca del Río de la Plata, en la mitad del segmento imaginario que une Punta del Este con San Clemente (aproximadamente a 100 km al sur de Solís), como se indica en la figura 2. La dirección predominante del mar de fondo registrado en la boya de HIDROVIA es SE y por tanto la propagación desde esa boya hasta Solís no puede ser hecha en forma directa, dado que la línea que une ambos puntos tiene dirección aproximadamente SSW. Por esa razón, se realizaron, mediante modelación numérica, propagaciones desde aguas profundas, de manera de correlacionar el oleaje en la boya con el oleaje en Solís. En función de los resultados obtenidos en ambos puntos, es posible transformar el mar de fondo registrado en la boya en el correspondiente oleaje en Solís.

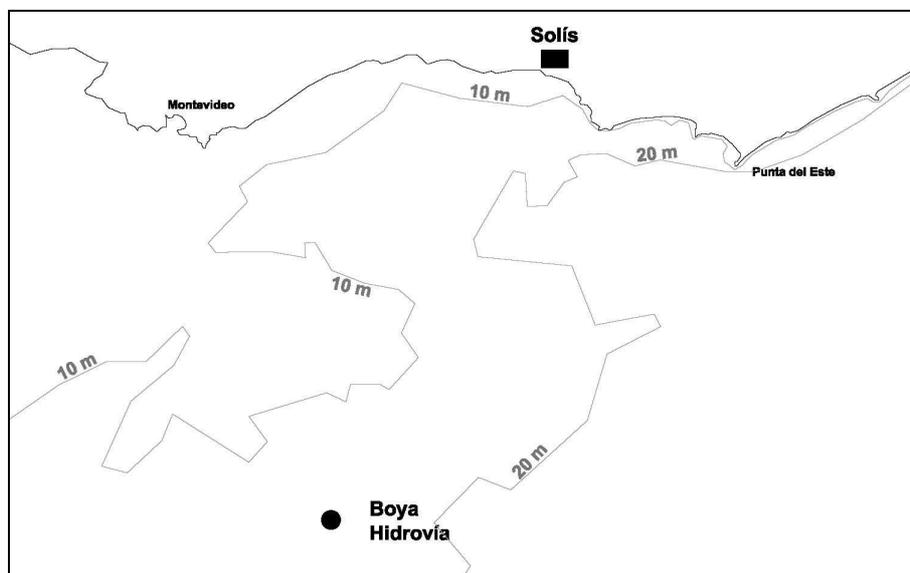


Figura 2.- Ubicación de la Boya de Hidrovía.

El cálculo del oleaje de viento o “Sea” se hizo a través de modelos de generación de olas SWAN, utilizando datos tri-horarios de viento, registrados en la estación Pontón de Recalada. La estación de Pontón Recalada se encuentra ubicado en el Río de la Plata en las coordenadas 35°02' S, 55°51' W, es decir aproximadamente a 30 km al Sur-Este de Montevideo.

Para generar el régimen medio de oleaje se utilizó el oleaje local calculado a partir de la estadística de vientos del Pontón de Recalada, junto con los datos de viento medidos en la boya de la empresa HIDROVIA.

Análisis de la evolución de la costa

La caracterización de la costa de la zona de estudio se realizó para diferentes escalas temporales. Este análisis se ha utilizado como base del diagnóstico de los procesos actualmente en desarrollo, así como para el análisis de distintas acciones correctivas.

A partir de la superposición de las fotos aéreas y satelitales de los años: 1942, 1966, 1978, 1980, 1995, 2001, 2004, 2006 y 2008 se evaluó la evolución histórica que ha experimentado la línea de barrancas en todo el tramo de costa del balneario Solís.

Con el objeto de obtener una descripción del comportamiento de la playa de Solís se realizó la implementación del modelo numérico GENESIS, desarrollado por el Coastal Engineering Research Center (CERC) de la Armada de Estados Unidos. Este modelo permite estudiar la evolución de la línea de costa y su afectación por las distintas ubicaciones que la desembocadura ha experimentado.

El propósito de la modelación fue evaluar la posible modificación de la posición de la línea de costa entre la punta del balneario Solís y la desembocadura del arroyo Solís, frente a distintos escenarios de ubicación de la desembocadura del arroyo. A su vez, a partir de la simulación con el modelo se analizó el impacto de diversas medidas de mitigación y control del proceso erosivo. La modelación consistió en tres partes. En primer lugar, fue necesario determinar las características del oleaje (altura, período y dirección). Luego, se procedió a calibrar el modelo, y finalmente al análisis mencionado.

Diagnóstico general del problema y propuesta de medidas de control

Los resultados de los distintos análisis fueron interpretados e integrados para establecer el diagnóstico general del problema de erosión y la propuesta de medidas para el control de la problemática.

RESULTADOS

Resumen del clima de ola

Como se explicitó, el clima de olas de la zona de Solís es una combinación de olas locales generadas por la acción local del viento y de olas de mar de fondo. La figura 3 muestra los resultados gráficos de la distribución por altura, por dirección y por periodo pico del clima de oleaje.

Los resultados muestran que prácticamente el 85% de las olas tiene altura menor a 1,6 m y que la mitad de las alturas de olas en la zona de Solís son menores a 0,8 m. El oleaje proviene prácticamente en su totalidad (92%) del cuadrante formado por la dirección SW y SE, entre ellas las direcciones predominantes son SE (63%) y S (22%). A su vez, se observa la presencia del oleaje producido por la acción local y del oleaje de mar de fondo. El oleaje producido por la acción del viento local está asociado a un periodo pico de entre 3 y 7 segundos, mientras que al oleaje de mar de fondo está asociado a un periodo pico de entre 8 y 13 segundos. Los resultados indican que los dos tipos de oleaje se presentan prácticamente con la misma frecuencia.

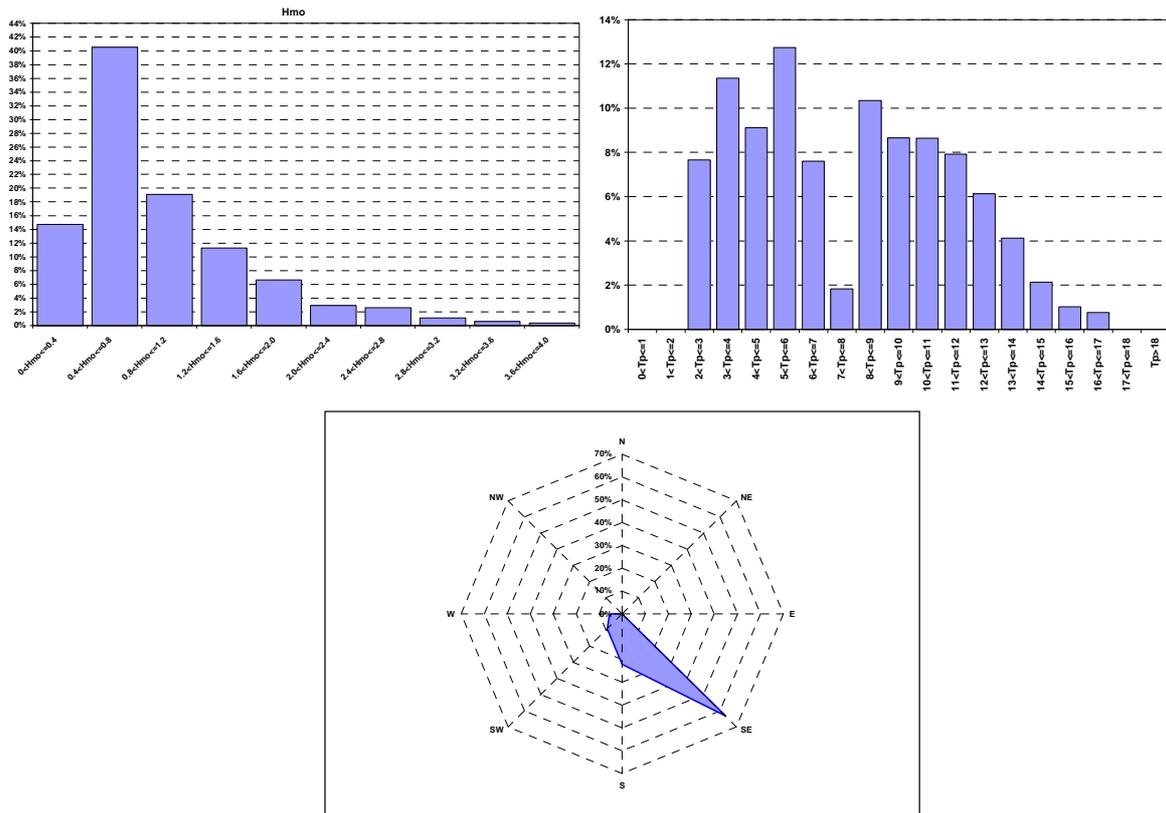


Figura 3.- Distribución del clima de oleaje para la zona de Solís por altura de ola, por periodo pico y por dirección

La dirección predominante del oleaje queda de manifiesto con la dirección de la resultante del flujo de energía. En la zona de Solís esta dirección forma un ángulo de 105° con la dirección Oeste-Este, como se ilustra en la figura 4.



Figura 4.- Dirección de la resultante del flujo de energía dado por el clima de olas

Evolución de la costa a largo y mediano plazo

En la figura 5 se presenta la línea de costa junto con la parábola de equilibrio estático para este tramo de costa considerando como punto de difracción la punta de Ánimas. A partir de lo que se

aprecia en esa figura puede decirse que todo el arco de playa que conforman los balnearios Solís y Jaureguiberry, área de influencia de la desembocadura del arroyo Solís Grande, es una zona notoriamente alejada de la posición de equilibrio estático. En el tramo de costa situado al Oeste, la curva de equilibrio estático coincide con la parábola de equilibrio, lo que muestra una situación muy cercana al equilibrio estático. Se concluye que, o bien se está en una situación de equilibrio dinámico, o bien ante un proceso de retroceso de la línea de costa. La información existente acerca de los procesos en desarrollo, muestra que existe en esta zona una tendencia al retroceso.



Figura 5.- Parábola de equilibrio del tramo de costa en estudio, con punto de difracción en la punta de Solís, obtenida con el Sistema de Modelado Costero¹.

En el estudio a mediano plazo se analiza la evolución histórica que ha experimentado la línea de costa en los últimos años a partir de los registros fotográficos. Se implementó un modelo de evolución de la línea de costa capaz de reproducir la evolución observada.

En la figura 6 se presenta la ubicación de las líneas de costa a partir de la información recabada de las fotos aéreas de los años 1980 y 2001, que es el período de mayor intensidad en el retroceso de la barranca. Los registros fotográficos no muestran un claro retroceso de la barranca previo al año 1980.

¹ El Sistema de Modelado Costero (SMC) es un conjunto de herramientas numéricas de distribución gratuita desarrolladas por la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente de España y la Universidad de Cantabria, con el objetivo de posibilitar un mejor diseño, ejecución y seguimiento de las actuaciones a realizar para la preservación del medio ambiente litoral.



Figura 6.- Evolución de la línea de costa en la zona de estudio. Año 1980 (verde). Año 2001 (rojo y foto). Vista general del tramo (izquierda). Acercamiento en el tramo central (derecha).

El retroceso registrado entre los años 1980 y 2001 alcanza los 25 m aproximadamente. Ese retroceso queda evidenciado por la distancia que existe entre las líneas de costa en los diferentes años con los escalones de la antigua bajada a la playa, ya que debido al peso y tamaño de esta estructura se puede asumir que no ha sido desplazada por la acción del oleaje. La tasa de retroceso media en todo el tramo, para este periodo, puede estimarse en 1 metro por año aproximadamente.

Influencia del arroyo Solís Grande en la evolución de la costa

A partir de la superposición de las fotos aéreas e imágenes satelitales se evaluó la dinámica que ha experimentado la desembocadura del Arroyo Solís. En la figura 7 se presenta la zona donde ha evolucionado la desembocadura a partir de las líneas de costa recabada de las fotos aéreas de los años 1966, 1979 y 2006.



Figura 7.- Evolución de la línea de costa en el balneario Solís y de la desembocadura del arroyo Solís. Año 1980 (celeste). Año 2001 (rojo). Año 2006 (foto).

Se puede afirmar que desde el año 1942 hasta el año 1980 la ubicación de la desembocadura osciló en diversas oportunidades. En 1980 la desembocadura se encontraba ubicada en la zona Este, mientras que entre los años 1980 y 1995 experimentó un fuerte cambio de ubicación hacia el Oeste.

La posición de la desembocadura es la resultante de los complejos fenómenos de interacción entre la hidrodinámica y la sedimentología del arroyo con las de la costa. En este sentido tiene un papel fundamental el efecto del oleaje que incide sobre la costa y en particular la corriente litoral. A su vez los factores señalados dependen de los parámetros climáticos que los determinan. La oscilación de la posición de la desembocadura, o su permanencia en una ubicación, dependen entonces de fenómenos climáticos que pueden tener un patrón de variación multianual, que seguramente explique el comportamiento detectado.

Se observa que existe una fuerte relación entre la desembocadura del arroyo y la ubicación de la línea de costa. En particular en los años que desembocaba hacia el Este, se observa un incremento del ancho de playa del balneario Solís en la zona aledaña a la desembocadura, mientras que al alejarse la desembocadura hacia el Oeste ese efecto no aparece.

Como ya fue mencionado, una de las aplicaciones del modelo de una línea ha sido la evaluación de la incidencia de la deriva de la desembocadura del arroyo Solís Grande en la evolución de la línea de costa del tramo en estudio.

El efecto de la desembocadura se ha simulado como un espigón permeable (Payo, A.; Baquerizo, A. and Losada, M. A. 2002), lo que constituye, obviamente, una simplificación del complejo fenómeno en estudio. Se simularon dos situaciones con distinta ubicación de la desembocadura:

- desembocadura hacia el Este simulando la ubicación observada en la foto de 1980.
- desembocadura hacia el Oeste simulando la ubicación de los últimos años. Para ambas configuraciones se realizaron simulaciones de 5 años de duración.

La comparación de ambas situaciones se presenta en la figura 8 donde se observan en amarillo las ubicaciones de la desembocadura simulada, en verde la línea de costa resultante de la interacción con la desembocadura hacia el Este y en rojo la ubicación de la línea de costa con la desembocadura hacia el Oeste.

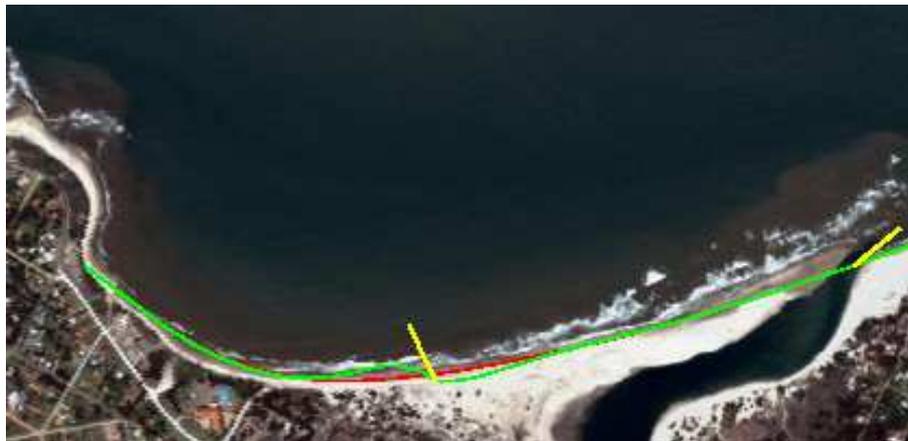


Figura 8.- Simulación del modelo GENESIS. Posición final de la línea de costa para dos situaciones simuladas de deriva del arroyo Solís Grande: hacia el Este (verde) y hacia el Oeste (rojo), para un periodo de 5 años.

Se observa el incremento del ancho de playa al ubicarse la desembocadura del arroyo hacia el Este, mientras que ese incremento no aparece cuando el arroyo desemboca hacia el Oeste.

Este resultado que debe ser entendido como una aproximación al problema, indica que en la situación actual la ubicación de la desembocadura propicia el retroceso de la playa en el arco del balneario Solís. Teniendo en cuenta el carácter dinámico de la posición de la desembocadura, se concluye que ella puede incentivar o frenar la tendencia a la erosión del tramo de interés.

En el modelo de una línea la ubicación del arroyo y su influencia en el retroceso de la línea de costa es evaluada exclusivamente como barrera del transporte de sedimento litoral. Por tanto, no se tiene en cuenta al arroyo como fuente de sedimento del sistema costero, aspecto que se presenta a continuación.

Diagnóstico general del problema

En función de los análisis presentados anteriormente se puede afirmar que el diagnóstico del retroceso de la barranca en el balneario Solís, se enmarca dentro de una tendencia regresiva, a largo y mediano plazo, de este tramo de costa. En la etapa actual, ese retroceso se desencadena por la falta de material sedimentario, que actualmente se ubica en el tramo Oeste de la costa. La falta de material puede ser atribuido a la modificación que ha experimentado la desembocadura del arroyo Solís Grande hacia el Oeste, desde el año 1980 hasta el presente. Este cambio, de carácter temporal, implicó que el aporte de sedimentos que el arroyo realizaba directamente sobre la punta de Ánimas quedara sin efecto y que la barrera a la transferencia natural de arena hacia el Oeste que ofrecía la desembocadura, perdiera relevancia.

Debido a la falta de sedimento en el tramo de costa en estudio, el agente principal que propicia el deterioro y retroceso de la barranca es el oleaje incidente. El fenómeno de retroceso, como ha sido señalado, se explica principalmente por la erosión de la playa y el descenso de la misma, exponiendo el frente de barranca a la energía del oleaje incidente.

Los otros dos mecanismos responsables de la erosión y retroceso de la barranca son el drenaje pluvial y el drenaje subsuperficial y subterráneo. Estos fenómenos pueden ser agrupados como causas geo-hidrológicas. Sin embargo en este tipo de costa, conformada por barrancas de material cohesivo y fuerte pendiente, la causa original del retroceso radica en la erosión que las olas provocan tanto en el frente de playa como al pie de la misma barranca. La desestabilización así provocada tiene carácter permanente.

Por el proceso señalado la barranca retrocede manteniendo básicamente su pendiente abrupta. Es clave para entender este proceso tener en cuenta que la tasa de retroceso de la barranca es controlada por la tasa de descenso del frente de playa. De esta manera todo el perfil de la barranca y del frente de playa, tanto por sobre el nivel medio del mar como por debajo del mismo, permanecen con la misma forma, pero moviéndose en dirección al continente.

Si el proceso no se desencadenara de esta manera, es decir si el frente de playa no descendiera, propiciando el avance del mar sobre la costa, se tendría una situación en la que el pie de la barranca no estaría expuesto a la acción del oleaje. En este caso, la barranca llegaría a un estado de equilibrio dinámico, adquiriendo una pendiente más tendida, determinada por los factores de erosión geo-hidrológicos antes mencionados.

En la figura 10 se presenta un esquema de los principales factores que intervienen en la erosión y retroceso de la barranca.

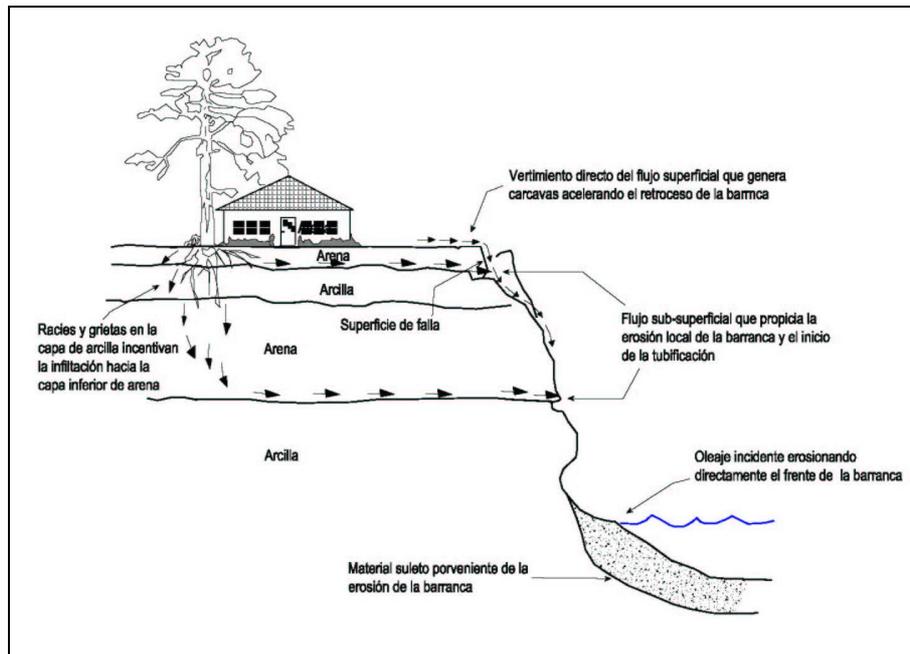


Figura 10.- Causas de la erosión y retroceso de la barranca.

Medidas de control de la erosión

La solución propuesta para la estabilización del tramo de costa en estudio tuvo como premisas básicas ser una solución de emergencia, de bajo costo y de mediana duración. En función del diagnóstico realizado, se propone agregar al sistema una cantidad significativa de arena para reducir el efecto del oleaje incidente, disminuyendo la energía que descargan las olas sobre el pie de la barranca. Estas medidas de defensa de la playa y el pie de la barranca tienden a detener o disminuir el descenso del frente de playa y el retroceso de la barranca. La estabilización de la propia barranca en cuanto a su inclinación deberá ser lograda mediante otras medidas complementarias tendientes a impedir el vertido concentrado de las aguas pluviales sobre ella y eventualmente a reducir el flujo subsuperficial y subterráneo en el talud.

La solución propuesta consiste básicamente en dos medidas complementarias:

- El relleno artificial del tramo de playa con arena de granulometría semejante a la existente en el propio tramo, a extraer de la zona de la desembocadura del arroyo Solís Grande.
- La apertura artificial de la desembocadura del arroyo Solís Grande hacia el este, oficiando de manera complementaria de zona de préstamo para el relleno de playa.

El esquema de la solución se presenta en la figura 10.



Figura 10.- Solución propuesta para la estabilización de la costa

El tramo de costa a proteger es de unos 710 m, estimándose un volumen de relleno de 1.100 m^3 por metro de costa. El avance de playa considerado ha sido de 30 m. Este relleno de playa significaría un incremento de 18.900 m^2 de playa en el balneario.

Como medida complementaria al relleno existe la alternativa de realizar intervenciones en la costa tal que modifiquen las forzantes físicas que originan el proceso erosivo. En este caso se sugiere que el relleno de playa sea complementado con la apertura hacia el este de la desembocadura del arroyo Solís Grande. Luego de realizado el relleno y evaluado su comportamiento, podría mostrarse como recomendable alguna estructura que disipe la energía del oleaje previo a su llegada a la costa. El objetivo de esta apertura es dirigir el aporte de sedimento de manera más directa al tramo de costa de mayor problemática y potenciar e incrementar el efecto de “espigón” que realiza naturalmente la desembocadura.

El volumen de arena a extraer para la apertura de la nueva desembocadura sería de 134.000 m^3 , lo que se encuentra en el orden de la alternativa de relleno de playa con un avance de 30 m. Esto posibilitaría utilizar de préstamo este volumen, donde las características de sedimento son muy similares al material nativo en la playa a rellenar. A su vez, facilitaría el método constructivo ya que posibilitaría la realización del relleno desde tierra.

Conclusiones

En este artículo se presenta el diagnóstico de las causas de la erosión de la playa y el retroceso de la barranca del balneario Solís, situado sobre la costa uruguaya del estuario del Río de la Plata. También se presentan las líneas de acción para el manejo de este tramo de costa, tendiente a asegurar la estabilidad del sistema costero y su uso sustentable.

La problemática de la erosión de la costa en el balneario Solís, se enmarca dentro de una tendencia regresiva, a largo y mediano plazo, de este tramo de costa. El retroceso de las barrancas se ha visto acentuado en los últimos 20 años debido a los cambios que ha experimentado la desembocadura del arroyo Solís Grande. El retroceso permanente de la barranca se asocia directamente al descenso de la playa. El descenso de la playa expone, de manera continua, el pie de la barranca a la acción del oleaje en eventos de tormenta. La acción de las olas es la causa principal de la erosión del tramo de costa, el que se ve agravado por los fenómenos de vertimiento concentrado de las aguas pluviales y el flujo subsuperficial y subterráneo, sobre la misma barranca.

La acción recomendada tiene duración mediana y con bajo potencial de impacto ambiental. El diseño de esta solución toma como hipótesis básicas las principales conclusiones del diagnóstico realizado y los resultados de la modelación de distintas alternativas.

El objetivo de la solución propuesta es disminuir significativamente la energía de las olas incidentes sobre el pie de la barranca. Para ello se propone la alimentación artificial de la playa con arena. En esa situación las olas ya no alcanzarán el pie de la barranca y la arena disponible propiciará la autodefensa del perfil en situaciones de tormenta. La zona de préstamo inicial para el relleno de playa será la zona de la desembocadura del arroyo Solís Grande, ya que como complemento se sugiere abrir la barra de esta desembocadura hacia el este.

NOTA:

Las referencias altimétricas consideradas en este artículo corresponden al denominado “cero Wharton” de empleo usual por los servicios hidrográficos uruguayos.

Referencias Bibliográficas

- CIRIA, CUR, CETMEF.** *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. 2007. C683, CIRIA, London, UK.
- Dean, R. G. and Dalrymple R.** (2002). *A. Coastal Processes whit Engineering Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 0 521 49535 0
- Everts, C.H.** (1991). *Seacliff retreat and coarse sediment yields in Southern California*. Coastal Sediment '91. American Society of civil Engineers., 2, 1586-1598.
- Gravens, M.B.; Kraus, N.C and Hanson H.** (1991). *GENESIS: Generalized Model for Simulated Shoreline* Coastal Engineering Research Center CERC. Departamtent of the Army. US Army Corps of Engineers.
- Kamphius, J. W.** (2000). *Introduction to Coastal Engineering and Management, World Scientific, Advanced Series on Ocean Engineering*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., London, UK. ISBN 981 02 3830 4
- Lee, E. M.** (2004). *Costal Cliff recession risk: a simple judgement-based model*. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 38, 89-104
- Payo, A.; Baquerizo, A. and Losada, M. A..** (2002). *One-line model with time dependent boundary conditions*. Proc. 28th Coastal Engineering Conf., ASCE, World Scientific, Vol. 3, pp 3046-3052.
- PNUD-MTOP-UNESCO** (1978). *Conservación y Mejora de Playas – URU*. 73.007.
- US Army Corps of Engineers** (1984). *Shore Protection Manual*.