

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
XVII CONGRESO CHILENO DE HIDRÁULICA

ESTUDIO DE EROSIÓN COSTERA
PLAYA CHOLLIN – PUNTA PUCHOCO

CRISTOBAL PANTOJA B.¹
PATRICIO MONARDEZ.²
MIGUEL MUÑOZ³

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar las causas de la erosión progresiva observada en Playa Chollín, al norte de punta Puchoco, VIII Región. Se ejecutaron diversos análisis con modelos matemáticos para determinar las tasas de transporte de sedimentos litoral potencial del área y se estudiaron los antecedentes históricos, tales como las fotografías aéreas. Se pudo concluir que la probable causa más relevante de la erosión observada, que es de aproximadamente 10 m por año, es el cierre del botadero de tosca de la Carbonífera Schwager situado en el extremo norte de la playa, lo que mantenía el sistema morfológico costero estable. Se ha recomendado una solución que contempla la construcción de espigones para estabilizar la playa, lo que debe pasar por estudios en detalle del comportamiento del sistema morfodinámico.

¹ Ingeniero Civil, M.Eng., Baird & Associates S.A. – cpantoja@baird.com

² Ingeniero Civil, M.Sc., Baird & Associates S.A. – pmonardez@baird.com

³ Ingeniero Civil, Gerente de Operaciones Portuaria Cabo Froward S.A.

1. INTRODUCCIÓN

Baird & Associates S.A. (Baird) desarrolló un estudio de procesos costeros en el extremo Norte de la Bahía de Coronel, en Punta Puchoco, donde Portuaria Cabo Froward S.A. (FROWARD) posee instalaciones y terrenos. Específicamente, el área en estudio es la costa expuesta a las olas del Pacífico en la zona de Playa Chollín, la cual padece un problema de erosión (ver Figura 1).

Este artículo resume el desarrollo de las tareas realizadas en el marco del mencionado estudio, describe la metodología aplicada en el estudio y sus resultados.

Se realizó una recolección de antecedentes y datos anecdóticos de modo de caracterizar la evolución histórica de la línea de playa. Adicionalmente se ejecutaron diversos trabajos de terreno para caracterizar la situación actual de la zona en estudio.

La modelación de la morfología costera y la estimación de la respuesta del perfil de la playa fueron realizadas utilizando el Modelo COSMOS, el cual realiza cálculos hidrodinámicos cerca de la costa, incluyendo transporte de sedimentos y la evolución del fondo marino. El clima de oleaje que sirvió como input a los análisis realizados fue desarrollado basándose en los datos del proyecto SHOA: Olas Chile.

2. HISTORIA DEL SITIO Y DATOS ANECDÓTICOS

Los terrenos en el área en estudio se encuentran ubicados en tierras que correspondían al emplazamiento de la antigua mina de carbón de la Carbonífera Schwager. Esta mina entró en operaciones en 1850 y cesó en 1994. La tosca que se extraía desde el interior de la mina se arrojaba al mar en tres puntos distintos, hasta el año 1997: Dos en la Punta Puchoco (al Muelle Jureles y al extremo sur de playa Chollín) y que correspondían a los botaderos de la planta y uno en el sector norte de Playa Chollín, que correspondía al botadero de la mina (ver Figura 2).

Estudios anteriores (Ingeniería de Puertos [1989], en adelante IP [1989]), basados en información proporcionada por Carbonífera Schwager, estimaron que la tosca arrojada al mar en el botadero en Playa Chollín tenía un volumen medio anual entre 250.000 a 260.000 m³/año. En la zona de Muelle Jureles la media anual era de 118.000 m³/año.

Se contó con dos juegos relevantes de fotografías aéreas de la zona en estudio que fueron analizadas, las cuales son:

- Vuelo IHA-1967. A escala 1:15000. Consta de 3 fotos, desde N° 00180 hasta N° 00182
- Vuelo SAGAL-2001. A escala 1:10000. Consta de 4 fotos, desde N° 88103 hasta N° 88106

3. TRABAJOS DE TERRENO REALIZADOS

Se realizaron tomas de muestras de sedimentos cada 50 metros entre la costa y el veril de -10 metros y cada 200 metros entre los veriles -10 a -30 metros, con el fin de actualizar la información granulométrica. Los puntos mencionados se alinearon en 5 perfiles escogidos para desarrollar análisis de respuesta de playa ante tormentas (ver Figura 3).

Junto a las muestras de fondo se realizaron lanzas de aguas en tres puntos en cada perfil, uno en la playa, el segundo entre 3 y 7 metros de profundidad y entre 100 y 200 metros de la línea de costa. El tercero fue elegido entre 6 y 14 metros de profundidad, entre 150 a 350 metros de distancia horizontal del punto anterior.

Las lanzas de agua permitieron explorar la existencia de subcapas duras bajo el fondo marino. Las muestras en la playa mostraron la existencia de fondo duro a 3 metros de profundidad bajo la arena en todos los perfiles excepto el 4, donde el fondo duro se detectó a 70 centímetros de profundidad. Ello podría deberse a la existencia de aflojamientos rocosos poca profundidad, idea que se refuerza con la existencia de salientes rocosas a ambos lados del perfil.

4. CONDICIONES DE OLEAJE

El oleaje en el sitio fue determinado a través de la transferencia espectral de la base de datos Olas Chile, a través de la aplicación del programa de transferencia STWAVE, del U.S. Army Corp of Engineers. Un ejemplo de los resultados obtenidos de la aplicación de STWAVE se puede observar en la Figura 4.

El oleaje frente a la Playa Chollín es menor a 1.5 metros aproximadamente el 90% del tiempo durante los 40 años de hindcast. La altura de ola (H_{m0}) máxima calculada en la transferencia desde aguas profundas alcanza 4.1 metros. A su vez, la dirección de propagación del oleaje en 30 metros es de entre 292 a 315 grados. El período mayoritario del oleaje está entre 14 y 20 segundos.

La Figura 5 muestra la rosa de altura de oleaje por puntos.

5. RESPUESTA PERFIL DE PLAYA Y TRANSPORTE LITORAL

El modelo utilizado para las simulaciones de respuesta del perfil de la playa es el denominado COSMOS (Nairn y Southgate [1993]), el cual es un modelo numérico determinístico para simular procesos costeros y que incluye los siguientes parámetros a lo largo del perfil:

- Transformación del oleaje (incluyendo: refracción, shoaling, fricción de fondo, rompimiento del oleaje, decaimiento y run-up)
- Corrientes y velocidades orbitales.
- Erosión y deposición de arenas y suelos cohesivos.

Estimación Transporte Potencial de Sedimentos a lo Largo de la Costa (LST)

Este análisis se realizó utilizando los 40 años de datos de olas en 30 metros de agua, en tres perfiles analizados. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de los resultados de este análisis para el Perfil 2.

En la Figura 6 se muestra el transporte litoral de sedimentos generado por la acción del oleaje neto por año del oleaje proveniente del SW y del NW.

El transporte litoral neto tiene dirección Sur y varía entre 140.000 (m³/año) y 800.000 (m³/año), con un promedio de 280.000 (m³/año).

El valor promedio del transporte potencial de sedimentos (280.000 m³/año) podría estar sobre estimado, debido al alto contenido de material fino en los perfiles. Se supuso material más grueso (D_{n50} = 0.4 mm) y se amplificó por factores obtenidos de la práctica. Con ello se obtuvo un transporte potencial de sedimentos entre 190.000 m³/año y 230.000 m³/año, con una media de 210.000 m³/año, adoptándose este valor como representativo.

Al comparar el valor promedio con la tasa de emisión de tosca al mar de 250.000 m³/año hasta el año 1997, se tiene que el sistema podría haber estado en balance o siendo ligeramente superado. Si se considera un flujo de sedimentos de las playas del norte, el potencial de erosión debido a la corriente litoral era superado, con el consiguiente embancamiento del sector en el pasado.

Hoy en día la situación es distinta. El botadero de tosca no existe y hay diversos proyectos hidroeléctricos en el río Bío Bío, lo que supone un menor aporte de sedimentos.

6. COMPARACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS HISTÓRICAS

Con las fotografías aéreas disponibles (años 1967 y 2001) se realizó un análisis histórico de la línea de costa de la zona de estudio. Además se consideró la carta SHOA 6121 de 1987, la que muestra la línea de costa cercana a la foto de 1967, considerándose representativa.

En la Figura 7 se presenta la variación de la línea de costa entre los años 1967 y 2001. Esta comparación indica que la zona de Playa Chollín ha sido erosionada hasta reducir su línea de costa en 40 metros entre los años de las fotografías. Dado que la línea de costa de 1987 es cercana a la de 1967, para efectos de análisis se asume igual a la de 1997, debido a que se asume que la erosión de la playa empezó a partir del año en que el botadero de tosca de la mina se clausuró. Con este supuesto se obtiene un retroceso de la línea de costa de 40 metros en 4 años, es decir, 10 m/año en la zona de playa Chollín. Un estudio anterior (IP [1989]) en la zona de Muelle Jureles estimó el avance de los veriles en el muelle con una tasa de 10 metros/año, lo cual puede variar si es que se consideran años de operación distintos.

La longitud de playa Chollín es de 1900 metros aproximadamente, entonces, considerando que el transporte litoral se produce hasta una profundidad de entre 5 y 10 metros se tiene que, a modo grueso, la tasa de erosión calculada a partir de las fotografías es de 100.000 a 200.000 m³/año, con una media de 150.000 m³/año, valor del orden de magnitud similar al transporte litoral

potencial calculado por COSMOS. Puede suponerse que la diferencia entre 210.000 y 150.000, es decir 60.000 m³/año, corresponde al aporte de sedimentos desde las playas de más al norte. Para confirmar este valor deben realizarse mediciones y modelaciones más complejas.

7. SOLUCIONES CONCEPTUALES

Basándose en los resultados de las simulaciones numéricas se puede inferir que la playa Chollín es erosionada por corrientes litorales que corren de Norte a Sur, producto del oleaje que incide con cierto ángulo respecto de la playa.

Dada la causa de la erosión se propuso proyectar la construcción de estructuras para detener el retroceso de la línea de costa y, de ser posible, recuperar la playa erosionada utilizando los supuestos aportes de sedimentos de las playas de más al norte. Además el proyecto debería considerar permitir el paso de cierta cantidad de sedimentos, si los hubiere, hacia el sector de los muelles Jureles y Puchoco con el fin de no aumentar la tasa de erosión de la línea costera de ese sector, que también ha sido afectado. En caso de no existir aportes de sedimentos a la zona, tendría que evaluarse la construcción de espigones u otra estructura en la línea costera de la zona de los muelles.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio explica las razones por las cuales se ha producido una fuerte erosión en la zona, producto de la corriente litoral N-S generada por el oleaje, y estima la tasa de transporte neto de sedimentos en el litoral. Además prevé que la erosión en la línea costera continuará en el corto plazo. Sin embargo, la presencia del fondo rocoso, constatado por las lanzas de agua, debería detener, o a lo menos aminorar la tasa de erosión de la playa.

Se realizaron modelaciones numéricas para estimar la tasa potencial de transporte litoral de sedimentos, la que resultó similar a la tasa de emisión de tosca al mar de la antigua mina de carbón. Se concluye que el cierre de los botaderos de tosca debió originar el desbalance de masas en la zona, iniciándose un proceso erosivo acelerado, con una reducción de la línea de costa estimada en 10 m/año. Se utilizaron comparaciones de fotos aéreas y batimétricas que confirman estos resultados.

Se propuso una solución basada en la construcción de espigones en Playa Chollín en 2 fases, una de prueba, a fin de determinar un diseño eficiente y la segunda fase netamente constructiva.

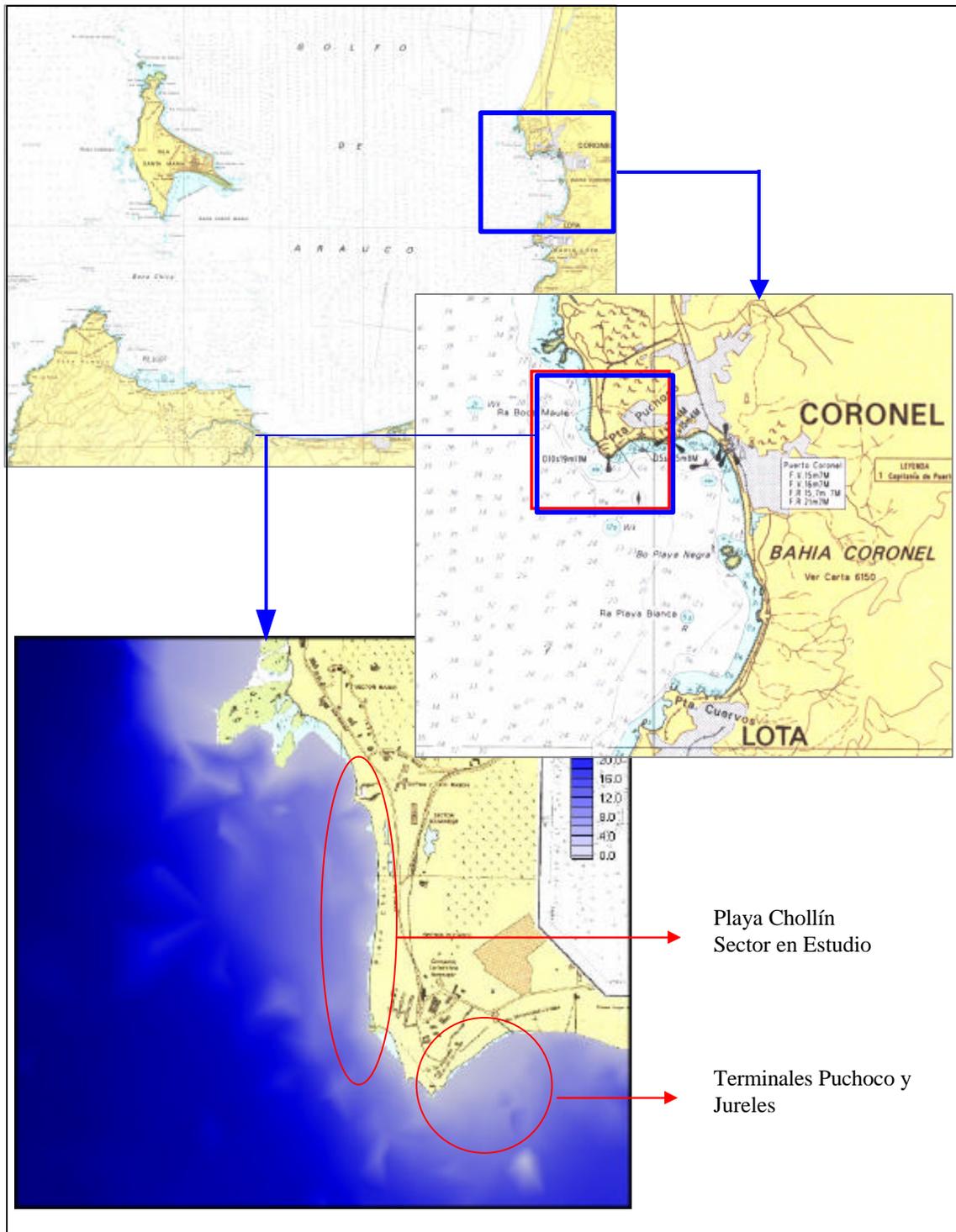


Figura 1 Zona de Estudio – Punta Puchoco

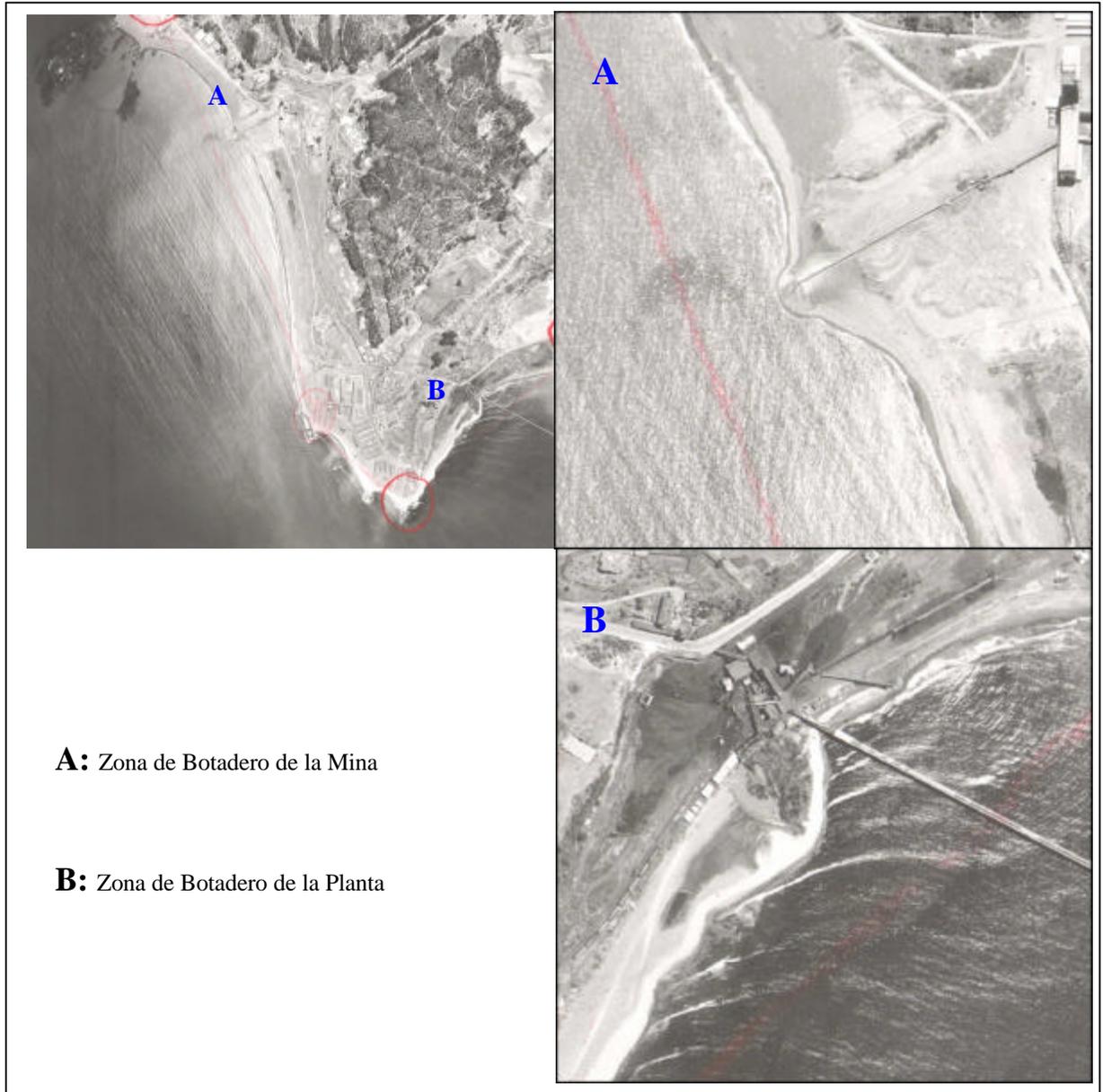


Figura 2 Zonas de Botadero de Tosca

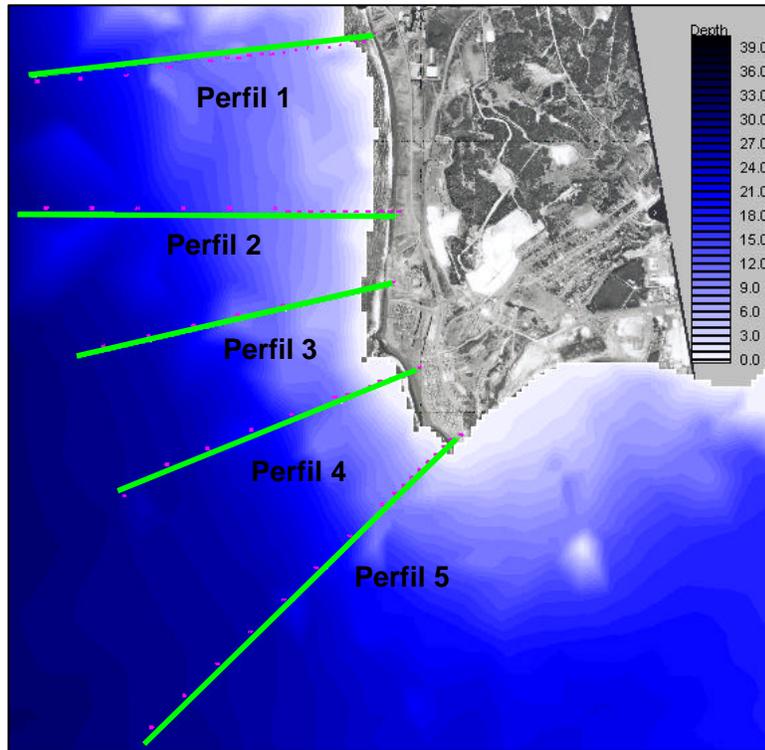


Figura 3 Perfiles Topo-Batimétricos

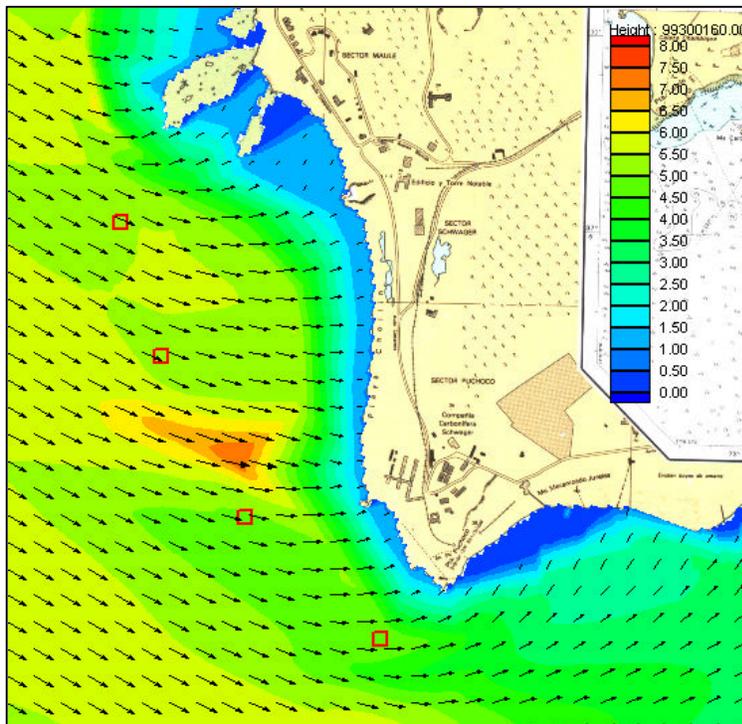


Figura 4 Ejemplo de Resultado de Modelo de Transferencia de Olas STWAVE

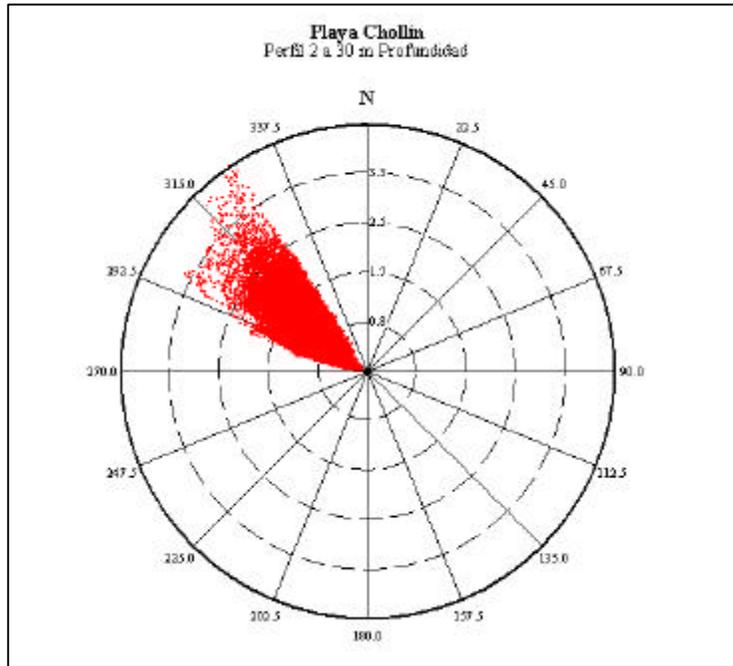


Figura 5 Rosa de Puntos - Altura de Olas (Hmo)– Perfil 2 - 30 metros de profundidad

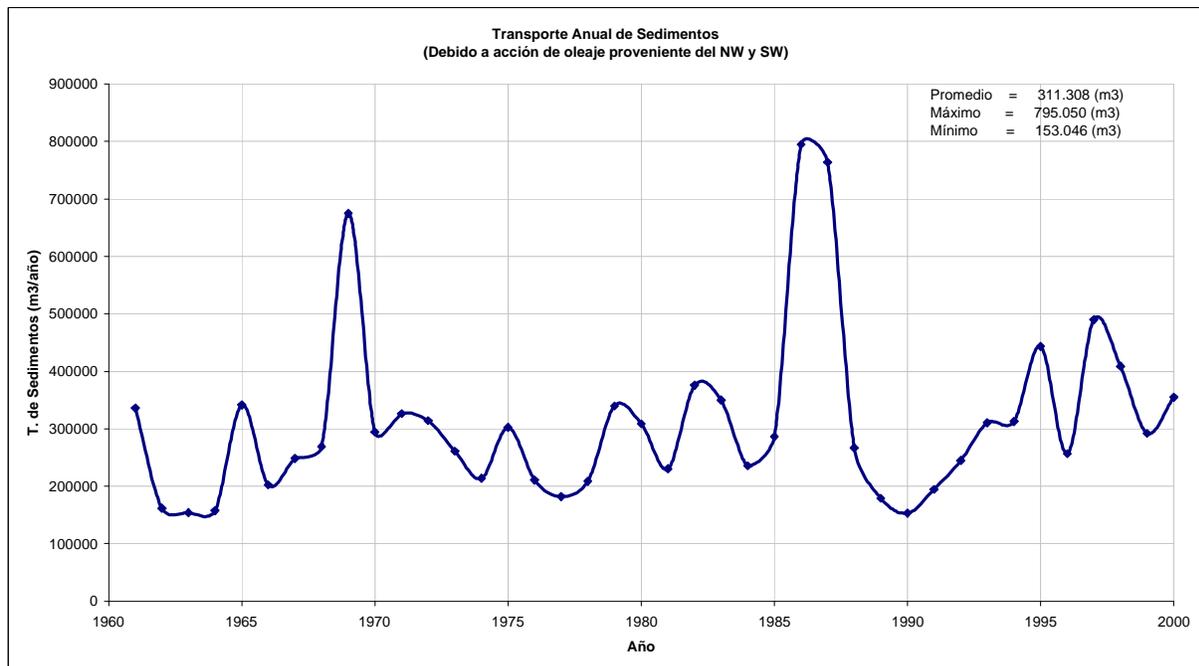


Figura 6 Transporte Litoral Anual Neto Perfil 2



Figura 7 Comparación de la línea de costa entre los años 1967 y 2001

REFERENCIAS

Atria Baird Consultores S.A. (2001). “Proyecto SHOA: Olas Chile, Informe de Resultados del Hindcasting y Entrega de Base de Datos”. Informe Técnico entregado al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

Ingeniería de Puertos (1989), “Bahía de Coronel: Estudio Sedimentológico y Proyecto Obras de Contención y Abrigo para Nuevas Facilidades Portuarias”.

HR Wallingford (1994), “COSMOS-2D (version 2.3) Nearshore Sediment Transport Model Description of Model Structure and Input”.

Nairn R.B., Southgate H.N. (1993), “Deterministic Modelling of Nearshore Processes, Coastal Engineering, Vol 19”.

U.S. Army Corp of Engineers (2001), “STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model User’s Manual, Version 3.0”. Coastal and Hydraulics Laboratory ERDC/CHL SR-01-1.

U.S. Army Corps of Engineers. (2002). “Coastal Engineering Manual. Engineer Manual 1110-2-1100”, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.