

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
XVII CONGRESO CHILENO DE HIDRÁULICA

**EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS DE TRANSFERENCIA DE OLEAJE DESDE
AGUAS PROFUNDAS HACIA AGUAS SOMERAS**

FRANCISCO NICOLAU DEL ROURE.¹
CRISTÓBAL PANTOJA B.²
CHARLES P. FOURNIER³

RESUMEN

Debido a la característica multimodal del oleaje frente a las costas chilenas, las transferencias hacia aguas someras deben ser realizadas asegurando su integridad direccional. Para confirmar la hipótesis de que la transferencia del oleaje desde aguas profundas hacia aguas someras debe ser realizada mediante metodologías espectrales, se realizó una evaluación de las distintas metodologías de transferencia de oleaje con el objeto de identificar la más adecuada para representar el oleaje en las costas de Chile. Se realizaron análisis teóricos y con datos prácticos, utilizando transferencias espectrales y de los parámetros de resumen del clima de olas. Se pudo concluir que es recomendable realizar la transferencia de las olas desde aguas profundas hacia aguas someras con métodos espectrales en dos dimensiones, incluyendo la información direccional.

¹ Ingeniero Civil, Baird & Associates S.A. – fnicolau@baird.com

² Ingeniero Civil, M.Eng., Baird & Associates S.A. – cpantoja@baird.com

³ Ingeniero Civil, M.Sc., M.B.A., P.Eng., Baird & Associates S.A. – cfournier@baird.com

1. INTRODUCCIÓN

Se realizó una evaluación de metodologías de transferencia de oleaje desde aguas profundas hacia aguas someras con el objeto de identificar la metodología más adecuada de transferencia para representar el oleaje en las costas de Chile, mediante la utilización del modelo de propagación STWAVE. Esta investigación constó de dos partes, un análisis teórico y uno práctico. En el análisis teórico se estudiaron casos idealizados de batimetrías utilizando diferentes metodologías de transferencia de olas desde aguas profundas hacia aguas someras, con lo que se formularon hipótesis que luego se corroboraron en la validación práctica. En esta última se realizaron transferencias con datos reales y se compararon con mediciones en aguas someras en el sitio escogido, de modo de verificar las hipótesis planteadas en el análisis teórico.

2. OBJETIVOS

El objetivo de la investigación fue determinar la validez y ventajas comparativas de las distintas metodologías para la transferencia de oleaje desde aguas profundas hacia aguas someras, aplicando cuatro metodologías de transferencia, las cuales se describen a continuación:

- Transferencia por medio de Parámetros de Resumen: La transferencia por medio de parámetros de resumen concentra toda la energía del oleaje en la dirección promedio de la energía (MWD), utilizando además H_{m0} y T_p .
- Transferencia espectral casi-purista: Consiste en simular oleaje unitario ($H_{m0} = 1\text{m}$) utilizando combinaciones de direcciones y períodos de oleaje en aguas profundas, permitiendo esto la construcción de una función de transferencia. Aplicando esta función de transferencia a los espectros 2D se realiza la transferencia espectral en dos dimensiones (T_p y Dir.) hacia aguas someras.
- Transferencia espectral casi-purista modificada: Se realiza un proceso similar al anterior agregando la variable altura, resultando en una transferencia espectral en tres dimensiones (H_s , T_p y Dir.).
- Transferencia espectral purista: se alimenta el modelo de transferencia utilizado con el espectro 2D de aguas profundas y luego se transfiere.

Otros objetivos fueron determinar el efecto de las características direccionales (bimodalidad) del oleaje en el proceso de transferencia, analizar la aplicabilidad de los diferentes métodos de transferencia en función del tiempo de proceso computacional, y estudiar si es que el rompimiento del oleaje afecta en forma significativa a los métodos de transferencia.

3. ANÁLISIS TEÓRICO

Se realizó un estudio teórico en 3 batimetrías idealizadas, simulando transferencias con 4 espectros (también idealizados), utilizando las metodologías antes descritas, utilizando el programa STWAVE (STeady state spectral WAVE model), un modelo espectral para olas cerca de la costa desarrollado por el US Army Corps of Engineers. Luego se realizó una validación práctica, utilizando datos de oleaje en aguas profundas de la Boya Triaxys, medidos fuera de la Bahía de Valparaíso, los que fueron transferidos por medio de las metodologías bajo investigación, comparando los datos resultantes con mediciones en aguas someras.

3.1 Metodologías de Transferencia

En la Figura 1 se muestra la comparación de la transferencia de dos espectros con los mismos parámetros de resumen ($H_{mo} = 4\text{m}$, $MWD = 265^\circ$), pero con diferentes configuraciones. Uno es de carácter unimodal y el otro es bimodal. La transferencia se realizó hacia a un punto de una bahía profunda idealizada que está protegido del oleaje proveniente del SW en una profundidad de 20 metros. Se puede observar en la Figura 1 que el método de transferencia por medio de los parámetros de resumen subestima la altura significativa de la ola del espectro bimodal, y en menor medida del espectro unimodal (H_{mo}), con respecto a los métodos espectrales. Esto se debe a que utilizando los parámetros de resumen y concentrando toda la energía en una dirección (MWD), se pierde la información de la energía que proviene de NW (espectro bimodal), lo que no sucede con los métodos espectrales que consideran en su totalidad el espectro 2D, y por lo tanto las olas provenientes del NW.

En la Figura 2 se muestra la comparación de las transferencias de espectros con diferentes alturas significativas ($H_{mo} = 1, 4$ y 8 metros). La transferencia se realizó hacia un punto, en una batimetría con veriles rectos y paralelos entre sí, en una profundidad de 10 metros. Un aspecto interesante de analizar es la sobreestimación del Método Cuasi Purista de la altura significativa en aguas someras del espectro 1 ($H_{mo} = 8\text{m}$, $MWD = 280^\circ$) en relación con los otros métodos. Esto se produce debido a que el Método Cuasi Purista transfiere olas unitarias, las cuales no rompen en 10 metros de agua, extrae coeficientes y rearma el espectro 2D en aguas someras. Como resultado, la aplicación de este método a una ola de 8.19 metros en aguas profundas, indica que la ola no rompe.

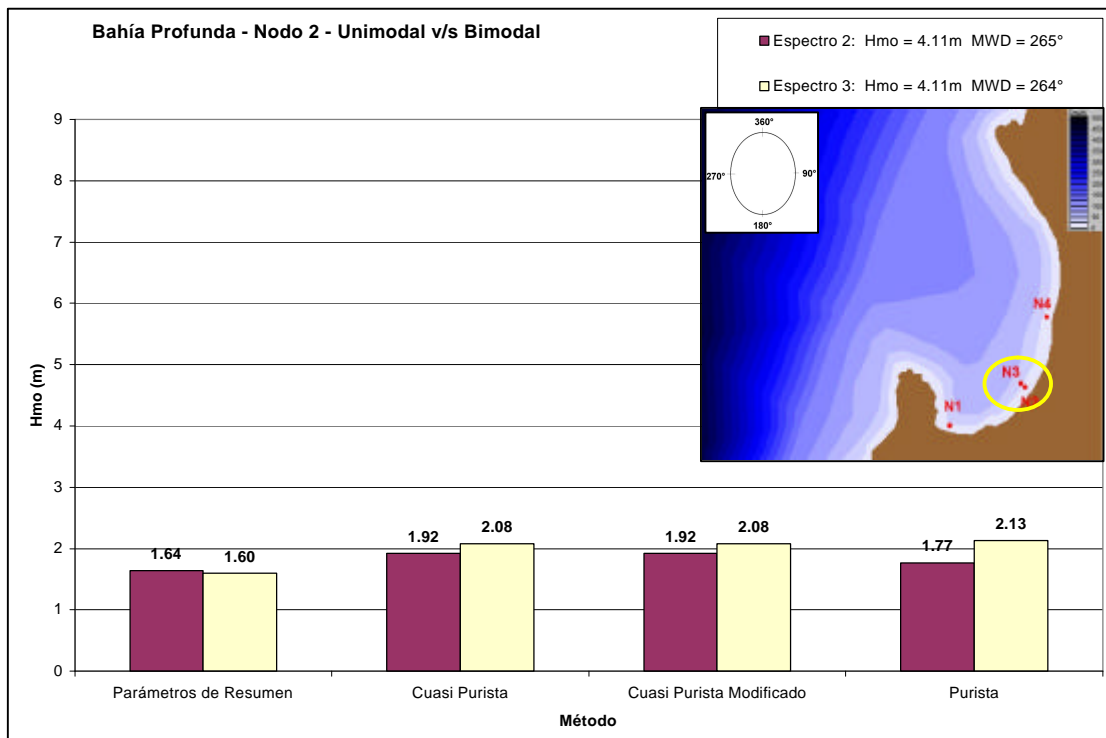


Figura 1 Espectro Unimodal v/s Bimodal

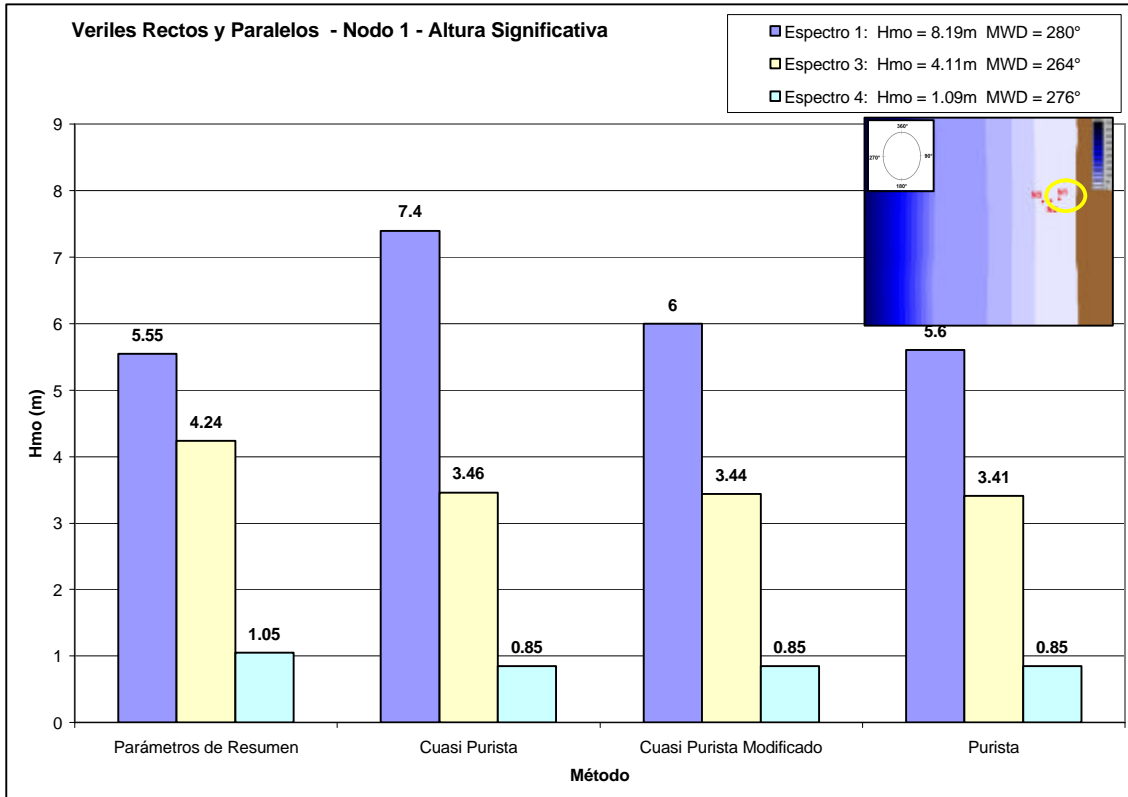


Figura 2 Transferencia de espectros con diferentes alturas significativas.

Como resultado de los análisis que se realizaron, se pueden destacar las siguientes hipótesis:

- Para transferir oleaje de tipo bimodal de una manera confiable, es necesario realizar la transferencia desde aguas profundas hacia aguas someras con una metodología espectral 2D (Figura 1).
- Si en el lugar donde se quiere transferir el oleaje se produce rompimiento de las olas, se debe efectuar la transferencia por medio del método Cuasi Purista Modificado, para así considerar dicho efecto.
- La transferencia de oleaje con el Método Purista utilizando sólo una grilla, tiene la limitación que se pierde parcialmente la energía de las olas que inciden al nodo con más de 60° de desfase con respecto al eje central de la grilla.

4. VALIDACIÓN PRÁCTICA

Con el objeto de comprobar las hipótesis generadas en el análisis teórico, se realizaron transferencias de olas usando las diferentes metodologías con mediciones de oleaje en aguas profundas (Boya Triaxys), que luego fueron comparadas con mediciones en aguas someras (Sensor S4) en la Bahía de Valparaíso (Ver Figura 3).

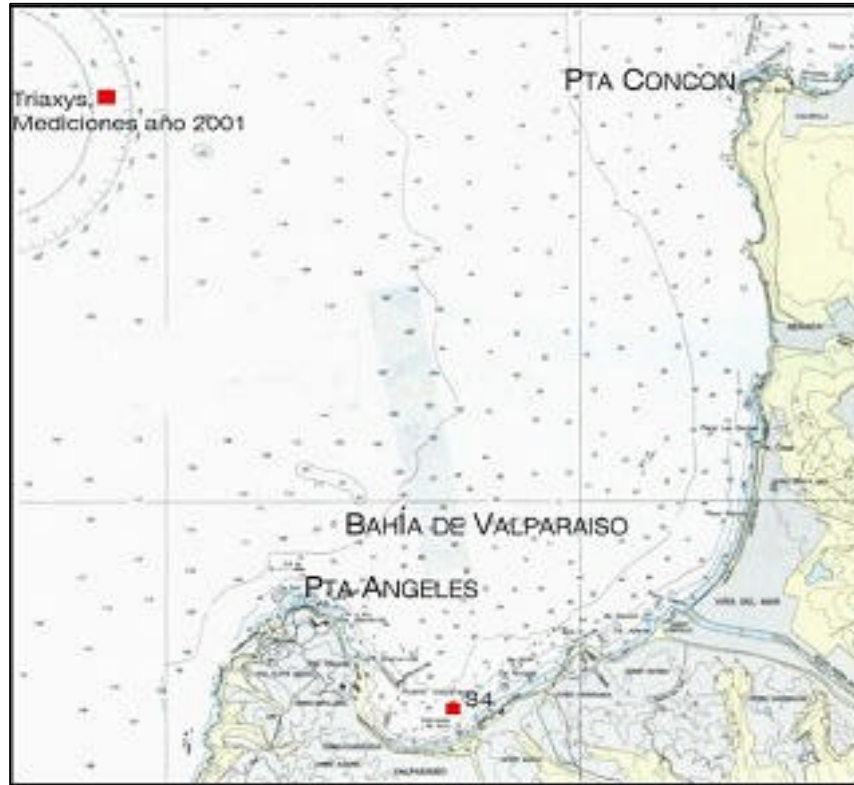


Figura 3 Ubicación Boya Triaxys y sensor S4

En la Figura 4 se muestran las comparaciones de los gráficos de la probabilidad de excedencia de las diferentes metodologías con las mediciones reales. Se observa que las metodologías que mejor se correlacionan con las mediciones son la Cuasi Purista y Cuasi Purista Modificada, y la metodología por medio de los parámetros de resumen claramente subestima la altura de las olas.

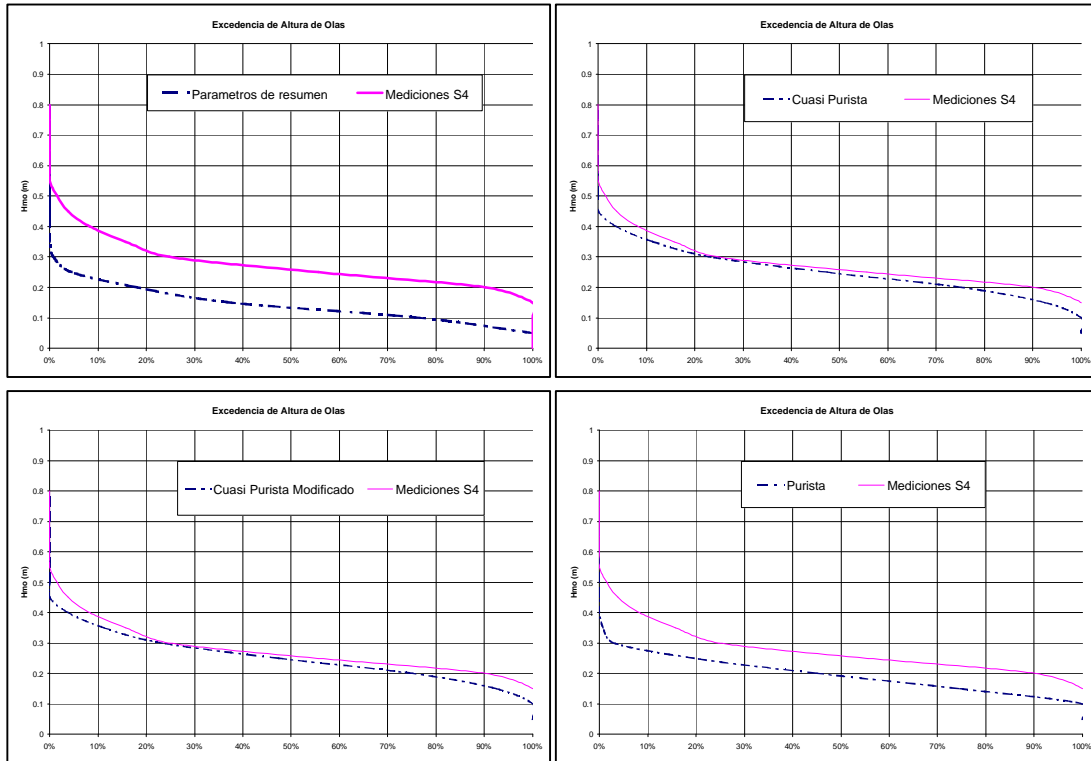


Figura 4 Probabilidad de excedencia de altura de olas

En conclusión se observa que las hipótesis se comprobaron con el análisis práctico:

- Es más adecuada la transferencia por un método espectral cuando se transfiere un clima de olas de carácter bimodal.
- Debido a que el lugar donde se encontraba fondeado el sensor S4 era de 30 metros (no se produce rompimiento del oleaje), los resultados de la metodología Cuasi Purista y Cuasi Purista Modificada entregan resultados similares.
- Se puede apreciar que la transferencia Purista tiende a subestimar la altura de olas debido a que la transferencia se realizó con una sola grilla, y por limitaciones del modelo, los efectos de refracción del oleaje no son correctamente modelados.

5. CONCLUSIONES

En aguas profundas existen diversas fuentes de energía de ola, los seas generados localmente, el swell del SW y del NW, con lo cual se genera un espectro bimodal y en ocasiones, trimodal. Estas fuentes generadoras de olas en aguas profundas deben transferirse en forma individual a la zona del proyecto, para asegurar que han sido consideradas de manera apropiada y que están correctamente representadas en los estudios de la zona. Por este motivo es necesario desarrollar el espectro direccional en aguas profundas, ya que así es posible aislar cada uno de los componentes de olas y transferir los componentes individuales de olas (espectralmente) hasta los sitios de interés.

Luego de realizar un completo análisis de cuatro metodologías de transferencia de olas desde aguas profundas hacia aguas someras, se puede afirmar que es beneficioso efectuar las transferencias de oleaje con algún método espectral, dependiendo esto de las características de las olas en aguas profundas, las características batimétricas de la zona donde se desean transferir las olas, y de la profundidad del punto donde se requiera extraer el oleaje

La conclusión anterior se basa en que la transferencia por medio de parámetros de resumen subestima o sobreestima la altura de ola, dependiendo de la batimetría y el sitio hacia donde se quiere transferir el oleaje, debido a que concentra la energía del oleaje en una sola dirección (MWD) perdiendo mucha información relevante que entrega un espectro de olas en aguas profundas. Por otra parte, las transferencias por medio de los métodos espectrales estiman las olas en aguas someras con mayor precisión, porque consideran la totalidad de la información que entregan los espectros de energía 2D en aguas profundas. Esto es relevante en Chile debido al carácter bimodal del oleaje en aguas profundas.

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*.

Battjes, J.A. (1994), Shallow water wave modeling, *Delft University of Technology, Fac. of Civil Engineering*, Pag. 1-23

Bringham Young University (2001), SMS 8.0 User Manual.

Dean, R.G., Darymple, RA (1991), Water wave mechanics for engineers and scientists, *World Scientific Publishing Co.*, Singapore.

Massel, S.R. (1996), Ocean surface waves: Their Physics and Prediction, *World Scientific Publishing Co.*, Singapore.

Resio, D. (1987), Shallow water waves I: Theory, *J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engr.* 113, Pag. 264-281.

SHOA (2003), Instrucción 3201, 2a Edición.

Smith, J.M., Sherlock, A.R., Resio, D. (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 Corp of Engineers*.

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