

SENSIBILIDAD DE LA BATIMETRÍA PARA ESTUDIOS DE OLEAJE EN CANALES BIDIMENSIONALES

Ignacio Beya Marshall, Gustavo Estay Abiuso y Luis Zamorano Riquelme

Instituto Nacional de Hidráulica, Chile.

E-mail: ignaciobeya@inh.cl, gustavoestay@inh.cl, luiszamorano@inh.cl

Introducción

Para el desarrollo de un modelo numérico o un modelo físico bidimensional de oleaje a lo largo de un perfil de playa es necesario reproducir la batimetría de aproximación al sitio de interés, a fin de capturar los fenómenos físicos del oleaje en su proceso de aproximación.

Se pueden encontrar distintas recomendaciones para la construcción de un perfil transversal. Una recomendación típica corresponde a una extensión mínima de dicho perfil del orden de 3 a 5 longitudes de onda. Este tipo de recomendaciones tienen como fin establecer condiciones de diseño mínima para una buena reproducción del oleaje incidente en la zona de estudio. Respecto a la batimetría, en la práctica general de los modelos físicos bidimensionales, no existe una recomendación explícita al respecto. Cada laboratorio, en conformidad a su experiencia, establece su forma de trabajo y define la resolución y precisión con la cual se reproduce el perfil de fondo para fines de modelación.

De esta manera, el presente trabajo busca establecer algunas recomendaciones para el replanteo de las batimetrías, en particular de la resolución óptima y de las características relevantes de forma que deben ser consideradas en su elaboración y toma de datos. El presente análisis se enmarca exclusivamente para aquellos estudios que consideren la reproducción de oleaje en un perfil transversal de playa, a partir de un modelo físico o un modelo numérico, capaz de resolver la fase, y la rompiente.

Establecer este tipo de criterios para el replanteo de batimetrías permite asegurar una buena representación de los fenómenos físicos estudiados de forma optimizada. Esto es, se evita gastar una cantidad excesiva de recursos en la representación de la batimetría cuando esto no aporta de manera significativa a la calidad de los resultados de oleaje obtenidos.

Metodología

Para analizar la sensibilidad de la batimetría se propone comparar el efecto que tienen distintas batimetrías en la altura y velocidades del oleaje. Se comienza con un caso base, correspondiente a un perfil bidimensional de pendiente constante. A partir de dicho perfil, se generan nuevas batimetrías, utilizando para ello una función periódica, con amplitudes y fases variables. A fin de obtener resultados normalizados, las amplitudes se establecen comparables con la altura del oleaje, mientras que la fase se establece comparable con la longitud de onda del oleaje. De esta forma, se definen distintos escenarios basados en estas dos variables. Las batimetrías se generan y exportan al formato stl mediante una script en lenguaje python confeccionada especialmente para este trabajo. A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestran tres batimetrías con distinta longitud de onda.

Una vez generadas las distintas batimetrías, se comparan mediante la simulación numérica de condiciones de oleaje. Para ello se utiliza distintas aplicaciones pertenecientes al software OpenFOAM. Para generar la malla se utilizan las aplicaciones blockMesh y snappyHexMesh, las cuales permiten discretizar el dominio a partir de las batimetrías generadas anteriormente en

formato stl. Para resolver el oleaje se utiliza la aplicación olaFlow. Esta permite resolver las ecuaciones de flujo para un fluido de dos fases, agua y aire, incorporando condiciones de borde de oleaje periódico. Para obtener tiempos de cómputo razonables, manteniendo una buena representación de los fenómenos físicos a estudiar, se resolvieron las ecuaciones tipo RANS en régimen laminar.

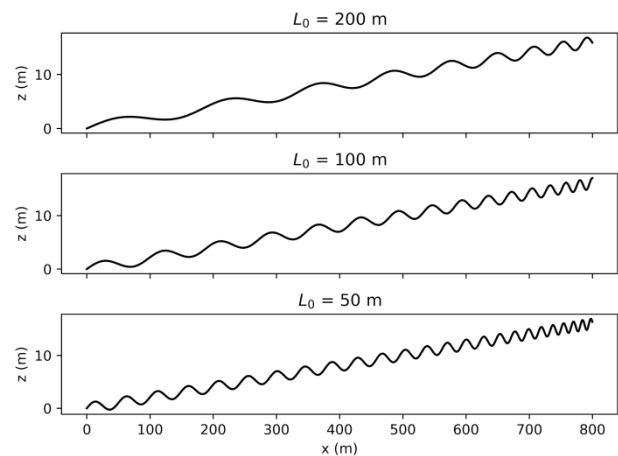


Figura 1.- Batimetrías con perturbaciones sinusoidales de fase variable en la longitudinal.

Los resultados se comparan en posiciones fijas y mediante series de tiempo de altura y velocidad media en la columna de agua. Los resultados relevantes corresponden a puntos cercanos a la rompiente. Además se utilizaron estadígrafos para cuantificar y sensibilizar las diferencias, en función del error entre el caso base y las perturbaciones de fondo.

Posteriormente, se realiza una prueba en una batimetría real. En este caso se considera como base una batimetría detallada. A partir de esta, se generan dos batimetrías simplificadas. Para la comparación de estas batimetrías se realizan simulaciones numéricas de oleaje utilizando la misma metodología descrita anteriormente.

Resultados

En la Figura 2 se presentan, a modo de ejemplo, los resultados del modelo para un oleaje regular de altura $H = 2\text{ m}$ y period $T = 14\text{ s}$, para tres escenarios distintos:

- Caso base con pendiente constante del 2%
- Escenario perturbado con una amplitud $H/4 = 0.5\text{ m}$ y longitud equivalente a la longitud de onda del oleaje $L = L_0$.
- Escenario perturbado con una amplitud $H/4 = 0.5\text{ m}$ y longitud equivalente a la mitad de la longitud de onda del oleaje $L = L_0/2$.

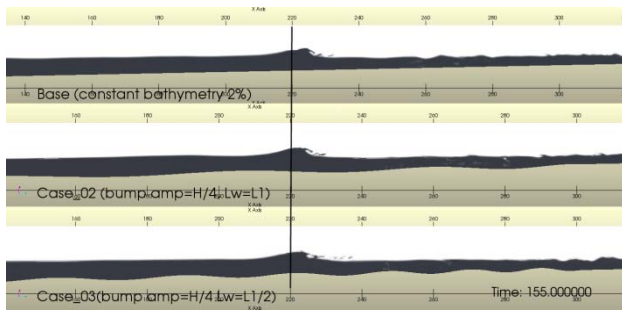


Figura 2.- Comparación de perfiles de oleaje en rompiente.

En la Figura 2 se observan pequeñas diferencias, las cuales se pueden apreciar de mejor manera en las series de tiempo presentadas en la Figura 3. Estas muestran la variación temporal de la superficie libre en un punto anterior y en un punto posterior a la rompiente.

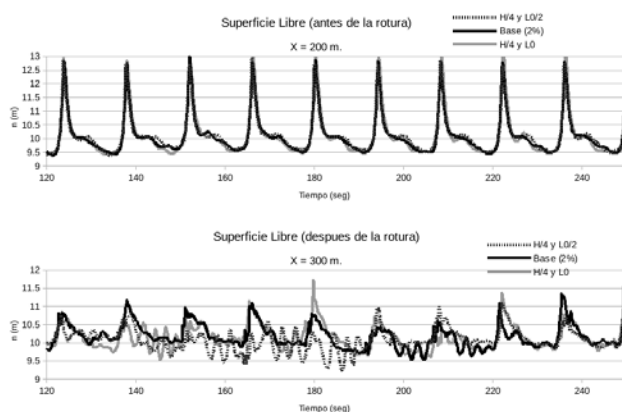


Figura 3.- Perfil de oleaje anterior y posterior a la rompiente en caso base y casos con batimetría modificada.

A continuación se presentan series de tiempo comparando las simulaciones aplicadas a batimetrías reales con niveles de resolución baja, media y alta. En la Figura 4 se muestra un punto anterior a la rompiente mientras que en la Figura 5 se muestra un punto posterior a la rompiente.

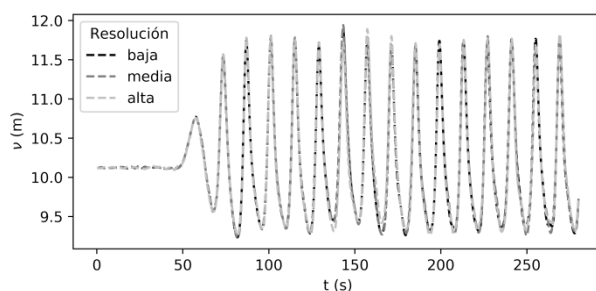


Figura 4.- Series de tiempo simulación con batimetrías reales, punto anterior a la rompiente.

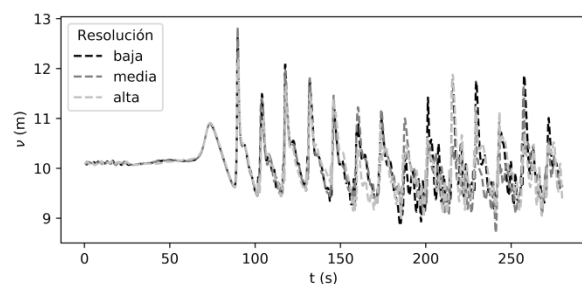


Figura 5.- Series de tiempo simulación con batimetrías reales, punto posterior a la rompiente.

Conclusiones

Se realizó un modelo bidimensional de oleaje en base a una aproximación bifásica utilizando las ecuaciones promediadas de reynolds. La implementación se realizó utilizando el modelo oiaflow.

El modelo se utilizó para realizar simulaciones a objeto de sensibilizar el efecto del detalle de la batimetría en la características del oleaje, en particular de la altura de la ola en las zonas cercanas a la rompiente. De este modo se pudo determinar que la característica fundamental del perfil que debe reproducirse es la pendiente media.

Para el caso de las batimetrías generadas artificialmente, se demostró que las perturbaciones de amplitud menor que la altura media del oleaje, no generan modificaciones importantes (< 10%) de la altura del oleaje máxima antes de la rompiente. Por otra parte, posterior a la rompiente, se observa lo contrario, es decir que existen modificaciones en las condiciones de altura y escurrimiento del flujo que no son despreciables (> 10%).

En el caso de estudio de una batimetría real se apreció el mismo comportamiento. Antes de la rompiente se observa un comportamiento similar del oleaje para la batimetría detallada y las simplificadas. Sin embargo, existen diferencias apreciables para un punto posterior a la rompiente.

De esta manera se concluye que en el caso de modelos donde la zona de interés se encuentre antes de la rompiente, se puede simplificar los perfiles de playa siempre y cuando se capture en la simplificación la pendiente media. Por otra parte, en caso de que la zona de interés se encuentre después de la zona de la rompiente, se concluye que es necesario contar con un perfil detallado de la batimetría.

Referencias

- Hoffmans, G.J.C.M. and H.J. Verheij (1997). *Scour Manual*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Maynard, S.T. (1995). "Gabion-Mattress Channel-Protection Design". *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 121, No. 7, July 1995, pp. 519-522.
- Pilarczyk, K. W. (2001). "Unification of Stability Formulae for Revetments". *Proceedings of the IAHR XXIX International Congress*, Beijing, China.
- Higuera, P. (2015). Application of computational fluid dynamics to wave action on structures. PhD. Universidad de Cantabria.
- Higuera, P., Losada, I. J., & Lara, J. L. (2015). Three-dimensional numerical wave generation with moving boundaries. *Coastal Engineering*, 2015, vol. 101, p. 35-47.
- Higuera, P., Lara, J. L., & Losada, I. J. (2014). Three-dimensional interaction of waves and porous coastal structures using OpenFOAM®. Part I: Formulation and validation. *Coastal Engineering*, 2014, vol. 83, p. 243-258.
- Higuera, P., Lara, J. L., & Losada, I. J. (2014). Three-dimensional interaction of waves and porous coastal structures using OpenFOAM®. Part I: Formulation and validation. *Coastal Engineering*, 2014, vol. 83, p. 243-258.
- Higuera, P., Lara, J. L., & Losada, I. J. (2013). Simulating coastal engineering processes with OpenFOAM®. *Coastal Engineering*, 2013, vol. 71, p. 119-134.
- Stagonas, D., Higuera, P., & Buldakov, E. (2017). Simulating Breaking Focused Waves in CFD: Methodology for Controlled Generation of First and Second Order. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 2017, vol. 144, no 2, p. 06017004.