

EXPERIENCIAS SOBRE LA APLICACIÓN DE MODELOS CFD PARA EL ESTUDIO DE LA ACCIÓN OLEAJE

Nicolás Tomazin¹ y Martín Sabarots Gerbec²

¹Programa de Hidráulica Marítima - LHA-INA,

²Programa de Hidráulica Computacional – LHA-INA. Buenos Aires – Argentina.

E-mail: ntomazin@ina.gov.ar, msgerberc@ina.gov.ar

Introducción

Los avances recientes en el campo de la modelación numérica han permitido incorporar nuevas herramientas de análisis orientadas especialmente a representar la interacción entre olas y estructuras, permitiendo el desarrollo de estudios que eran encarados tradicionalmente mediante el desarrollo de modelos físicos.

Las nuevas técnicas de simulación utilizan modelos RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes), basados en ecuaciones que provienen de aplicar la descomposición de Reynolds a las ecuaciones de Navier-Stokes, por lo que consideran el fluido como un medio continuo y tienen la capacidad de reproducir correctamente los perfiles de presión y velocidad a lo largo de la columna de agua al carecer de hipótesis de partida simplificadas. Estos modelos están siendo ampliamente utilizados en la práctica de la ingeniería hidráulica en diferentes tipos de aplicaciones, como es el caso de diseño de estructuras de alivio (vertederos, cuencos de disipación), conducciones a presión, sistemas de esclusado, y otros.

Para el caso particular de la aplicación en estudios vinculados a la interacción de estructuras con olas se ha desarrollado el solver IHFOAM (Higuera, 2015), el cual utiliza la plataforma del código abierto OpenFOAM y permite reproducir un conjunto de condiciones de borde necesarias para representar los procesos físicos más comunes en las modelaciones de la hidráulica marítima.

Este trabajo presenta dos casos concretos donde la modelación realizada mediante CFD se presenta como complemento de los estudios desarrollados mediante modelación física bidimensional en escala reducida llevada a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua de Argentina.

Los dos ejemplos presentados consisten en la evaluación de la trepada y el sobrepaso sobre una estructura lisa dispuesta como muro de coronamiento sobre una represa, y la evaluación de la transmisión del oleaje para una escollera rebasable diseñada para funcionar como defensa de costa en aguas poco profundas.

Metodología

En ambos casos de estudio, las mismas condiciones de ensayo consideradas para la modelación física fueron replicadas mediante la implementación del modelo numérico IHFOAM, respetando las dimensiones de los ensayos, con la misma escala geométrica y simulando idénticas condiciones de borde.

La aplicación de IHFOAM demandó, en primera instancia, la búsqueda de una malla de cálculo adecuada para una representación eficiente de cada problema. Ello requirió una serie de ensayos orientados a obtener una configuración que permitiera mantener acotados los tiempos de cálculo sin resagnar la calidad del resultado.

En este procedimiento se evaluaron diferentes configuraciones para la discretización del modelo (malladas de cálculo). Como

resultado de dicho procedimiento se seleccionaron, una malla con una discretización uniforme de 1cm x 1 cm, y otras dos con discretizaciones de 0.5 cm x 1 cm, y de 0.5 cm x 0.5 cm, respectivamente. Las mismas fueron utilizadas en diferentes instancias de los estudios de acuerdo con la necesidad de simular distintos escenarios de interés para las evaluaciones.

Para la representación de oleaje se simuló un conjunto de escenarios caracterizados espectros de densidad de energía tipo JONSWAP.

Como resultado de las simulaciones se obtuvieron series temporales de la variación de la superficie libre a partir del procesamiento del registro del campo α en ubicaciones especialmente seleccionadas. Se aplicaron las mismas técnicas de análisis utilizadas en la modelación física destinadas a la separación de las componentes de energía incidente y reflejante, y para la obtención de los parámetros que permiten la caracterización del oleaje. Un ejemplo que ilustra el resultado de este procedimiento se presenta en las Figuras 1 y 2.

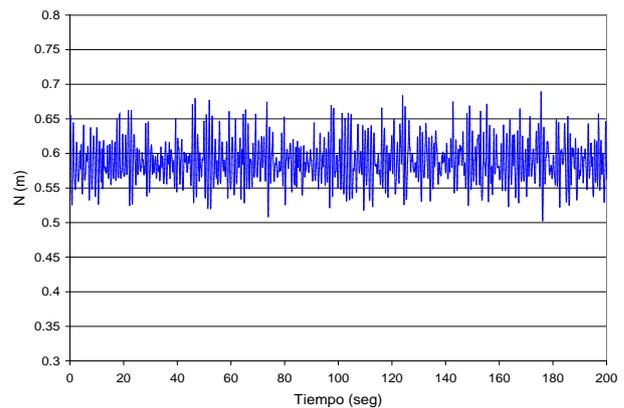


Figura 1.- Resultados de la modelación de IHFOAM: Serie de tiempo del campo α para un punto de registro.

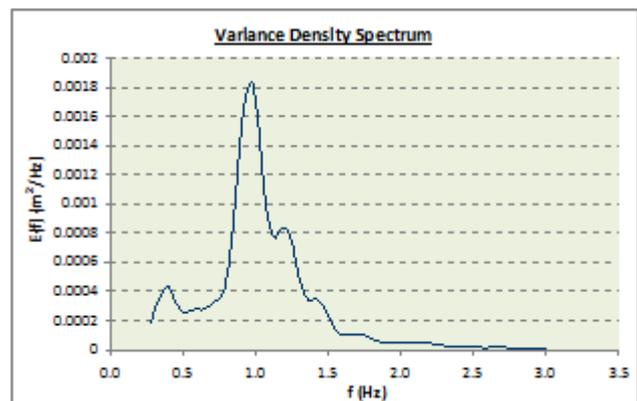


Figura 2.- Espectro de densidad de energía caracterizando un oleaje de $H_s=0.12$ m y $T_p=0.97$ s.

Dentro de las ventajas que presenta la modelación numérica se debe mencionar la disponibilidad de un amplio conjunto de

herramientas de visualización y posprocesamiento de resultados que ofrecen la posibilidad de analizar detalles que no siempre son abordables desde la modelación física.

La Figura 3, a modo de ejemplo, muestra un instante dado de la simulación donde puede apreciarse la variación de la superficie libre dentro del canal de modelación.

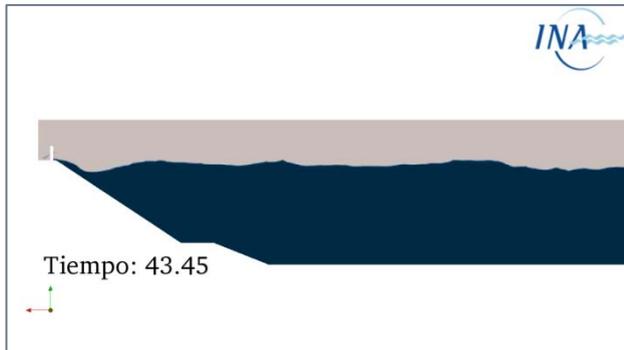


Figura 3.- Imagen de la propagación del oleaje dentro del canal para un instante dado de la modelación.

Resultados

Las simulaciones numéricas para la representación del sobrepaso sobre la estructura lisa consistió en la representación de un conjunto de escenarios hidrodinámicos de interés para el proyecto caracterizados por un valor de referencia para el nivel estático N y un espectro de oleaje tipo JONSWAP con altura significativa de ola (H_s) y período de pico (T_p) determinados.

Para el cómputo del caudal de sobrepaso generado por el oleaje sobre la estructura se definió una sección de salida (condición de borde) encima del parapeto vertical en la cual se registró el valor de α y la velocidad del flujo para cada instante de la simulación. Combinando estas dos variables se obtuvo un caudal instantáneo que permite conocer el volumen total erogado mediante una integración en el tiempo para la duración total de cada ensayo numérico.

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de cinco simulaciones realizadas a modo de evaluación preliminar del proyecto. Los valores que caracterizan las condiciones hidrodinámicas en dicha tabla se encuentran referidos al modelo, mientras que los caudales de sobrepaso (litros/s) corresponden a valores medios por unidad de ancho asociados al prototipo (escala de modelo 1:40), permitiendo de esta manera tener una interpretación más apropiada de los resultados.

Tabla 1.- Resultados de la simulación de sobrepaso.

Número de ensayo	Escenario Hidrodinámico			Q sobrepaso (l/s/m)
	Hs (m)	Tp (s)	N (m)	
1	0.065	1.07	0.58	3.1
2	0.066	1.09	0.60	4.9
3	0.067	0.98	0.65	8.4
4	0.079	0.97	0.59	13.3
5	0.080	1.00	0.65	29.6

Asimismo, la Figura 4 presenta la curva de sobrepaso construida en términos adimensionales con los valores obtenidos en los diferentes ensayos realizados

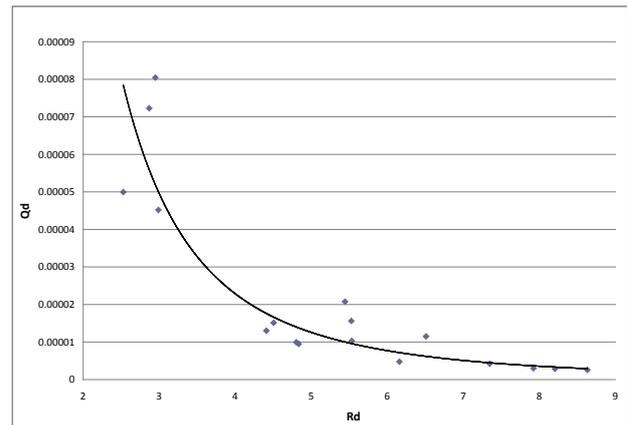


Figura 4.- Curva de sobrepaso para el perfil estudiado mediante la aplicación de IHFOAM.

Para el caso de la escollera de bajo coronamiento el interés del estudio consistió en evaluar la capacidad de IHFOAM para la modelación de estructuras porosas. Para ello se realizaron una serie de ensayos numéricos replicando las pruebas desarrolladas en modelo físico donde se midieron para cada escenario de análisis condiciones de oleaje delante y detrás de la estructura, simultáneamente. A partir de dicha información de determinaron propiedades de transmisión y reflexión del oleaje para la estructura evaluada.

Conclusiones

El análisis presentado en este trabajo permitió comprobar la capacidad del modelo IHFOAM para la representación de un sistema de interacción ola-estructura que comprende la generación, propagación y absorción del oleaje dentro de un canal bidimensional.

Mediante la réplica de los ensayos realizados en un modelo físico se pudo profundizar la evaluación del modelo numérico. Al mismo tiempo, al ser validado mediante el contraste de las mediciones en ambos sistemas, el modelo numérico se presenta como una herramienta eficaz que amplía significativamente las posibilidades de análisis que conforman los alcances del estudio.

Referencias bibliográficas

- De Waal, J.P. and J.W. van der Meer (1992). Wave runup and overtopping on coastal dikes. ASCE, Proc. ICCE, Ch. 134, p. 1758-1771, Venice, Italy
- Godá, Y. and Suzuki, Y. (1976). Estimation of Incident and Reflected Waves in Random Wave Experiments. Proc. 15th ICCE, Vol.1, pp. 828-845, Honolulu, USA.
- Higuera, P. (2015). Aplicación de la dinámica de fluidos computacional a la acción del oleaje sobre estructuras. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente.
- Higuera, P., Lara, J. L., and Losada, I. J. (2014). Three-dimensional interaction of waves and porous coastal structures using OpenFOAM. Part I: Formulation and validation. Coastal Engineering, 83:243-258.
- U.S. Army Corps of Engineers (2002). Coastal Engineering Manual. Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (in 6 volumes).