

REFLEXIONES SOBRE EL EMPLEO DE MODELOS NUMÉRICOS “USER FRIENDLY” EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA MARÍTIMA.

G. Chamorro¹, J.M. Galán¹, V. Negro², J.J. Muñoz³, P. Cabrera³, A. Contreras³

- ¹. ETSI Univ. Sevilla, Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, Camino de los Descubrimientos S/N, 41092. Sevilla. gchamorro1@us.es, mfernan@us.es
- ². ETSICCP U.P.M. Grupo de Medio Marino, Costero y Portuario, Campus Ciudad Universitaria, C/ Prof. Aranguren, 3, 28040. Madrid. vicente.negro@upm.es
- ³. Grupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Univ. Cádiz, Puerto Real, 11510. Cádiz. juanjose.munoz@uca.es, antonio.contreras@uca.es, pablo.cabrera@acoport.es

RESUMEN

El empleo de modelos numéricos avanzados en el desarrollo cotidiano de la profesión como ingeniero marítimo es un hecho innegable e irrenunciable. Los procedimientos manuales clásicos de propagación de oleajes en fondos con batimetría recta y paralela o fondo de profundidad constante, con los que se han diseñado muchos de los puertos españoles de otras épocas, han quedado relegados al ámbito de los estudios de encaje preliminar y anteproyectos (Chamorro Sosa, et al.2016).

La enorme potencia computacional que el ingeniero marítimo tiene hoy a su alcance y la eficiencia de los modelos matemáticos existentes contrasta con el insuficiente conocimiento que, por lo general, éste dispone de las bases e hipótesis básicas con las que se han desarrollado estos modelos, lo que los convierte en auténticas “cajas negras” de excelente interfaz y fácil empleo (*“user friendly”*), pero que podrían generar resultados espurios alejados de la realidad que pasan fácilmente desapercibidos (Muñoz-Pérez, et al. 2010).

Más allá de la hipótesis de onda de pequeña amplitud de la teoría lineal de ondas, existen otras limitaciones mucho menos conocidas. Tal es el caso del planteamiento de las condiciones de contorno (CDC) en problemas de propagación de tipo elíptico como la Mild-Slope Equation (MSE) (Berkhoff.1976). Dichas CDC dependen del ángulo con el que las ondas reflejadas por los bordes físicos del dominio de integración cerrado alcanzan dichos contornos, siendo este ángulo desconocido a priori. Los modelos existentes en el mercado ofrecen sólo soluciones aproximadas a este problema. Cuando la estimación que el modelo matemático hace del ángulo de aproximación del potencial de velocidad al contorno no es afinada, éste genera una onda reflejada espuria hacia el interior del dominio de integración que se superpone y contamina la solución numérica; el usuario debería ser consciente siempre de ello.

Con frecuencia, el ingeniero dedicado al ejercicio de la profesión y usuario de este tipo de software comercial está alejado del mundo de los modelos numéricos, y viceversa. Se evidencia, por tanto, un importante escollo entre los dos mundos que resulta sorprendente. Los manuales de uso y referencia de los modelos matemáticos comerciales son excelentes textos en los que se indican explícitamente las bases teóricas e hipótesis de partida de los modelos; no esconden las limitaciones de sus modelos pero a la postre resultan muy difíciles de entender para muchos ingenieros usuarios de la herramienta informática con probada y extensa experiencia profesional pero alejados de los entresijos de los métodos numéricos en ingeniería.

En el artículo se expondrán varios modelos que simulan fenómenos de propagación simples y bien conocidos: difracción en una dársena portuaria, propagación de onda sobre fondo constante, etc. El empleo de modelos tan sencillos facilita que el lector disponga de una batería de ejemplos de verificación que pongan de manifiesto los problemas y limitaciones de los modelos numéricos al emplear CDC de primer orden.

Se empleará un modelo de elementos finitos de la ecuación elíptica lineal de la MSE, desarrollado por los autores, en el que de forma muy gráfica e intencionada se observan y

comparan los resultados del modelo, simplemente cambiando las condiciones de contorno o la geometría del dominio de integración, como se observa en las siguientes figuras.

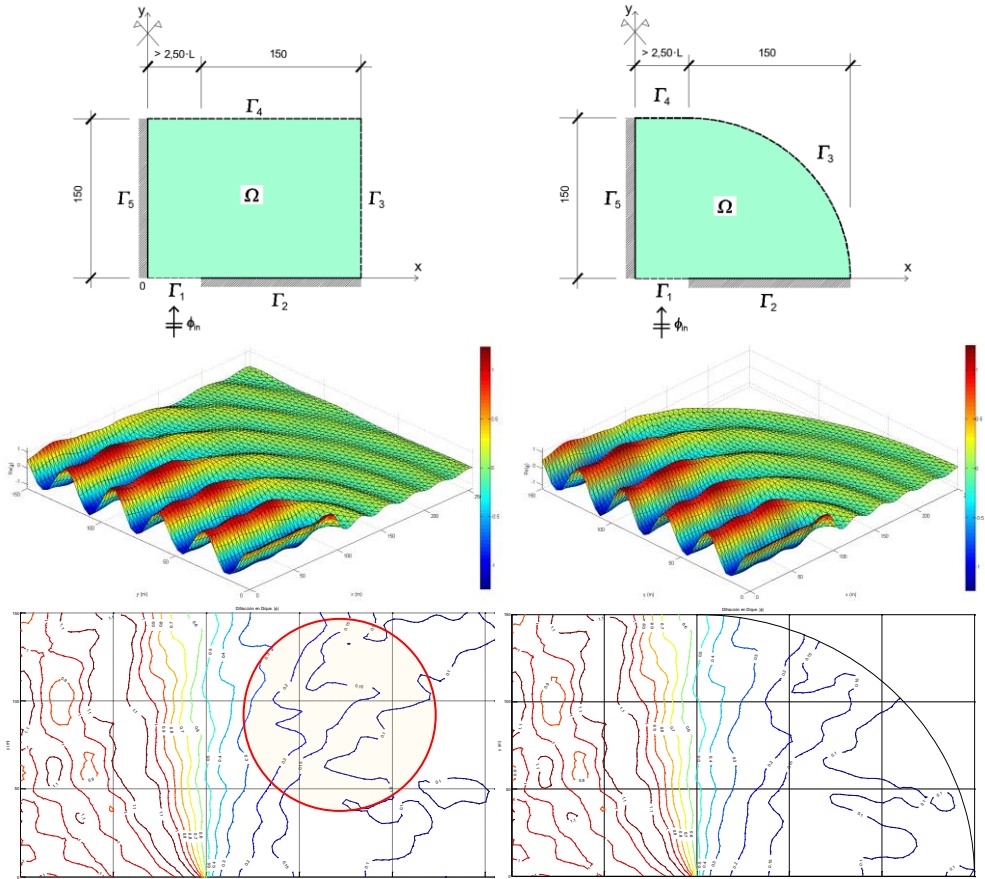


Figura 1. Resultados del modelo MSE en caso de difracción en bocana ancha ($B > 5L$). Se ha simulado el mismo problema de propagación pero con geometrías del dominio distintas. Aunque aparentemente ambos modelos simulan bien el fenómeno de difracción, se observan diferencias entre los resultados de ambos modelos en la zona de sombra de la dársena, originadas por una onda espuria reflejada por los contornos.

REFERENCIAS

- Berkhoff, J., 1976. «*Mathematical Models for Simple Harmonic Linear Water Waves. Wave Diffraction and Refraction*». Delft Hydraulics Laboratory. Publication No.163.
- Chamorro Sosa, G., 2016. «*Modelización Numérica de los Fenómenos de Propagación del Oleaje. Aplicación del MEF a la Ecuación de la Pendiente Suave (Mild-Slope Equation)*», Tesis de Máster. Universidad de Sevilla.
- Chamorro Sosa, G., Cabrera, P., Muñoz-Perez, J.J., 2016. «A Return to the 'Rules of Thumbs' in Maritime Engineering for Digital Native Students», 9th Annual International Conference of Education, Research and Innovation. Proceedings of ICERI2016 Conference. ISBN: 978-84-617-5895-1/2340-1095. 10.21125/iceri.2016.0134. pp. 1522-1531.
- Muñoz-Pérez, J.J., Caballero, I., Tejedor, B., Gómez-Pina, G, 2010. «Reversal in Longshore Sediment Transport without Variations in Wave Power Direction», *Journal of Coastal Research*, vol. 26, n° 4.