

Simulación de arrastres marinos mediante el método de elementos finitos.

A. Rodríguez¹, J.A. Armesto¹, C. Barrera¹, R. Guanche^{1*}

1. Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España. Email: guancher@unican.es

1. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo de estructuras flotantes, como plataformas eólicas, ha aumentado el uso del espacio marítimo y conlleva un incremento del número de operaciones marinas y de su complejidad, donde el arrastre de los dispositivos mediante cables o cadenas es un aspecto crítico. Por otro lado, los sistemas de remolque submarinos también se utilizan en numerosas aplicaciones como sonares, exploración del suelo oceánico o pesca. Para minimizar el riesgo en estas operaciones es importante estudiar la dinámica de las líneas de arrastre. En muchas ocasiones es necesario emplear métodos numéricos que permitan analizar los procesos físicos que intervienen en el problema.

En este trabajo se ha adaptado un modelo numérico para estudiar las maniobras de arrastre de cuerpos flotantes o sumergidos. Se describen los pasos seguidos para incluir amortiguamiento interno en el modelo e imponer las condiciones de contorno del problema de arrastre. Se muestra también la validación del código y su uso en ejemplos de arrastres de cuerpos flotantes y sumergidos, a escala real y con distintas configuraciones.

2. MODELADO NUMÉRICO

El desarrollo del modelo numérico se ha basado en el método de elementos finitos descrito en [1], mejorándolo al considerar también el amortiguamiento interno de las líneas, mediante el modelo de muelle de Rayleigh, como se explica en [2]. Esta mejora supone la atenuación de las vibraciones axiales de la cadena, un fenómeno físico real. Numéricamente, la mejora permite una reducción del coste computacional, ya que los métodos iterativos de integración temporal alcanzan antes convergencia si la vibración es menor. Además, se comprobó que al introducir el amortiguamiento interno aumentó la precisión al predecir tensiones máximas en las líneas de arrastre. Se modificaron también las condiciones de contorno, describiéndose una metodología que permite acoplar el movimiento de la línea con el del objeto arrastrado.

Para la validación del modelo propuesto se utilizaron los resultados experimentales publicados en [3] y en [4]. Los experimentos consisten, respectivamente, en una esfera que cuelga de un cable y oscila verticalmente y en un cable que cuelga de ambos extremos y al ser liberado de uno de ellos comienza a balancearse, como se muestra en la Figura 1.

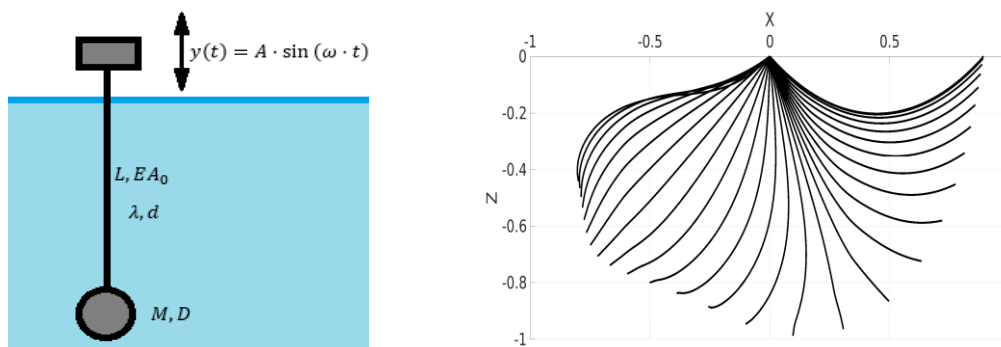


Fig 1. Experimentos empleados para la validación del modelo.

La elección de estos experimentos se debe a que en ambos se producen picos pronunciados en la tensión del cable, y se deseaba comprobar la capacidad del modelo para predecirlos. El modelo fue exitosamente validado y además se estudió la sensibilidad de los resultados al número de nodos y al parámetro de amortiguamiento interno. Se observó la importancia de calibrar adecuadamente el parámetro de amortiguamiento interno.

3. RESULTADOS

Por último, tras dar por validado el modelo, se estudiaron casos de aplicación con datos reales de plataformas y líneas de arrastre. Se consideraron tanto estructuras flotantes como submarinas. Para el caso de estructuras flotantes, se consideraron configuraciones con cuerpos intermedios en la línea de arrastre, como se muestra en la Figura 2.

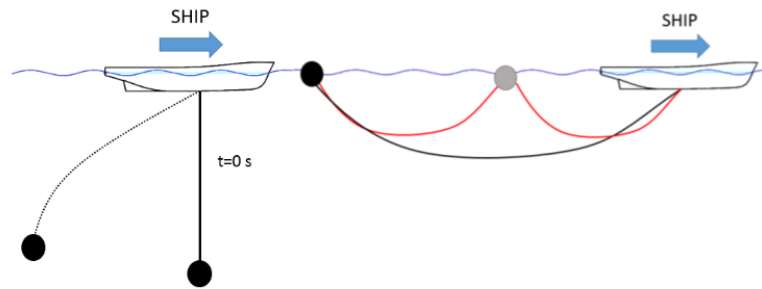


Fig 2. Disposiciones de los distintos sistemas de arrastre estudiados.

Con el modelo propuesto se pudo analizar la forma de las líneas de arrastre y sus tensiones, en función de diversos parámetros como la longitud de las líneas, el peso de las plataformas, la velocidad del barco o la posición del cuerpo intermedio. Los resultados obtenidos han sido justificados y son una muestra del potencial del modelo como herramienta para el diseño, análisis y optimización de sistemas de fondeo.

REFERENCIAS

- [1] O.M. Aamo and T.I. Fossen. Finite element modelling of mooring lines. *Mathematics and Computers in Simulation*, 53(4-6):415 - 422, 2000.
- [2] José Azcona. *Computational and Experimental Modelling of Mooring Line Dynamics for Offshore Floating Wind Turbines*. Universidad Politécnica de Madrid.
- [3] Z. H. Zhu. Dynamic modelling of cable system using a new nodal position finite element method. *International journal for numerical methods in biomedical engineering*, 26: 692-704, 2010.
- [4] C. G. Koh and Y. Zhang and S. T. Quek. Low-Tension Cable Dynamics: Numerical and Experimental Studies. *Journal of Engineering Mechanics*, 125(3): 347-354, 1999.