

## ENFOQUE ACTUAL DEL CÁLCULO DEL UMBRAL OPERATIVO DE BUQUES AMARRADOS: NUEVAS VÍAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE LA AGITACIÓN Y LA RESPUESTA DEL BUQUE.

R. MOLINA<sup>1,2,4</sup>, A. CAMARERO<sup>2</sup>, M. CABRERIZO<sup>2</sup>, R. GÓMEZ<sup>2</sup>, F. DE LOS SANTOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Civil. Transportes. UPM, Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040,

Madrid. [rafael.molina@upm.es](mailto:rafael.molina@upm.es)

<sup>2</sup> Harbour Research Laboratory. HRL-UPM. Laboratorio de Puertos. Cátedra Pablo Bueno. ETSICCIPI. Universidad Politécnica de Madrid. Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040

<sup>3</sup> Autoridad Portuaria de Algeciras. Algeciras. f Avda. de la Hispanidad, 2 11207 Algeciras, Cádiz

<sup>4</sup> TYPESA. Técnica y Proyectos S.A. C/ Gomera 7. San Sebastián de los Reyes. Madrid

### INTRODUCCIÓN

La tendencia a la automatización de las operaciones portuarias tiene como objetivo mejorar la competitividad del sistema (Carlo et al., 2014). Por ello, un pilar clave en el diseño de una terminal portuaria es el estudio de los riesgos operativos. Por lo tanto es necesario conocer la probabilidad de ocurrencia de la superación de los umbrales operativos, el número de paradas y la duración de las mismas para reducir los costes del tránsito de la mercancía a su paso por un puerto. En este sentido, la agitación excesiva en el interior de una dársena y en una línea de atraque disminuye la calidad de la estancia de las embarcaciones, reduce el rendimiento de las operaciones de carga y descarga de los buques y provoca que los cuerpos flotantes amarrados soliciten y fatiguen las estructuras. Si la magnitud de los parámetros que definen la agitación local se aproximan a las regiones de fallo o parada, el subsistema pierde rendimiento, fiabilidad y finalmente se paralizan las operaciones, produciéndose de este modo tiempos de inactividad. Estas paradas operativas conllevan pérdidas económicas para los buques a los que se da servicio, para la terminal y, consecuentemente, para el puerto.

Hoy día se dispone de una extensa red de monitorización y modelización destinada a la caracterización del medio físico en el entorno de los puertos (Puertos del Estado, 2013). Paralelamente, las operaciones de manipulación de cargas en las terminales se están dirigiendo hacia modelos de automatización o semi-automatización, favorecidos por el proceso de normalización de las cargas, que permiten no sólo la sistematización de procesos, sino también un profundo conocimiento del flujo de tareas (Gómez 2014). En este contexto, se observa un déficit de información sobre cómo afectan los diferentes forzadores del medio físico al rendimiento, a la seguridad y funcionalidad del proceso de manipulación de carga y descarga de un modo particularizado para cada línea de atraque y amarre de un puerto.

El enfoque tradicional del análisis de la operatividad en líneas de atraque y amarre relaciona los movimientos máximos admisibles de un buque con la agitación que los produce. Las guías y recomendaciones del sector portuario durante los años 80, 90 y primera década de este siglo (Programa ROM, 1990, 2001 y 2011; Thoresen, 2010; Velsink, 1987) han tratado de relacionar los umbrales climáticos con el nivel de eficiencia del subsistema. De este modo se establece que si los parámetros que definen la agitación local, altura de ola principalmente, sobrepasan magnitudes concretas, las operaciones se han de paralizar. Esta relación se edifica sobre estudios de modelización numérica y física, así como sobre la limitada experiencia de monitorización en campo, dada su dificultad técnica y un alto coste asociado. Cualquiera de las tres vías mencionadas no permiten mas que una aproximación al análisis probabilista de la relación entre la magnitud del agente y la pérdida de eficiencia, pues ésta está condicionada a las tipologías estructurales de las obras de

ataque, a las características del buque que opera, al tipo de carga y, finalmente, con los medios de manipulación disponibles

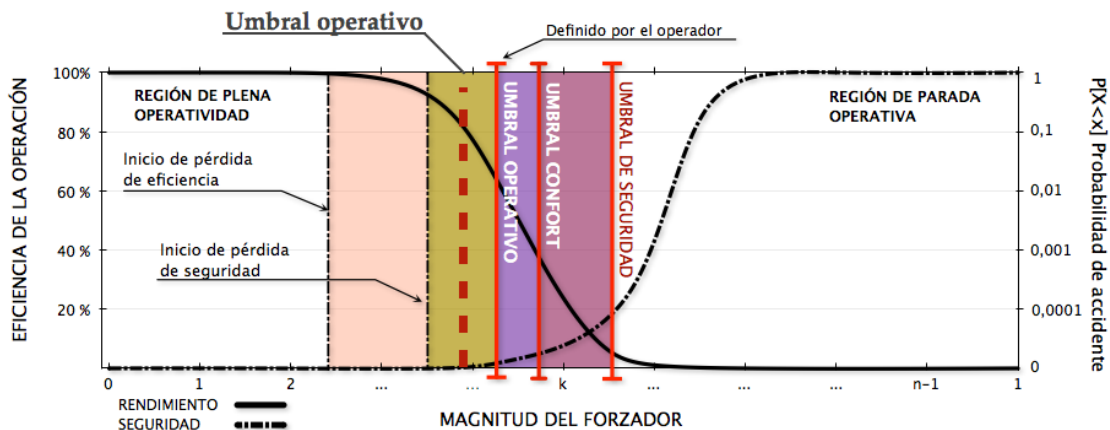


Figura 1. Relación entre la pérdida de eficiencia de una operación de carga y descarga y la magnitud de un forzador del médico físico.

Por ello, el Organismo Público Puertos del Estado (Ministerio de Fomento, Gobierno de España), la Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras y la Universidad Politécnica de Madrid están trabajando en el desarrollo e implantación de metodologías y técnicas que permitan la monitorización de las operaciones del buque atracado tanto en áreas portuarias como en laboratorios de experimentación, con el fin de desarrollar nuevas vías para elaborar indicadores operativos. En esta ponencia se analizarán las limitaciones del enfoque actual para la determinación del umbral operativo de un buque atracado forzado por oleaje. También se examinarán las variables que definen dicho umbral, así como la necesidad de introducir nuevas vías de monitorización y modelización del forzamiento oscilatorio y su respuesta, todo ello con el fin de obtener mayor precisión en su cálculo.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el Organismo Público Puertos del Estado en el marco del convenio con la Fundación Agustín de Betancourt y la Cátedra Pablo Bueno.

### REFERENCIAS

- Cabrero, M.A., Molina, R., Santos, F.D. los, Camarero, A., 2012a. Optimization of operability thresholds using a maneuver simulator. Case study: Floating gate at Campamento shipyard. Coast. Eng. Proc. 1, 1–6.
- Carlo, H.J., Vis, I.F.A., Roodbergen, K.J., 2014. Transport operations in container terminals: Literature overview, trends, research directions and classification scheme. Eur. J. Oper. Res. 236, 1 – 13. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.023>
- Gómez, R., Molina Sánchez, R., Camarero, A., De los Santos, F.J., 2014. Development of a terminal operability forecasting system: analysis of the effects that wind generates over quay cranes performance, in: Coastal Engineering Proceedings. ICCE 2014.
- Losada, M., 2001. ROM 0.0 General procedure and requirements in the design of harbor and maritime structures. Part I. Puertos del Estado, editor. ISBN 84-88975-30-9.
- PIANC, working group 24, 1995. Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours: A Practical Guide. PIANC General Secretariat.
- Programa ROM, 2012. ROM 2.0-11 Recomendaciones para el proyecto y ejecución en las Obras de Atraque y Amarre [ Tomo I /Tomo II, Puertos del Estado. Ministerio de Fomento, Madrid.
- Puertos del Estado, 2013. Sistema Autónomo de Medición, Predicción y Alerta [WWW Document]. SAMPA. URL <http://sampa-apba.puertos.es/>