

SISTEMA OPERACIONAL HÍBRIDO PARA LA PREDICCIÓN Y SEGUIMIENTO DE REBASES EN OBRAS DE ABRIGO: APLICACIÓN AL DIQUE SAGRADO CORAZÓN (PUERTO DE TARIFA)

J. L. Lara¹, R. Molina^{2,3}, M. F. Álvarez de Eulate¹, A. Campos³, G. Díaz-Hernandez¹, A. Tomás¹, B. Rodríguez¹, J. García-Valdecasas³, M.A. Cabrerizo³, P. Rodríguez-Rubio⁵, C. Mans⁴, F. de los Santos⁶

1. Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria, Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, CP 39011, Santander (Cantabria). jav.lopez@unican.es
2. Dpto. Ingeniería Civil. Transportes y Territorio. Universidad Politécnica de Madrid, Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040, Madrid. España. rafael.molina@upm.es
3. Harbour Research Laboratory. HRL-UPM. Laboratorio de Puertos. Cátedra Pablo Bueno. ETSICCIPI. Universidad Politécnica de Madrid. Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040. Madrid. España rafael.molina@upm.es
4. Oritia & Boreas S.L. C/ Ojos del Salado 100, 18008 Granada mans@oritaiyboreas.com
5. Portel Servicios Telemáticos. EEMM Puerto de Algeciras, Local C7, 11207 Algeciras, Cádiz prodriguez.ate@apba.es,
6. Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras. Avda. de la Hispanidad, 2 11207 Algeciras, Cádiz fsantos@apba.es

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales elementos a tener en cuenta dentro de la gestión y explotación portuaria son los agentes medioambientales, que condicionan fehacientemente la operativa y la planificación de acceso a las áreas portuarias. Estos agentes pueden ocasionar fenómenos de rebase en las estructuras de abrigo, con potencial afección a peatones, vehículos, mobiliario portuario, buques amarrados y a las actividades económicas desarrolladas en el trasdós del dique.

El dique Sagrado Corazón (Puerto de Tarifa) presenta frecuentemente eventos de rebase que limitan su operatividad. Es por ello que, dentro del marco del proyecto "Algeciras Safeport: Gestión de Riesgos Océano-Meteorológicos en Entornos Portuarios" se ha desarrollado un sistema operacional de rebases. El objetivo principal de este trabajo consiste en crear una herramienta que permita establecer, a partir de unas condiciones de oleaje y nivel del mar frente al puerto, la planificación de acceso y explotación del mismo mediante la definición de una serie de niveles de riesgo. El sistema operacional cuenta además con un sistema instrumental de comprobación y validación del proceso mediante medidas tomadas en campo a partir de un sistema de video-cámara.

METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE NIVELES DE RIESGO

La metodología llevada a cabo para alcanzar el objetivo principal ha comprendido varias etapas. La primera consistió en la realización de una serie de simulaciones numéricas con el modelo IH-BOUSS (2DH) con el objetivo de obtener el efecto de la oblicuidad del oleaje en el rebase sobre el dique. Dicho efecto se definió mediante un factor de corrección para varias zonas a lo largo del dique (*Figura 2 (a)*).

Posteriormente se realizaron una serie de simulaciones con el modelo IH2VOF (2DV) (Losada et al., 2008) para calcular rebases para un catálogo de oleajes representativos del clima marítimo en la zona. A partir de los resultados obtenidos de dichas simulaciones se obtuvo una serie de formulaciones de ajuste para una serie de parámetros de rebase (caudal medio, volumen máximo, volumen medio, porcentaje de olas que producen rebase y espesor medio de la lámina de agua), y posteriormente se incluyó el efecto tridimensional de la oblicuidad mediante un factor de corrección.

Finalmente se volcó toda la información obtenida (formulaciones de ajuste, correcciones por oblicuidad...) en el sistema operacional, de manera que, introduciendo unos valores de

entrada (predicción de oleaje y nivel del mar), se daba la predicción de rebases. Con base en el caudal medio de rebase, la cual se ha seleccionado como variable control, y comparando su valor con una serie de umbrales definidos por la APBA, se obtenían los niveles de riesgo asociados.

SEGUIMIENTO MEDIANTE TECNICAS DE VISION ARTIFICIAL

Para llevar a cabo el seguimiento de rebases se ha diseñado una nueva estación piloto que permite identificar espacial y temporalmente fenómenos de rebase en las alineaciones del dique de abrigo, de un modo semi-automático y no intrusivo, mediante la adquisición de vídeo imágenes en el espectro visible y térmico. Para ello se aplican técnicas de visión artificial a los time-stacks generados para distintas líneas de control en el dique (*Figura 1*). Las videocámaras están permanentemente conectadas a la red, de un modo pasivo, y se activan cuando se estima un cierto riesgo de rebase por parte de los modelos de predicción. El sistema de visión artificial analiza de un modo diferenciado cada tramo del dique, con el mismo criterio espacial que el modelo predictivo, lo cual permite correlacionar de un modo directo indicadores de cuantificación de rebase desde un punto de vista instrumental y de modelado numérico



Figura 1 Localización de la estación piloto y perspectiva desde ésta. Ejemplo de aplicación del análisis de time-stack para la detección del run-up. (Molina et al, 2008)

RESULTADOS

Como resultado de esta nueva metodología, y con el apoyo del sistema de verificación no intrusivo basado en visión artificial, se ha ensamblado un sistema operacional híbrido capaz de aportar, de forma rápida, veraz y validada, los parámetros de rebase del oleaje para diferentes tramos a lo largo del dique Sagrado Corazón. Todo ello se alimenta con las predicciones de oleaje y nivel del mar proporcionadas por Puertos del Estado, y fundamentadas en el Sistema Operacional de Propagación de Oleaje en el Estrecho de Gibraltar confeccionado también dentro del marco del proyecto “Algeciras Safeport”.



Figura 2 Tramificación del dique Sagrado Corazón (a) y salida del Sistema Operacional de Rebases (b).

REFERENCIAS

- Losada, I.J., Lara, J.L., Guanche, R., Gonzalez-Ondina, J.M. (2008) “Numerical analysis of wave overtopping of rubble mound breakwaters” *Coastal Engineering*. 55, pp 47-62
- Molina, R., Ortega, M., Moyano, J., Losada, M. (2008) “Analysis of the wave interaction with rubblemound breakwaters using video imagery techniques”. Mediterranean Days PIANC, Palermo.