



REDUCCIÓN DE LA REFLEXIÓN EN EL INTERIOR DEL PUERTO DE VILA DO PORTO, AZORES

MARIA GRAÇA NEVES¹, ERIC DIDIER^{1,2,3}, MIGUEL ROBERT⁴, IÑIGO LOSADA⁵

¹DHA/NPE – Departamento de Hidráulica e Ambiente/Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Av. do Brasil, 101, 1700-066 – Lisboa – Portugal

²DEMI – Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Campus de Caparica, 2829-516 – Monte de Caparica – Lisboa – Portugal

³MARETEC – Marine and Environmental Technology Center
Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa
Av. Rovisco Pais, 1049-001 – Lisboa, Portugal

⁴CONSULMAR
Rua Joaquim António de Aguiar, 27-9º Dtº
1099-062 Lisboa – Portugal

⁵Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria
Avda. Los Castros s/n – Santander – Cantabria – España

(Recibido 12 de junio de 2012, para publicación 23 de agosto de 2012)

Resumen – Para reducir la agitación en el interior del puerto de Vila do Porto, Azores, se ha proyectado una modificación del muelle interior de atraque de los ferries, con el objetivo de aminorar la reflexión y disminuir el rebase, sin que con eso se reduzca demasiado el área útil de la dársena portuaria. La solución propuesta es una plataforma de forma triangular en planta apoyada en pilares rectangulares, bajo la cual se ha colocado un talud de escollera para disminuir la reflexión. Se presentan los resultados de ensayos en modelo físico 3D y los obtenidos con dos modelos numéricos RANS en lo que se refiere a presiones en la plataforma y reducción de la reflexión (el modelo IH-2VOF y el FLUENT).

Palabras clave – Reflexión, puerto, modelado físico, modelos RANS.

1. INTRODUCCIÓN

El puerto de Vila do Porto, Azores, Portugal, es el único puerto de la Isla de Santa Maria y está ubicado en la costa sur de la Isla, abrigado de las borrascas del W al NE, las más frecuentes y enérgicas, Fig. 1. Además, está protegido del oleaje del S al SW por una estructura de 350 m de longitud aproximadamente, de tetrápodos en la zona exterior o trasdós y un muro vertical en el interior o intradós, el muelle comercial. Así, el oleaje que llega al interior del puerto proviene del WSW al ESE, siendo más frecuentes del SW (64%). Cerca del 80% del oleaje local tiene menos de 1.5 m de altura de onda significativa y solo el 6% tiene más de 3.0 m. En cuanto a los períodos, cerca del 94% del oleaje local tiene períodos de pico entre 3 y 11 s. A los mayores períodos, con máximos del orden de los 18 s, están asociadas las menores alturas de onda. En cuanto a los niveles de marea, en las Azores las amplitudes medias son del orden de 1 m, con amplitudes máximas del orden de 2 m.

Recientemente se ha construido un muelle interior de atraque de los ferries que efectúan el transporte de coches y personas entre islas (Fig. 1c). Posteriormente se ha construido un núcleo de recreo protegido por un muelle de Tetrápodos [1]. El muelle de ferries que se ha diseñado inicialmente es una estructura vertical que queda delante del muelle principal, que es el muelle comercial y de importancia estratégica para la isla (Fig. 1c). Los estudios en modelo físico y numérico que se han hecho para apoyo al diseño del núcleo de recreo permitieron confirmar que el comportamiento del muelle para ferries no era el adecuado, lo que ha sido además verificado in situ [2]. Este muelle, al ser una estructura vertical muy reflectora,

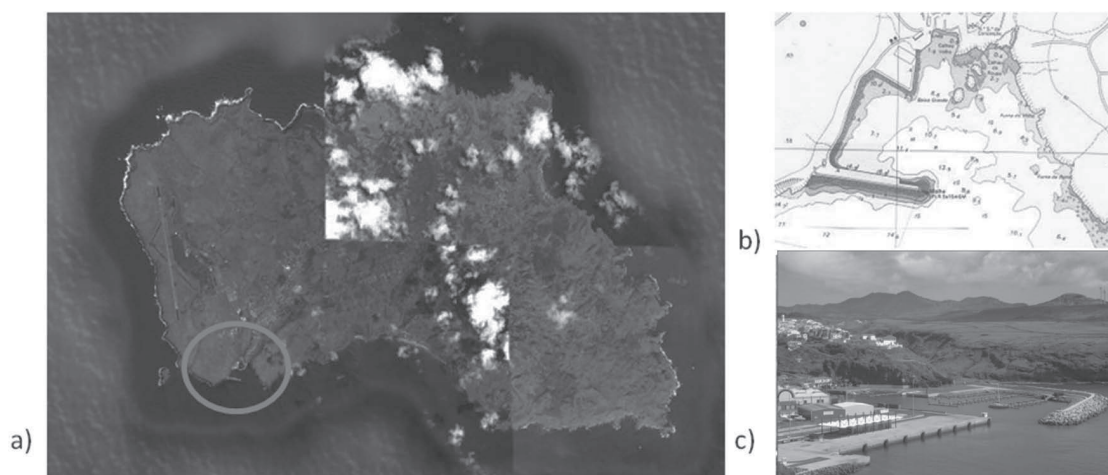


Fig. 1. Puerto de Vila do Porto en la Isla de Santa María, Azores, Portugal (GoogleEarth) (a), situación inicial, anterior a la construcción del núcleo de recreo y del terminal de ferries, carta (b) y situación actual, con el núcleo de recreo y el terminal de ferries (c).

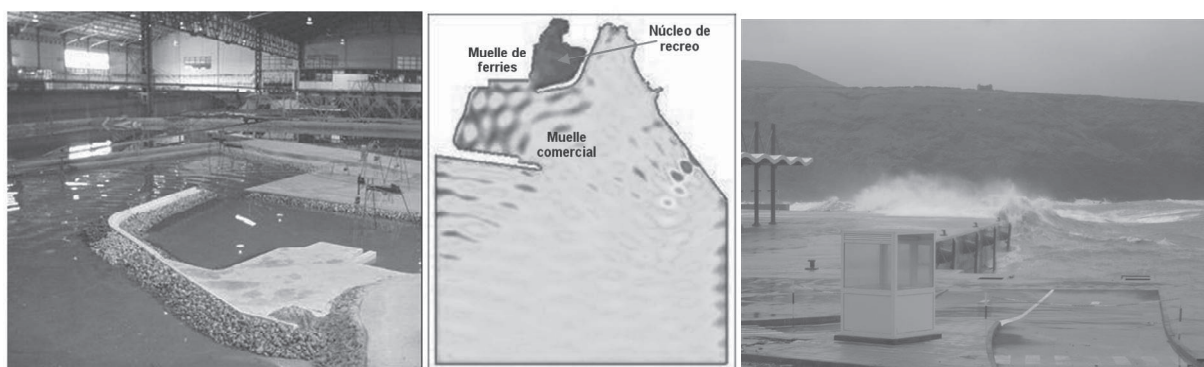


Fig. 2. Ensayos en modelo físico de la solución para el Puerto de Vila do Porto en la Isla de Santa María y resultados del modelado numérico con el modelo DREAMS [2] y rebase en el muelle de ferries antes de a la construcción del núcleo de recreo.

aumentaba mucho la agitación en la dársena y el rebase en el propio muelle, dificultando las operaciones en el muelle comercial (Fig. 2).

Además, los navíos que harán el transporte de personas y coches entre islas han cambiado, son menores que los que se habían previsto en el proyecto y tienen desembarque lateral, lo que podría llevar a cambios en el muelle de ferries. Para reducir la agitación en el interior del puerto y adaptar el muelle a los nuevos ferries ro-ro, se ha proyectado una modificación del muelle interior de atraque de los ferries, con el objetivo de aminorar la reflexión y disminuir el rebase, sin que con eso se reduzca demasiado el área útil de la dársena portuaria. La solución propuesta por Consulmar [3] es una plataforma de forma triangular en planta apoyada en pilares cuadrangulares, bajo la cual se ha colocado un talud de escollera para disminuir la reflexión, Fig. 3. La elección de esta forma de pilares se ha debido a cuestiones constructivas relacionadas con su inclusión en la plataforma y por ser ésta una forma más disipadora. Se ha reorientado el muelle y se ha adaptado a las características de los nuevos ferries, diseñando una estructura lo más transparente y disipadora posible.

Para estudiar esta nueva solución se han realizado ensayos en modelo físico de la zona del muelle de ferries, estudiando la agitación en el interior de la dársena, el rebase en el muelle y presiones en la plataforma [4]. Como complemento a los estudios en modelo físico se realizan dos estudios en modelo numérico con dos modelos RANS: el modelo IH-2VOF [5] y el modelo FLUENT [6].

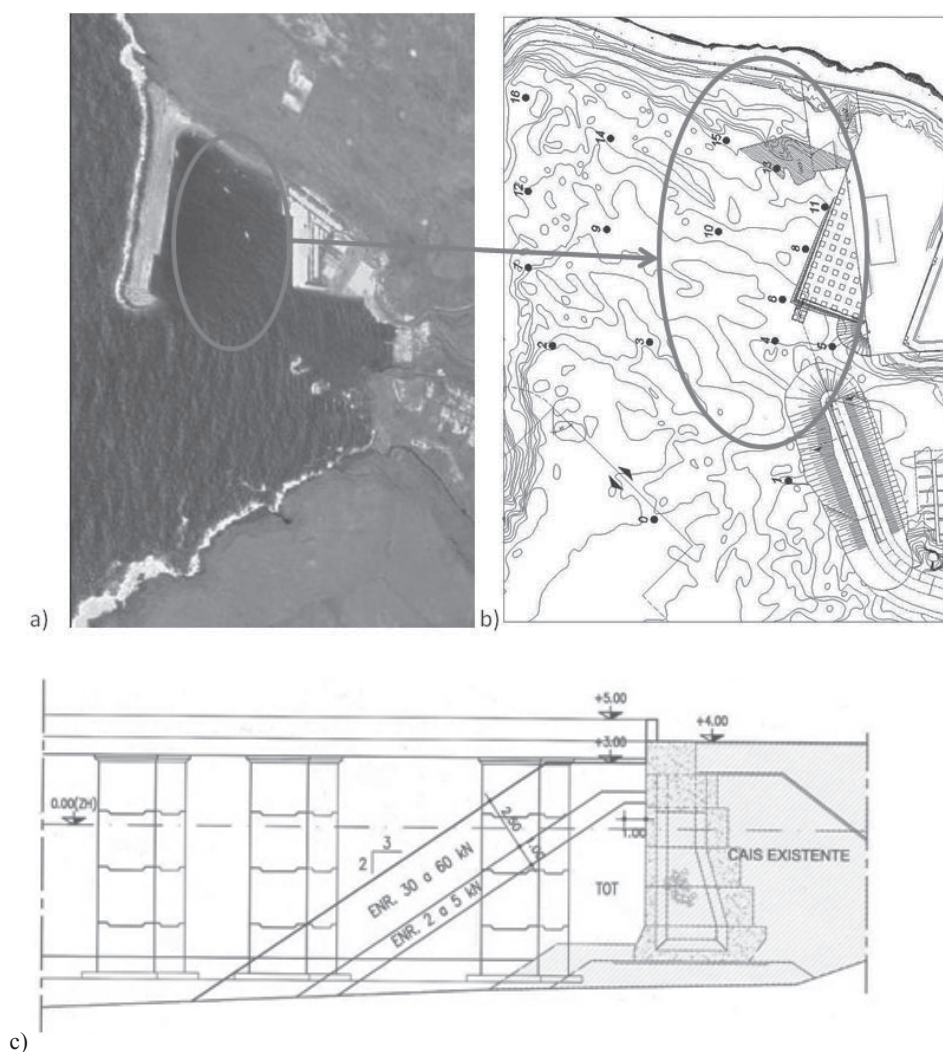


Fig. 3. Puerto de Vila do Porto (GoogleEarth) en la Isla de Santa Maria (a) y proyecto del nuevo muelle en planta (b) y en sección (c).

Se presenta, a continuación, la solución recomendada en el diseño de corrección del muelle de atraque de los ferries del puerto de Vila do Porto, así como los resultados experimentales y los obtenidos con los modelos numéricos IH-2VOF y FLUENT en lo que se refiere a presiones en la plataforma y reducción de la reflexión.

2. ESTUDIO EN MODELO FÍSICO

Para verificar la estabilidad de la cimentación de la estructura, la disminución de la agitación en el interior del puerto y del rebase de la estructura, además de las presiones en la plataforma, se han realizado ensayos 3D en el LNEC a escala 1:35 [4], Fig. 4, de acuerdo con la ley de semejanza de Froude.

Se han hecho ensayos para tres niveles de marea (bajamar, $BM=0$ m ZH, nivel medio, $NM=+1$ m ZH y pleamar, $PM=+2$ m ZH, donde ZH representa el cero del puerto), 3 períodos de pico ($Tp=6$ s, 10 s y 14 s) y 4 alturas de ola significativa ($Hs=1$ m, 2 m, 3 m y 4 m). Las alturas de ola en el interior de la dársena no alcanzan los 4 m, pero se ha decidido ir a alturas extremas por razones de seguridad de la obra. La dirección del oleaje de los ensayos corresponde a Sureste en la batimetría de los 13 m (entrada del puerto), que es la dirección que ahí se verifica por la difracción en el morro del muelle [1].

Se han medido separadamente presiones en 5 puntos en la plataforma (Fig. 4b) y niveles de agitación en 16 puntos en el interior del puerto (Fig. 3b). Para analizar la variabilidad de las mediciones de presión, se han repetido los ensayos. La variación del valor máximo de presión medido ha sido inferior a 20%, reduciéndose para 10% en el caso de las presiones que han sido superadas en 1/100 de los eventos medidos.

Los resultados, que se presentan de forma resumida en la Fig. 5, han mostrado que la agitación se reduce entre el 5% y el 68% en la zona del muelle comercial (P7, P12 y P16, Fig. 5c), que es la más importante para la Isla confirmando el buen funcionamiento de dicha solución.

En cuanto al rebase en el muelle de ferries, aunque haya disminuido, sigue existiendo (Fig. 5a y 5b), por lo que se ha propuesto una pequeña modificación del proyecto, con la construcción de un pequeño muro en esa zona, a incluir en el diseño final del muelle. Se ha confirmado la estabilidad de la escollera que queda por debajo de la plataforma, con menos del 2% de las piedras cayendo, lo que ocurre especialmente para los menores niveles de marea.

En cuanto a las presiones en la plataforma (Fig. 5d y Tabla 1), son mayores para el mayor nivel de marea ensayado, y para $T_p = 10$ s y $H_s = 4$ m. Para bajar las presiones han sido nulas, por lo que no se presentan en la tabla. Las presiones máximas ocurren en el sensor 5 (Fig. 4b), con valores máximos en prototipo inferiores a 10.3 metros de columna de agua (mca). En los demás sensores, las presiones son muy semejantes y siempre inferiores a 4.0 mca.

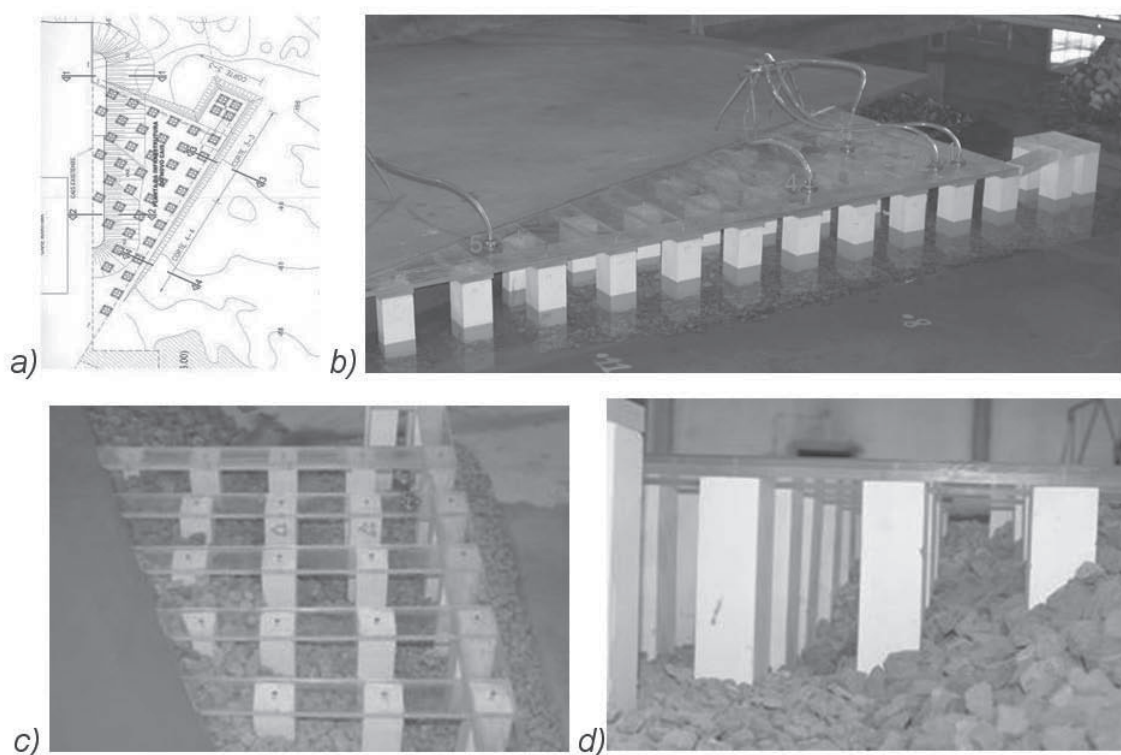


Fig. 4. Detalle de la estructura ensayada y estructura ensayada con los puntos de medida de presión en los ensayos.

Tabla 1. Resultados de presión en el modelo físico (valores de prototipo).

Pmax (mca)		Hs=1m					Hs=2m					Hs=3m					Hs=4m				
Sensor de presión		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tp=10s	nivel medio (NM)	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	1.6	1.2	1.5	1.1	0.6	3.8	1.5	1.5	0.3	2.7	6
	pleamar (PM)	-	-	-	-	-	3.4	3.6	2.2	3.6	4.4	3.3	3.0	3.2	3.7	7.8	4.0	3.8	3.4	2.6	11
Tp=14s	nivel medio (NM)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.3	-	1.6	3.8	3.7	3.9	3.7	6
	pleamar (PM)	-	0.2	-	-	-	2.0	1.7	2.0	2.2	3.8	2.7	2.3	3.1	1.8	6.3	2.2	2.3	3.7	2.9	8

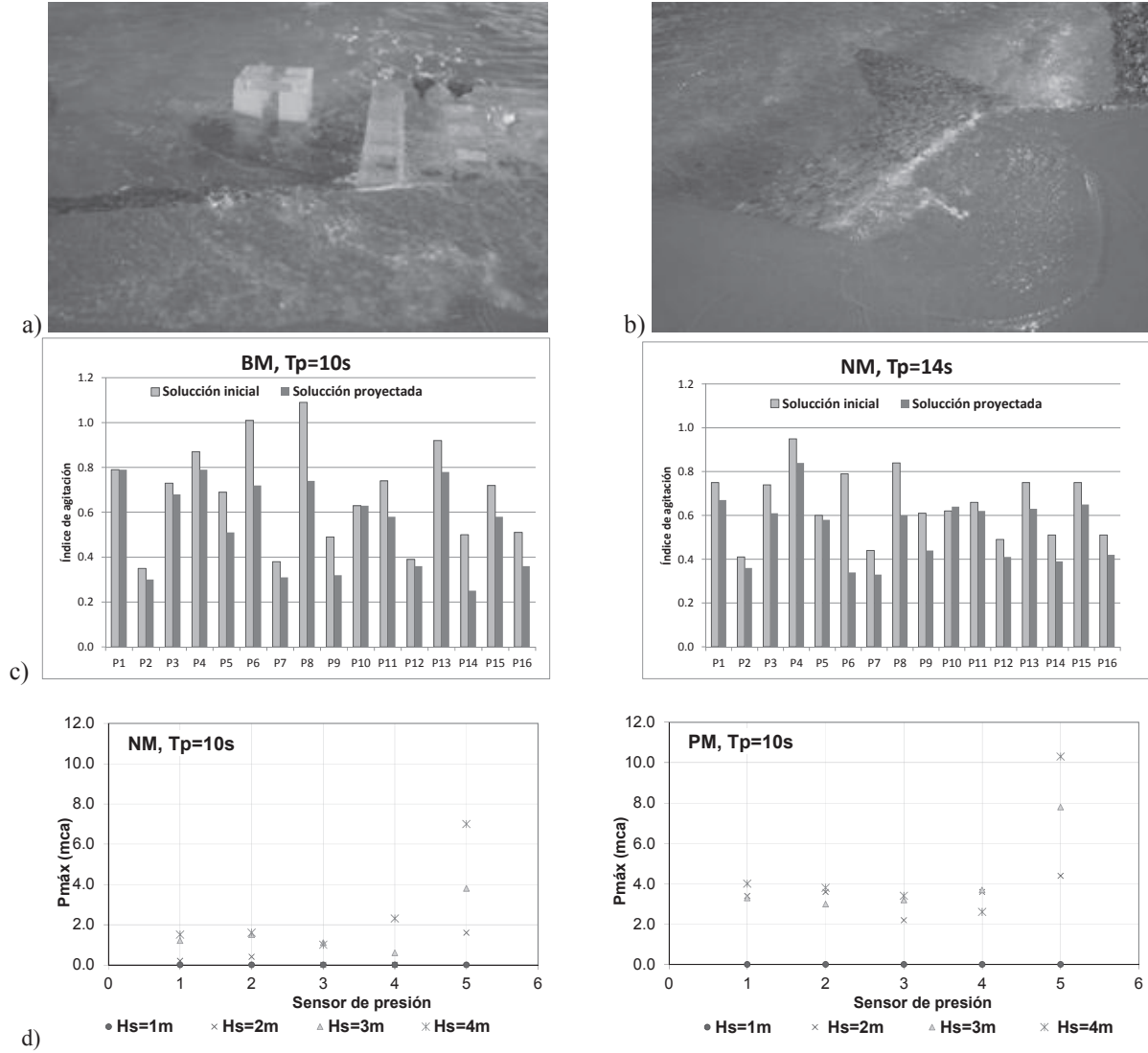


Fig. 5. Resultados del modelo físico: imágenes de rebase (a,b), agitación en el interior de la dársena (c) y presiones máximas (d).

3. ESTUDIO EN MODELO NUMÉRICO

Como complemento a los estudios en modelo físico, se han realizado estudios en modelo numérico con dos modelos RANS: el modelo IH-2VOF [5] y el modelo FLUENT [6]. Los resultados de estos modelos, ejecutados a la misma escala del modelo reducido, se pueden comparar, aunque solo de forma cualitativa, con los resultados de los ensayos, ya que son distintas la geometría y las condiciones de oleaje (agitación frontal, que difiere de la dirección de los ensayos en aproximadamente 30° , y agitación regular, ya que el tiempo de cálculo no permite hacer oleaje irregular en tiempo útil). Se ha elegido una sección de la estructura ensayada en modelo físico para hacer el estudio 2D en modelo numérico. Las características de la estructura y la sección elegida se presentan en la Fig. 6.

IH-2VOF es utilizado para verificar los resultados del modelo FLUENT 2D. Además, se ha cuantificado la reducción de reflexión obtenida por la solución elegida para agitación perpendicular al muelle y la presión bajo la plataforma horizontal del muelle de la estructura proyectada. Para eso se ha aplicado el modelo a la nueva solución (con talud de escollera). Se ha aplicado además al caso de talud impermeable, para comparar con los resultados del modelo FLUENT.

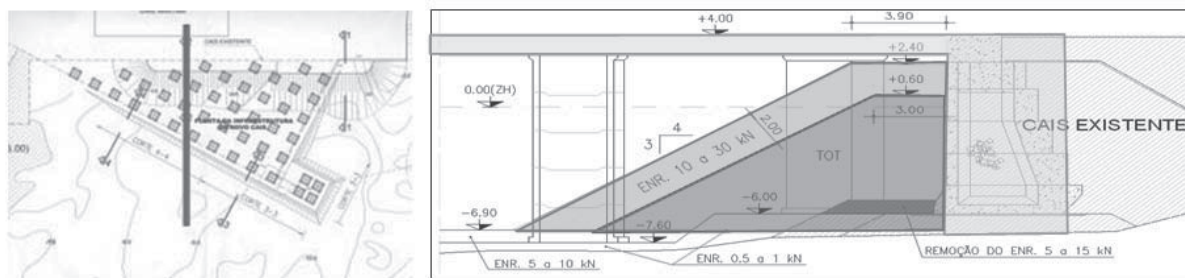


Fig. 6. Sección utilizada en la aplicación de los modelos numéricos y detalle de las características de la sección.

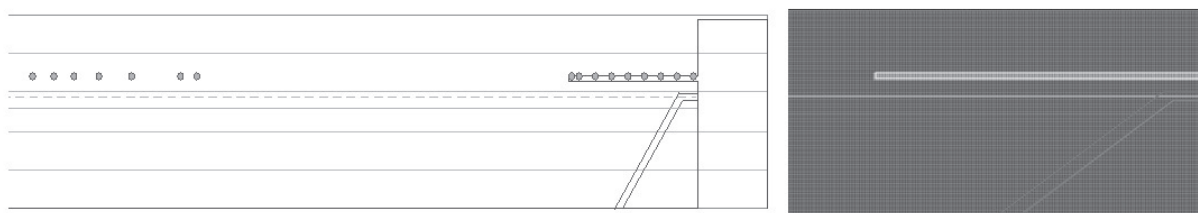


Fig. 7. Malla de diferencias finitas utilizada en el modelo IH-2VOF.

El modelo FLUENT se ha utilizado para el análisis de la presión máxima en la plataforma, como forma de evaluar su posible aplicación al estudio de problemas en estructuras costeras en condiciones de agitación oblicua.

Los dos modelos se basan en las ecuaciones RANS y tienen implementado un modelo de turbulencia y utilizan el método VOF (*Volume Of Fluid*), para el modelado de la superficie libre, simulando agitación regular o irregular. En cuanto al modelo IH-2VOF, es un modelo 2DV, no comercial, que utiliza una malla de diferencias finitas rectangular, con espaciamiento regular o irregular, desarrollado para estudios de interacción ola-estructura y ha sido validado en varios casos de estructuras marítimas, porosas e impermeables [7,8]. El modelo FLUENT es un modelo comercial 2D y 3D, que utiliza una malla de volúmenes finitos no estructurada (triangulares o rectangulares en 2D). Ha sido desarrollado para estudios de hidrodinámica en general, especialmente para casos donde la interfaz aire-agua es importante. Para generar oleaje y obtener series temporales de superficie libre en un punto hay que programar la generación, ya que el modelo no lo hace directamente. Este modelo solamente puede ser aplicado a pequeñas áreas, con estructuras impermeables y para oleaje regular. Ha sido ya aplicado al estudio de un arrecife artificial sumergido [9], a estructuras de protección costera [10] e dispositivos de energía de ondas tipo columna de agua oscilante *offshore* [11, 12] e *onshore* [13]. Hasta el momento no se conocen ejemplos de validación del modelo a estructuras costeras, ni a estructuras porosas. Así, en este caso, la verificación de sus resultados en 2DV será hecha por comparación con los resultados del modelo IH-2VOF.

El dominio de cálculo del modelo IH-2VOF es de 8.5 m por 0.5 m, con una frontera de entrada que simula una pala que puede tener absorción activa de reflexión. La malla es de 6 mm por 4 mm en la zona de interés (zona de la plataforma), con una malla total de 1 250 por 141 puntos (176 250 puntos) (Fig. 7). Se ha simulado los casos de estructura porosa e impermeable, como se ha referido anteriormente.

El dominio de cálculo del modelo FLUENT es de la misma dimensión del modelo IH-2VOF (8.5 m por 0.5 m), con una frontera de entrada que simula una pala sin absorción activa de reflexión. La malla es de 3 mm por 3 mm en la zona de interés (zona de la plataforma), con una malla total de 60 300 elementos en 2D (Fig. 8). Para el caso 3D se ha simulado la misma dimensión de canal con 0.458 m de anchura con talud impermeable. Se han simulado dos casos; mientras que en el primer caso no tiene los pilares y la malla es de 100 000 elementos, en el segundo caso sí tiene los pilares y la malla es de 296 600 elementos (Fig. 8b). Se ha utilizado una condición de simetría en las fronteras laterales del canal numérico.

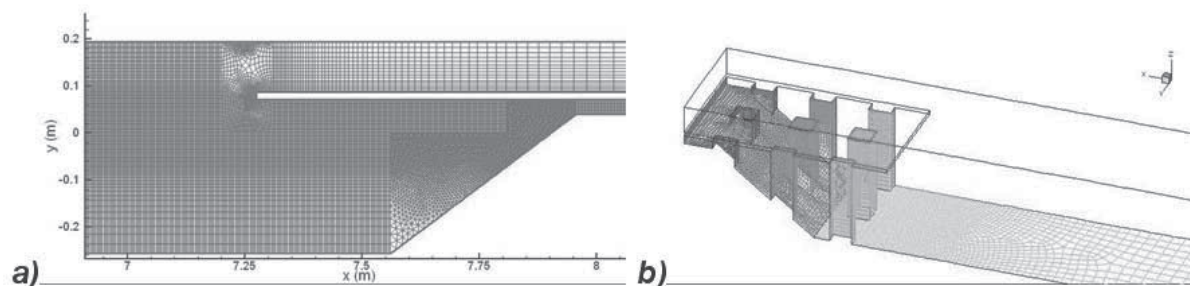


Fig. 8. Mallas de volúmenes finitos utilizadas en el modelo FLUENT: (a) 2D y (b) 3D.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con los modelos numéricos IH-2VOF y FLUENT en lo que se refiere a presiones en la plataforma y reducción de la reflexión se presentan en este apartado.

Con el modelo IH-2VOF se han obtenido series temporal de elevación de superficie libre y presión en diferentes puntos donde se han colocado sondas numéricas. Para ilustrar los resultados, se presenta en la Fig. 9 un aspecto de la superficie libre para dos condiciones de cálculo (nivel medio, $T_p = 10$ s, $H_s = 2$ m en escala de prototipo, o sea, $T_p = 1.7$ s y $H_s = 0.06$ m en modelo), donde se puede ver el agua actuando en la plataforma y gotas que se desprenden de la masa de agua, muestra de la complejidad de la superficie libre a modelar.

Se ha determinado la reflexión de la estructura por medio del cálculo del coeficiente de reflexión, aplicando el método de Mansard y Funke del 1980 [14] a las series temporales de tres sondas numéricas colocadas frente a la estructura. Los valores del coeficiente de reflexión obtenidos eran variables entre 0.5 y 0.7, siendo los mayores valores obtenidos para nivel medio y $T_p = 14$ s (valores en prototipo), lo que significa una reducción fuerte de reflexión. En cuanto a las presiones en la plataforma, P , variaban entre $0.01 \text{ mca} < P < 0.10 \text{ mca}$ ($0.4 \text{ mca} < P < 3.5 \text{ mca}$ en escala de prototipo), que son valores muy semejantes a los obtenidos en los ensayos en modelo físico en los sensores 1 a 4 (Fig. 4b), aunque ahí las condiciones fueran distintas, ya que el estudio era 3D y la estructura tenía pilares. El tiempo de cálculo del modelo por período de ola simulado ha sido de aproximadamente 0.5 horas.

Se ha ejecutado además un caso con agitación regular para un período de onda $T = 10$ s y una altura de $H = 3$ m (valores de prototipo) y nivel medio de marea, considerando el talud bajo la plataforma como impermeable y sin considerar absorción activa de reflexión en la pala, para poder comparar los resultados con los del modelo FLUENT 2D. Se han comparado la superficie libre y las presiones máximas en la plataforma. Las presiones en la plataforma, P , calculadas con el modelo FLUENT variaban entre $0.04 \text{ mca} < P < 0.10 \text{ mca}$ ($1.4 \text{ mca} < P < 3.5 \text{ mca}$ en escala de prototipo), que son valores muy semejantes a los obtenidos con el modelo IH-2VOF y en los ensayos en modelo físico en los sensores 1 a 4 (Fig. 4b). En cuanto a la superficie libre, aunque el período y la amplitud se conservan en la propagación, ha habido problemas de divergencia que ha hecho cambiar el esquema de integración en el tiempo de segundo orden para el de primer orden. Así mismo se ha verificado la difusión de la fracción de volumen y dispersión numérica. En la Fig. 10 se presenta un ejemplo de la superficie libre obtenida con el modelo FLUENT 2D, representado en color los valores de la función VOF, donde el color rojo representa el agua, el azul el aire y los tonos intermedios mezcla aire-agua.



Fig. 9. Aspecto de la superficie libre calculada con el modelo IH-2VOF para nivel medio, $T_p = 1.7$ s, $H_s = 0.06$ m.

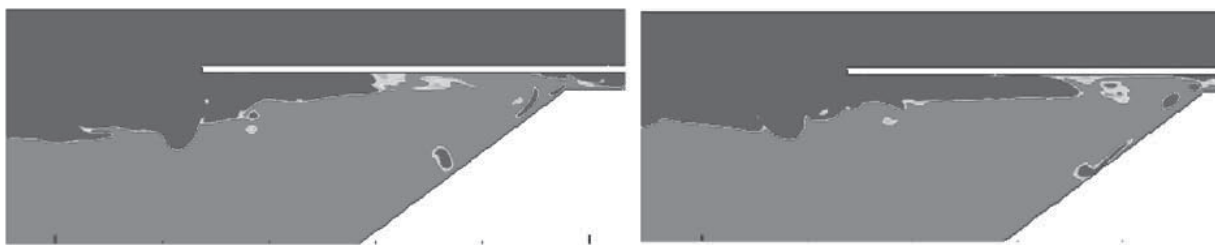


Fig. 10. Aspecto de la superficie libre calculada con el modelo FLUENT (2D) para nivel medio de marea, $T = 10$ s e $H = 3$ m (valores de prototipo).

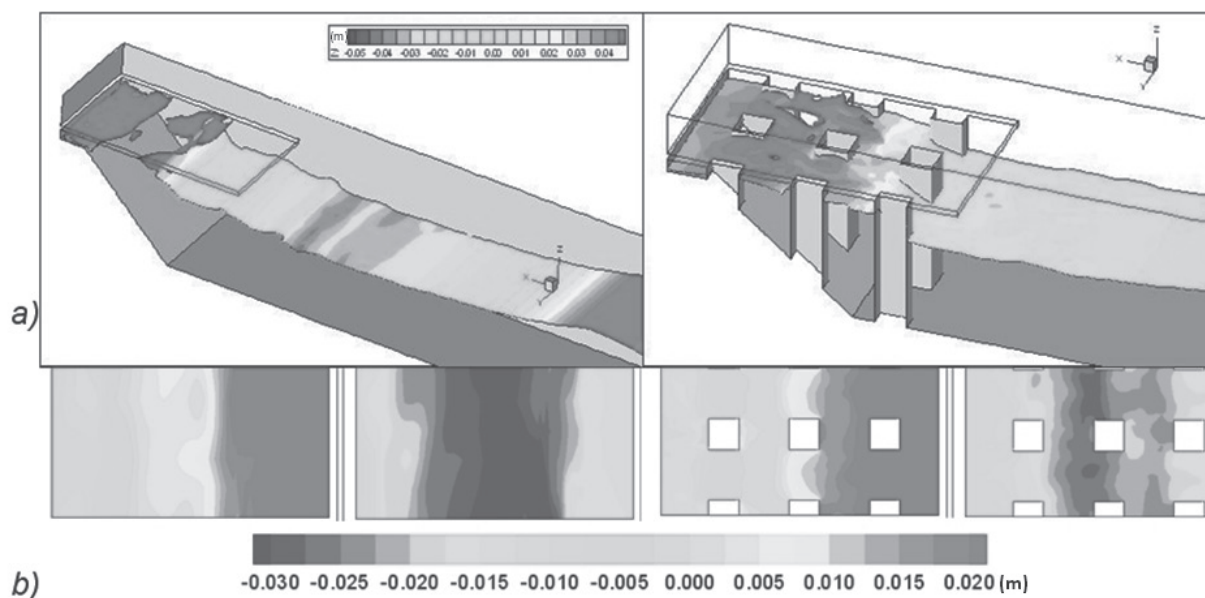


Fig. 11. Aspecto de la superficie libre (a) e presión (b), calculada con el modelo FLUENT (3D), $T = 10$ s e $H = 3$ m.

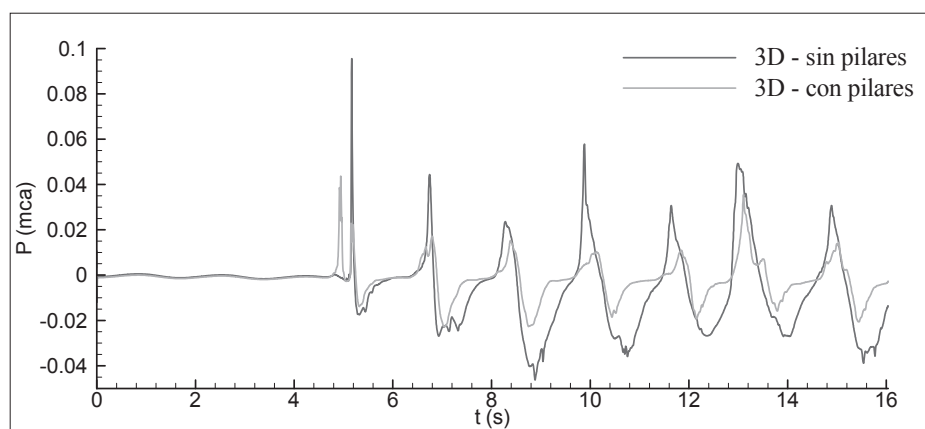


Fig. 12. Serie temporal de presiones en la plataforma calculada con el modelo FLUENT (3D) considerando la geometría con y sin pilares (valores de modelo).

Se ha ejecutado el mismo caso con el FLUENT 3D, una zona con la plataforma y con la estructura por debajo impermeable, pero con dos configuraciones distintas, sin pilares y con pilares y con agitación frontal. Se han considerando los pilares dispuestos perpendiculares a la dirección de propagación de la agitación. En la Fig. 11 se presenta un ejemplo del resultado de superficie libre (posición de la superficie

Tabla 2. Resultados de presión máxima en la plataforma para los diferentes modelos (valores de modelo).

Nivel de marea	T(s) Tp (s)	H (m) Hs (m)	Pmax (mca)			
			Modelo físico	IH-2VOF	FLUENT 2D	FLUENT 3D
NM	10.00	3.00	0.04	0.07	0.10	0.10
		4.00	0.08	0.10		
	14.00	3.00	0.01	0.08		
		4.00	0.11	0.10		
PM	10.00	3.00	0.11	0.10		
		4.00	0.11	0.10		
	14.00	3.00	0.09	0.10		
		4.00	0.11	0.10		

libre con respecto al nivel de reposo) y presión (en la parte inferior de la plataforma) en estos dos casos y en la Fig. 12 se presenta la serie temporal de presiones obtenida para los dos casos.

Se ha observado que las presiones máximas se reducen para el caso con pilares, obteniéndose valores en la plataforma del orden de 0.10 mca (3.5 mca en escala de prototipo), valor igual al máximo obtenido en los ensayos de laboratorio, aunque ahí la agitación era oblicua e irregular y se ensayaba todo el dominio. En la Tabla 2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos, en escala de modelo, donde el resultado del modelo físico corresponde al máximo de presión de los sensores 1 a 4. El tiempo de cálculo por periodo de ola simulado ha sido de 1,5 horas para el caso sin pilares y de 8,5 horas con pilares.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado la solución de proyecto para la corrección del muelle de atraque de los ferries del puerto de Vila do Porto. La estructura, que tiene como principal objetivo disminuir la agitación y el rebase en la dársena sin ocupar demasiado espacio, está compuesta de una plataforma horizontal asentada en pilares rectangulares por encima de un talud de escollera. Se presentan los resultados de ensayos en modelo físico 3D y los obtenidos con dos modelos numéricos RANS en lo que se refiere a presiones en la plataforma y reducción de la reflexión: el modelo IH-2VOF y el FLUENT.

El modelado físico permitió verificar el comportamiento de la estructura: la agitación y el rebase son ahora menores en toda la dársena, o sea, entre el muelle comercial y la zona de atraque del ferries, y las presiones máximas y la estabilidad han sido verificadas. En cuanto al modelado numérico, el modelo FLUENT (2D), que se encuentra todavía en validación para aplicaciones de estudios de interacción ola-estructura, se ha comparado con los resultados del modelo IH-2VOF y se ha verificado que presenta problemas de convergencia cuando se usa un esquema de integración en el tiempo de segundo orden y difusión numérica de la fracción de volumen cuando se usa un esquema de primer orden (aunque resuelva los problemas de divergencia). El FLUENT 3D presenta, además, un elevado tiempo de cálculo.

REFERÊNCIAS

- [1] Consulmar, “Projecto de Execução da Empreitada de Construção das Obras Marítimas do Porto de Recreio de Vila do Porto, na Ilha de Sta. Maria”, Informe (2006)
- [2] Pinheiro, L., Neves, M.G., Silva, L.G., Fortes, C.J., Sousa, I., “Estudos de Agitação no Porto de Vila do Porto”, *Proc. 8º Congresso da Água. APRH, CD-Rom (16 pp.)*, ISBN 9729999112 (2006)
- [3] Consulmar, “Projecto de Execução da Empreitada de Reequacionamento do Cais para Ferries e das Infra-estruturas Terrestres do Porto de Recreio de Vila do Porto”, Informe, Lisboa, Portugal (2008)
- [4] Lemos, R., Silva, L.G., Neves, M.G., “Correcção do Cais para Ferries do Porto de Vila do Porto (Ilha de Santa Maria – Açores). Ensaio em modelo reduzido”, Informe 236/08-NPE, LNEC, Lisboa, Portugal (2008)
- [5] Losada, I.J., Lara, J.L., Guanche, R., Gonzalez-Ondina, J.M., “Numerical analysis of wave overtopping of rubble mound breakwaters”, *Coastal Engineering*, **55**(1), 47-62 (2008)

- [6] Fluent Incorporated, “FLUENT 6.3 User’s Guide” (2006)
- [7] Neves, M.G., Reis, M.T., Losada, I., Hu, K., “Wave overtopping of Póvoa de Varzim breakwater: physical and numerical simulations”, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **134**(4), 226-236 (2008), ASCE, ISSN 0733-950X/2008/4-226-236
- [8] Antunes do Carmo, J.S., Neves, M.G., Voorde, M.T., “Designing a multi-functional artificial reef. Studies on the influence of parameters with most influence in the vertical plane”, *Journal of Coastal Conservation: Planning and Management*, **15**, 99-112 (2011), DOI 10.1007/s11852-010-0124-1
- [9] Voorde, M.T. , Didier, E., Neves, M.G., Anselmo, A., Aveiro, L., Gil, L., Antunes-Carmo, J., “Modelação numérica de um recife artificial para a prática de surf: comparação de resultados obtidos por três modelos matemáticos”, *5as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*. AIPCN/PIANC, (15 p. CD-Rom), Angra do Heroísmo, Portugal (2007)
- [10] Didier, E., Neves, M.G., Gil, L., “Modelação numérica da interacção entre uma onda e uma estrutura marginal costeira porosa”, *Proc. 5as jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, AIPCN/PIANC, (16 p. CD-Rom), Angra do Heroísmo, Portugal (2007)
- [11] Didier, E., Paixão Conde, J.M., Teixeira, P.R.F., “Numerical simulation of an oscillating water column wave energy converter with and without damping”, *Proc. Computational Methods in Marine Engineering IV – MARINE 2011*, ISBN 978-84-89925-31-1, (12 p. CD-Rom), Lisboa, Portugal (2011)
- [12] Paixão Conde, J.M., Teixeira, P.R.F., Didier, E., “Numerical simulation of an Oscillating Water Column Wave Energy Converter: Comparison of two numerical codes”, *Proc. International Offshore (Ocean) and Polar Engineering Conference - ISOPE*, ISBN 978-1-880653-96-8, 668-674, Maui, Hawaii, USA (2011)
- [13] Davyt, D.P., Teixeira, P.R.F., Ramalhais, R., Didier, E., “Numerical simulation of wave action over a wave energy device of the oscillating wave column type”, *VETOR – Revista de Ciências Exatas e Engenharias*, ISSN 0102-7352, **21**(1), 51-71 (2011)
- [14] Mansard, E.P.D., Funke, E.R., “The measurement of incident and reflected spectra using a least squares method”, *Proc. 17th International Conference on Coastal Engineering*, ASCE, 154-172 (1980)

REFLECTION REDUCTION AT THE BASIN OF VILA DO PORTO HARBOUR, AZORES

Abstract – In order to reduce the agitation inside the Vila do Porto Harbour, Azores, a modification of the inside ferries berthing was designed. This new solution has the main goal of reducing wave reflection and overtopping, without decreasing too much the usefull area of the harbour dock. The proposed solution is a triangular platform supported on rectangular pillars under which a rubble-mound breakwater was planned in order to reduce the wave reflection. Results of 3D physical model tests and the obtained with two RANS numerical models, IH-2VOF and the FLUENT) are presented in what concerns to pressures on the platform and to obtained reduction of reflection.

Keywords – Reflection, Harbour, Physical modeling, RANS models.