

XIV JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE  
**COSTAS Y PUERTOS**  
Alicante 24 y 25 de mayo de 2017



EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



---

XIV Jornadas españolas de ingeniería de  
Costas y Puertos

---

Alicante, 24 y 25 de mayo de 2017

*Editora científica*

M. Esther Gómez-Martín

**EDITORIAL**  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

*Congresos UPV*

*XIV Jornadas españolas de ingeniería de Costas y Puertos*

Editora científica

M. Esther Gómez-Martín

© de los textos: los autores

© imagen de portada: “Hidra imagen aérea” (hidraimagen.com)

© 2018 Editorial Universitat Politècnica de València

www.lalibreria.upv.es / Ref.: 6401\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-9048-619-1

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es).

## Patrocinadores



AYUNTAMIENTO DE ALICANTE

**Alicante**  
City & Beach

## Colaboradores



La Dipu de los Pueblos



Autoridad Portuaria de Motril



www.increa.eu

**renfe**



Autoridad Portuaria de Alicante

**CAMINOS**  
upv



**SIMRAD**  
**70**  
YEARS  
1947-2017



Garantía Profesional. Servicio Público



cubipod **SATO**



I+D+Hidrografía



ALICANTE · SPAIN



## Organizadores



AYUNTAMIENTO DE ALICANTE



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Autoridad Portuaria de Alicante



CONSELLERIA D'HABITATGE, OBRES PÚBLIQUES I VEGETACIÓ DEL TERRITORI



COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
Comunidad Valenciana



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



## **Comité Permanente**

Adolfo Uriarte Villalba, *AZTI TECNALIA*

Gonzalo Gómez Barquín, *Puertos del Estado*

José Manuel González Herrero, *ACCIONA Ingeniería, S.A.*

José María Grassa Garrido, *CEDEX*

Josep Ramon Medina Folgado, *Universitat Politècnica de València*

Paloma Lorente Velázquez-Gaztelu, *Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar*

Raúl Medina Santamaría, *Instituto de Hidráulica Ambiental IH Cantabria*

## **Comité Organizador**

### **Presidentes**

Gabriel Echávarri Fernández, *Alcalde del Ayuntamiento de Alicante*

Juan Antonio Gisbert García, *Presidente de la Autoridad Portuaria de Alicante*

José Miguel Saval Pérez, *Subdelegado del Gobierno en Alicante*

Rosa de los Ríos Jimeno, *Jefa del Servicio Provincial de Costas en Alicante*

### **Secretaria**

M. Esther Gómez-Martín, *Universidad de Alicante / Universitat Politècnica de València*

### **Vocales**

Andrés Francisco Rico Mora, *Representante Provincial de Alicante del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*

Carlos Eleno Carretero, *Director de la Autoridad Portuaria de Alicante*

Luis Aragonés Pomares, *Coordinador de Grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante*

M. Auxiliadora Jordá Guijarro, *Jefa de Proyectos del Servicio Provincial de Costas en Alicante*

M. Pilar Álvarez Montero, *Sub. DG de Puertos, Aeropuertos y Costas de la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Comunidad Valencia*





## **Temas**

Las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos son unos encuentros bienales, de carácter científico-técnico, que reúnen a los mejores expertos tanto de las universidades como de las administraciones y empresas, en los que se abordan a través de Ponencias y Sesiones de Pósteres temas de máximo interés, relacionados con las infraestructuras portuarias y con la gestión y protección del litoral.

Las decimocuartas Jornadas se celebrarán en Alicante y su organización ha sido asumida por un comité local que trata de representar a los diferentes sectores involucrados, como son, el Ayuntamiento de Alicante, la Subdelegación del Gobierno, la Autoridad Portuaria de Alicante, el Servicio Provincial de Costas en Alicante, la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Comunidad Valenciana, la Universidad de Alicante y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

En estas Jornadas, estarán presentes las instituciones, empresas y entidades más relevantes en las actuaciones que se llevan a cabo en la zona portuaria y costera, a través tanto de la exposición comercial como de las ponencias que se desarrollarán en 5 salas simultáneas. Con una asistencia prevista de más de 400 profesionales del sector, la XIV edición de estas Jornadas va a ser un punto de encuentro imprescindible durante el año 2017.

Clima Marítimo. Oceanografía Física

Medio Ambiente, Vertidos y Calidad del Agua Marina

Obras y Estructuras Marítimas

Procesos Litorales y Actuaciones en la Costa

Planificación y Gestión de Puertos

Gestión del Litoral

Riesgos de Inundación y Cambio Climático

Planificación Espacial Marina y Estrategias Marinas Europea



## Índice

PRUEBA DE TIRO DE DUQUE DE ALBA CON MEDIOS MARÍTIMOS. PUERTO DE MAÓ	1
Cesare A. Mosca; Antonio Ginard López	
AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA DE ATRAQUE MEDIANTE LA EJECUCIÓN DE DUQUES DE ALBA EN LA TERMINAL DE TRANSBORADORES DE BOUZAS	9
Miguel Ángel López; José Enrique Escolar; Santiago Povedano	
OBRA AUMENTO DE CALADO DEL MUELLE RAOS 1 EN EL PUERTO DE SANTANDER	25
Alberto Rodríguez-Solórzano; Néstor Urrutxua-Miguel	
TRASLADO Y MONTAJE DE UNA RAMPA RO-RO FLOTANTE DESDE EL ÁREA COMERCIAL A LA ESTACIÓN MARÍTIMA EN EL PUERTO DE SANTANDER	33
Rubén Suárez-López; María Luisa Magallanes-Fernández; Manuel Biedma-García; Julián Murillo-Bolado	
ALGECIRAS SAFEPORT: NUEVAS HERRAMIENTAS MET-OCEAN PARA EL DISEÑO Y EXPLOTACIÓN PORTUARIA	43
Pablo Rodríguez-Rubio; Francisco J. de los Santos; Rafael Molina; Christian Mans; Gabriel Díaz-Hernández; Antonio Tomás; Javier L. Lara; José María Terrés-Nicoli; Iñigo J. Losada; Enrique Álvarez	
HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN DE LA AGITACIÓN PRODUCIDA POR EL PASO DE EMBARCACIONES EN ÁREAS PORTUARIAS	51
Gabriel Díaz-Hernández; Antonio Tomás; Javier L. Lara; Beatriz Rodríguez; Rafael Molina; Pablo Rodríguez-Rubio; Francisco de los Santos	
INTERACCIÓN ENTRE LA REFLEXIÓN DE LA GENERACIÓN DE FORMAS DE LECHO	63
Manuel Cobos; María Clavero; Sandro Longo; Asunción Baquerizo; Miguel Ángel Losada	
TIPOLOGÍAS DE PERFILES DE PLAYAS EN EL LITORAL DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ	71
Antonio Contreras; Gregorio Gómez-Pina; Juan José Muñoz-Pérez; Gabriel Chamorro	
MAPAS DE PELIGROSIDAD POR MAREMOTO EN LA COSTA ESPAÑOLA COMO APOYO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS PLANES DE ACTUACIÓN DE C.C.A.A.	83
Mauricio González; Iñigo Aniel-Quiroga; Pablo García; Omar Quetzalcoatl; Patricia Fernández	
MAPAS DE PELIGROSIDAD FRENTE A MAREMOTOS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS	91
Ángela Palao-Domínguez; María Crespo; Ángela Tintoré-Parra; Luis Lacoma-Aller; Ana María Fernández-Espinosa	
BARRERAS NATURALES PARA LA DEFENSA DE LA COSTA: MARCO ESTRATÉGICO Y APLICACIONES	101
Pelayo Menéndez; Iñigo J. Losada; Michael W. Beck; Borja G. Reguero	
ENSAYO EN MODELO FÍSICO A GRAN ESCALA DE LAS OPERACIONES DE REPERFILADO DE PLAYAS PARA LA PROTECCIÓN DEL TERRITORIO FRENTE A TEMPORALES DE OLEAJE	103
José Francisco Sánchez-González; Melva Martín-Hidalgo; José Manuel de la Peña-Olivas	

ESTUDIOS DE DISPERSIÓN PARA EL VERTIDO DE LOS PRODUCTOS DE DRAGADO. CASOS: ENTORNO DE SÁLVORA	115
Juan Antonio Rodríguez-Pardo; Miguel Ángel Vigo-Baz; Fernando López-Mera	
HERRAMIENTAS DE APOYO A LA GESTIÓN DE CONTINGENCIAS POR VERTIDOS MARINOS EN EL PUERTO DE BILBAO (BILBOIL)	127
Jorge Arce-Marcos; Andrea Del Campo-Pena; Manuel González-Pérez; Luis Ferrer-Rodríguez; David Gutiérrez-Barceló; Alberto Ojanguren-Bergaz	
REFUERZO DEL DIQUE DE ONDARROA TRAS EL TEMPORAL DEL 9 DE FEBRERO DE 2016	135
Elena Quevedo-Baquerizo; Lorenzo Quevedo-Negrete; Saioa Rezabal-Arocena	
DISEÑO INTEGRAL OPTIMIZADO DE DEFENSAS COSTERAS Y MARINA CON EL USO DE XBLOC	145
Jorge Gutiérrez-Martínez; Richard De Rover; Pieter Bakker; Johan Sebastiaan Reedijk; Erik ten Oever, Tamara Eggeling; John Rae Manaois; Michael Van de Koppel	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MARINA BAIE D' ALGER	151
Juan Ignacio Grau-Albert; Juan Lazzari-Gutiérrez; Vicente Pardo	
METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA MANIOBRA DE FONDEO DE CAJONES EN INFRAESTRUCTURAS MARÍTIMAS	155
Lucía Meneses; Daniel de Los Dolores; Javier Sarmiento; David Blanco; Raúl Guanche; Íñigo J. Losada; María F. Rodríguez de Segovia; Manuel J. Ruiz; Miguel Ángel Martín; María José Conde; Francisco Esteban	
PLOCAN: REFLOTE, TRANSPORTE Y FONDEO DE OBRA MARÍTIMA SINGULAR	167
Natividad Sánchez-López; José Manuel González-Herrero; P. Bautiste Villanueva	
SIMULACIÓN DEL PROCESO DE REMOLQUE DE CIMENTACIONES PARA AEROGENERADORES MARINOS. PROYECTO I+D+i "CAPEMA"	179
Jesús Fernández-Prisuelos; José María Montero-Montalvo; Miguel Vázquez-Romero; Laura Freire-Bermúdez	
BARCOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE: VENTANAS TEMPORALES Y CLASIFICACIÓN COVEMA	189
Jorge Luengo; Javier García Barba; Vicente Negro; José Santos López-Gutiérrez; María Dolores Esteban Pérez	
VALIDACIÓN PRE-OPERATIVA Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA OPERACIONAL DE AGITACIÓN PORTUARIA DEL PROYECTO SAMOA	199
Gabriel Díaz-Hernández, Beatriz Rodríguez, Enrique Álvarez-Fanjul, Jose María García-Valdecasas, Javier L. Lara, Raúl Medina, Antonio Tomás	
NUEVOS RETOS EN LA OBSERVACIÓN Y PREDICCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS AL NIVEL DEL MAR	211
Begoña Pérez Gómez; Irene Pérez González; Marcos García Sotillo; Enrique Álvarez Fanjul	
NUEVA GUÍA DEL PIANC SOBRE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PUERTOS MARÍTIMOS Y DE INTERIOR E INFRAESTRUCTURA MARÍTIMA (PIANC WG178)	213
Susana Lizondo; Íñigo Losada Rodríguez; Jan Brooke; Charles Haine; Ben Hodgkin	
EXPERIENCIA EN EL TRASLADO DE EJEMPLARES DE NACRA DE ROCA (PINNA RUDIS) AFECTADOS POR ACTUACIONES PORTUARIAS EN AGUAS DE SERVICIO DEL PUERTO DE ALGECIRAS	221
Francisco José González; Mario Barrientos; Sergio Mestre; Carlo Tidu; Susana Díez; Manuel Moreno; Juan Pablo Pérez; Alfredo Carrasco; Juan Antonio Patrón	

REUBICACIÓN DE 75 EJEMPLARES DE <i>PINNA NOBILIS</i> PREVIA A LA INSTALACIÓN DE UN CABLE SUBMARINO EN EL PARQUE NATURAL DEL DELTA DEL EBRO Vicente Castañer-Franch y Javier Martín-Fernández	229
ANÁLISIS DE LAS TENSIONES TÉRMICAS EN CUBIPOD®. PROYECTO CEMAT Vicente Pardo; Daniel Di Capua; Carmen Andrade; Luís Saucedo y José Millán	241
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ANTE TSUNAMI DE DIQUES ROMPEOLAS DE MATERIALES SUELTOS BASADO EN ENSAYOS DE LABORATORIO Íñigo Aniel-Quiroga; César Vidal; E. M. González; Javier López Lara	251
FORMA EN PLANTA DE EQUILIBRIO EN PLAYAS ENCAJADAS: INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD DIRECCIONAL DEL OLEAJE Ahmed Ibrahim Elshinnawy; Raúl Medina; Mauricio González	261
LA EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA EN LAS PLAYAS DE ARENA DEL LEVANTE MEDITERRÁNEO José Ignacio Pagán Conesa; Luis Aragonés Pomares; Isabel López Úbeda; José Cristobal Serra Peris	273
DISEÑO DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL DE SURF ARTIFICIAL EN LA PLAYA DE SOMO-LOREDO Jared Ortiz-Angulo Cantos; Gabriel Díaz-Hernández; Javier López-Lara	283
EL CÁLCULO DEL LIMITE INTERIOR DE LA ZONA MARÍTIMO-TERRESTRE EN LA NUEVA NORMATIVA DE COSTAS: UN PROBLEMA DE GESTIÓN José Ramón Martínez-Cordero; Christian Jesús Montero-Llerandi	291
CONSIDERACIONES PARA UNA METODOLOGÍA ÚNICA EN LA ESTIMACIÓN DEL ALCANCE DE UN TEMPORAL. APLICACIÓN PARA LA DELIMITACIÓN DE LA ZONA MARÍTIMO TERRESTRE Pablo Cabrera; Juan José Muñoz; Gabriel Chamorro	305
EL PATRIMONIO CULTURAL DEL PAISAJE COSTERO EN LA PROVINCIA DE ALICANTE José Luis Menéndez Fueyo; M <sup>a</sup> Auxiliadora Jordá Guijarro	313
INNOVACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TERCER JUEGO DE ESCLUSAS DEL CANAL DE PANAMÁ Sergi Ametller	325
ESTIMACIÓN NUMÉRICA DE LA VELOCIDAD LÍMITE DE VIENTO PARA LA PERMANENCIA DE MEGACRUCEROS EN LA TERMINAL ADOSADA AL DIQUE DEL OESTE DEL PUERTO DE PALMA. COMPARACIÓN CON EL PROCEDIMIENTO DE LA ROM M <sup>a</sup> Jesús Martín-Soldevilla; Marta Jiménez-Saavedra; Ana Lope-Carvajal; Antonio Ginard-López; Víctor Darder-Gallardo	329
ESTABILIZACIÓN DEL ENTORNO NATURAL DE LA PLAYA DE SANT SEBASTIÀ. SITGES (BARCELONA) Ana María Castañeda-Fraile; Francisco Javier Escartín-García	339
INFLUENCIA DE LOS CONVERTIDORES DE ENERGÍA DEL OLEAJE EN LA MORFODINÁMICA DE PLAYAS HETEROGÉNEAS Rafael J. Bergillos; Adolfo García-García; Alejandro López-Ruiz; Miguel Ortega-Sánchez	351

METODOLOGÍA PARA LA TRAMIFICACIÓN DE ZONAS DE TRANSICIÓN BASADA EN LA INTERACCIÓN DE AGENTES	359
Juan Del Rosal-Salido; Pedro Folgueras; Miguel Ortega-Sánchez; Miguel Ángel Losada	
LAS ESTRATEGIAS MARINAS DE ESPAÑA: UNA VISIÓN DE CONJUNTO TRAS LA FINALIZACIÓN DEL PRIMER CICLO	369
M <sup>a</sup> Sagrario Arrieta Algarra; Ainhoa Pérez Puyol; Marta Martínez-Gil Pardo de Vera; Jose Luis Buceta Miller; Laura Díaz Domínguez; Paula Isabel Valcarce Arena; Jorge Alonso Rodríguez; Ana Ruiz Sierra; Itziar Martín Partida; Cristina Danés de Castro	
ESTUDIO DE UNA SOLUCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL REBASE EN EL DIQUE SUROESTE DE LA DÁRSENA DE ESCOMBRERAS	383
José Maria Valdés; José María Grassa; Ramón M. Gutiérrez-Serret; José Lozano; Maria Jesús Martín-Soldevilla; Paloma Aberturas; Martín Jáuregui	
VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE LA RED NEURONAL DE CLASH PARA DIQUES REBASABLES A ROTURA POR FONDO	395
Gloria Argente; Maria Piedad Herrera; María Esther Gómez-Martín; Josep Ramón Medina	
EL FACTOR DE RUGOSIDAD EN LA ESTIMACIÓN DE REBASE	403
Josep Ramón Medina; Jorge Molines	
APLICACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN MULTIVARIADA DE LOS TEMPORALES A LA VERIFICACIÓN DEL DISEÑO CON LOS MÉTODOS PROBABILISTAS RECOGIDOS EN LA ROM	411
M <sup>a</sup> Jesús Martín; Paloma Aberuras; Elena Cristóbal; José M. Grassa; Obdulio Serrano; Enrique Álvarez; Susana Pérez	
CÁLCULO SEMIPROBABILÍSTICO DE LAS OBRAS DE ABRIGO. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DIFERENTES MÉTODOS DE NIVEL I (COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARCIALES)	423
F Javier Escartín-García	
ESTUDIO DE LA PLAYA DE SAN LORENZO DE GIJÓN (ASTURIAS)	433
José Manuel de la Peña Olivas; José Francisco Sánchez González	
REHABILITACIÓN DE LOS MUELLES QUE CONFORMAN LA MARINA DEL PORT VELL EN EL PUERTO DE BARCELONA	445
Jose María Naranjo; Elisa Barrós; Juan Vicente Miñana; Joan González	
EL PROBLEMA DE LA GESTIÓN DE LOS DRAGADOS DE MANTENIMIENTO EN PEQUEÑOS PUERTOS AUTONÓMICOS	457
María Luisa Magallanes-Fernández; Juan Casanueva-Arpide; Amador Gafo-Álvarez	
REFLEXIONES SOBRE EL EMPLEO DE MODELOS NUMÉRICOS “USER FRIENDLY” EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL DE LA INGENIERÍA MARÍTIMA	465
Gabriel Chamorro; José Manuel Galán; Vicente Negro; Juan José Muñoz; Pablo Cabrera; Antonio Contreras	
ESTUDIO NUMÉRICO DEL EFECTO DE LAS BATEAS MEJILLONERAS EN LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE	473
Gladis Castro-Rodríguez; Gabriel Díaz-Hernández; Javier Sopelana-Peralta	
RESPUESTA MAREAL Y DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA SALINIDAD EN EL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR POR CAMBIOS EN LA MORFOLOGÍA DE LA RED DE CANALES	485
Reyes Siles-Ajamil; Manuel Díez-Minguito; Miguel Ángel Losada-Rodríguez	

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO BAJO LA INFLUENCIA DE VIENTO Andrea Lira-Loarca; Fabio Addona; María Clavero; Sandro Longo; Asunción Baquerizo; Miguel Ángel Losada	495
ESTABILIDAD DE LOS ESPALDONES DE DIQUES EN TALUD CON MANTOS DE CUBOS Y CUBÍPODOS Jorge Molines; Josep Ramón Medina	501
EVALUACIÓN DE LA ATENUACIÓN DE LA RESONANCIA EN PUERTOS MEDIANTE ESTRUCTURAS ANTIRREFLEJANTES Jose Alberto Gonzalez-Escriba; Josep R. Medina; Joaquín M. Garrido	509
RECOMENDACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE BERMAS DE PROTECCIÓN EN MUROS DE PASEOS MARÍTIMOS Jesús González Moreno; Miguel Figueres Moreno; Joaquín Garrido	519
DISEÑO DE BERMAS DE PIE CON OLEAJE ROMPIENDO POR FONDO Maria Piedad Herrera Gamboa; Josep R. Medina	529
COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO Y SENSIBILIDAD DE LOS ESQUEMAS DE DISEÑO EN ESTRUCTURAS DE GRAVEDAD APLICADAS A ENERGÍAS EÓLICAS MARINAS Adrián Escobar; José Santos López-Gutiérrez; María Dolores Esteban; Vicente Negro	539
MODELO HIDRODINÁMICO DE ALTA RESOLUCIÓN DEL PUERTO DE ALGECIRAS - PROYECTO SAMPA2 Simone Sammartino; J. Carlos Sánchez-Garrido; Cristina Naranjo; Jesús García-Lafuente; Pablo Rodríguez-Rubio; Francisco de los Santos-Ramos; Marcos García-Sotillo; Enrique Álvarez-Fanjul	549
¿CÓMO ENTIENDEN LOS CIUDADANOS LA APARICIÓN DE LOS ESCALONES DE ARENA EN LAS PLAYAS DE CÁDIZ? Gregorio Gómez Pina; P. Poulet; Juan José Muñoz; Antonio Contreras	563
LA REGRESIÓN EN LA COSTA DE VALENCIA ENTRE LOS RÍOS TURIA Y JÚCAR: REVISIÓN HISTÓRICA Y GESTIÓN Vicente Ibarra; Jaime Almenar	575
IMPACTO SOBRE LAS PLAYAS AL NORTE Y SUR DEL PUERTO DE VALENCIA TRAS LA FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN José C. Serra-Peris; Manuel Guerra-Vázquez; Maravillas Sánchez-Barcaeztegui	579
ACTUACIONES EN EL LITORAL DE A CORUÑA PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS TEMPORALES EXTRAORDINARIOS DEL ÚLTIMO LUSTRO Carlos Gil Villar; Rafael Eimil Apenela; Ignacio Pardo de Vera; Ricardo Babio Arcay	587
SENDA PEATONAL Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS ARQUEOLÓGICAS DE LA ÉPOCA ROMANA ENTRE LA PLAYA DE LA ALBUFERETA Y EL PUERTO COSTABLANCA, EN EL T.M. DE ALICANTE Rafael Zamorano Rubio; M <sup>a</sup> Auxiliadora Jordá Guijarro; Joaquín Pina Mira; Adela Sánchez Lardiés; José Luis Morales Maciá	599
PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES SEMIAUTOMATIZADA EN LA AMPLIACIÓN NORTE DEL PUERTO DE VALENCIA Rafael Ignacio González-Mateos; Pablo Jiménez-Bayo; José Aguilar-Herrando	611
PUERTO DE MOTRIL (GRANADA): TRANSFORMACIÓN DE UN PUERTO AL SERVICIO DEL TRÁFICO DE PASAJEROS Mónica Ruiz Seisdedos	623

PREDICCIÓN METEOROLÓGICA Y DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES DE ALTA RESOLUCIÓN EN ZONAS PORTUARIAS Elena Padorno-Prieto; Inés Santos-Atienza; José Ángel Ruíz-Pacheco; María Allué-Camacho; Víctor Vaz-de Jesús; Isabel Martínez-Marco	633
GENERACIÓN DEL OLEAJE EN AGUAS SOMERAS: UN ENFOQUE TEÓRICO APLICADO AL SACO INTERNO DE LA BAHÍA DE CÁDIZ Pilar Díaz-Carrasco; Miguel Ortega-Sánchez; Miguel Á. Losada	643
ONDAS DE PLATAFORMA CONTINENTAL EN EL MAR DE ALBORÁN Y COSTA LEVANTINA ESPAÑOLA María Ángeles Serrano; Manuel Díez-Minguito; Miguel Ortega-Sánchez; Miguel Á. Losada	655
VERIFICACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS DEL MODELO HARMONIE A MUY ALTA RESOLUCIÓN José Ángel Ruiz-Pacheco; Elena Padorno-Prieto; Inés Santos-Atienza; Isabel Martínez-Marco	661
NUEVOS MÉTODOS COMPUTACIONALES APLICADOS A LA INGENIERÍA DE COSTAS Mercedes López-López; Isabel López-Úbeda; Yolanda Villacampa-Esteve; Luis Aragonés-Pomares	671
MODELO INTEGRAL PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DE AGUAS EN ZONAS COSTERAS Celia Murcia; Fernando Álvarez	677
ANÁLISIS DE LOS EVENTOS EXTREMOS DE REBASE Y ESTABILIDAD DE LA CORONACIÓN DE DIQUES EN TALUD Patricia Mares-Nasarre; María Piedad Herrera; M. Esther Gómez-Martín; Josep Ramon Medina	683
ADAPTACIÓN DE TERMINALES PORTUARIAS AL INCREMENTO DE TAMAÑO DE LOS BUQUES Eloy Pita; Mario Sánchez-Barriga; Lucas Martín	691
ESTIMACIÓN DE LA SENSITIVIDAD A PARTIR DE ENSAYOS T-BAR EN SUELOS BLANDOS MARINOS Marcelo Deivinzenzi; Amadeu Deu; Norma Pérez	701
DISEÑO DE MANTOS DE CUBÍPODOS “INDESTRUCTIBLES” Y NO REBASABLES SOMETIDOS A OLEAJE LIMITADO POR FONDO María Esther Gómez-Martín; María Piedad Herrera; Josep Ramon Medina	707
APLICACIÓN DEL TEOREMA DE LA COTA INFERIOR DEL CÁLCULO PLÁSTICO AL PREDIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE AMARRE PARA EMBARCACIONES DE RECREO Alfonso Ávila; Carlos R. Sánchez-Carratalá	715
EL CONCEPTO DE PAISAJE A TRAVÉS DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN PORTUARIA: APLICACIÓN A LA NÁUTICA RECREATIVA EN LA PROVINCIA DE GRANADA Ricardo Martín-Polo; Fernando Copado-García	727
METODOLOGÍA PARA LA SIMULACIÓN DE LA OPERATIVIDAD EN CANALES DE NAVEGACIÓN: EL CASO DE PUNTA UMBRÍA Miguel Á. Reyes-Merlo; Pedro Otiñar-Morillas; Juan Del-Rosal-Salido; Rafael J. Bergillos; Miguel Ortega-Sánchez	739



LA REGENERACIÓN DE LOS ESPACIOS COMO ÁREA DE OPORTUNIDAD URBANA: APLICACIÓN A LOS PUERTOS DE COMPETENCIA AUTONÓMICA Fernando Copado-García; Ricardo Martín-Polo	745
ANÁLISIS DE IMPLANTACIÓN DE UNA ZONA FRANCA EN LA PROVINCIA DE ALICANTE Joaquín Melgarejo-Moreno; Francisco Llopis-Vañó; Armando Ortuño-Padilla; Patricia Fernández-Aracil	755
OBRAS DE EMERGENCIA EN EL ACANTILADO EN LA PLAYA DE FUENTE DEL GALLO (CÁDIZ) Natalia Nacle López; Patricio Pouillet Brea; Gregorio Gómez Pina; José Manuel González Herrero	763
SEGUIMIENTO AMBIENTAL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LA FACHADA COSTERA DEL CASCO URBANO DE ALTEA (PARTE MARÍTIMA). T.M. DE ALTEA (ALICANTE). CELDA NORTE (EL CHARCO) Francisco Luna Martínez; M <sup>a</sup> Auxiliadora Jordá Guijarro; Carlos A. Villena Hernández; Andrea Martínez García Del Real	773
ALTERACIONES EN EL FLUJO DE ENERGÍA MAREAL EN LAS BAHÍAS POR EL IMPACTO DE NUEVAS CONSTRUCCIONES: BAHÍA DE CÁDIZ Carmen Zarzuelo; Alejandro López-Ruiz; Manuel Díez-Minguíto; Andrea Lira-Loarca; Miguel Ortega-Sánchez	781
ESTABILIZACIÓN CON MALLAS DE ALAMBRE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO TECCO® Y DELTAX® DEL ACANTILADO DE LA PLAYA DE PEÑARRUBIA (GIJÓN – ASTURIAS) Julio Prieto Fernández; José Luis Gutiérrez García; Luis García-Arango Veiga; Hugo Menéndez Rodríguez	787
REMEDIACIÓN DE SEDIMENTOS MARINOS ANÓXICOS Borja Ferrández; Cesar Bordehore; Antonio Sánchez; Eva S. Fonfría; Mar Cerdán	797
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS ÁRIDOS PARA SU EMPLEO EN REGENERACIÓN DE PLAYAS DE GRAVA (ESTUDIO DE PLAYAS DE CANTOS RODADOS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE) David Cano Giménez; Adolfo Gea Pacheco; M <sup>a</sup> Auxiliadora Jordá Guijarro; Juan Antonio Guillamont Hurtado	809



## Prueba de Tiro de Duque de Alba con Medios Marítimos. Puerto de Maó

Mosca, Cesare<sup>a</sup> y Ginard-López, Antonio<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Responsable de ingeniería marítima y portuaria. IDOM Consulting, Engineering, Architecture, SAU. Gran Vía de Carles III, 97 Baixos, 08028, Barcelona. cesare.mosca@idom.com, <sup>b</sup>Jefe del Departamento de Infraestructuras. Autoridad Portuaria de Baleares. C/Moll Vell 3-5, 07012 Palma de Mallorca, Baleares. aginard@portsdebalears.com.

### Resumen

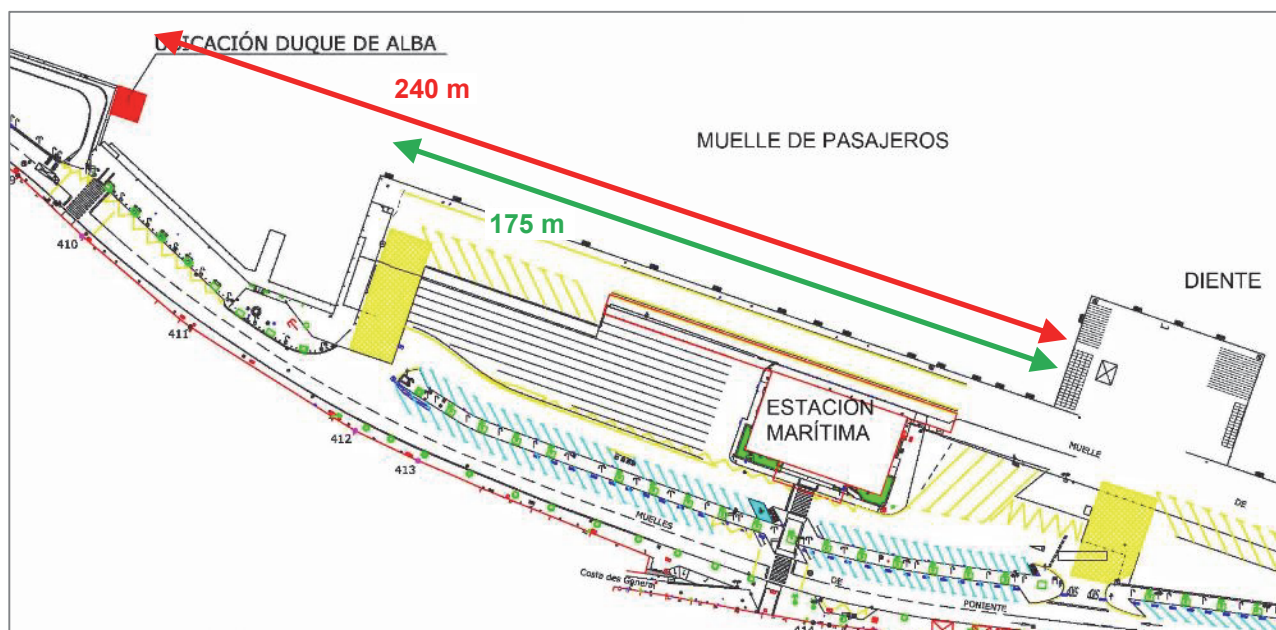
*Durante la construcción de un duque de alba en el puerto de Maó, se ha desarrollado y probado un protocolo para la realización de una prueba de tiro mediante remolcador. Basándose en recomendaciones e instrucciones españolas, la prueba se ha diseñado para una carga de tiro de 60 ton. Los resultados han sido positivos, atendiendo a criterios de desplazamiento y de fisuración. Para futuras pruebas se deberá mejorar la medición de las fuerzas y desplazamientos. Este protocolo puede ser útil para futuras pruebas de carga de tiro de bolardos con remolcadores.*

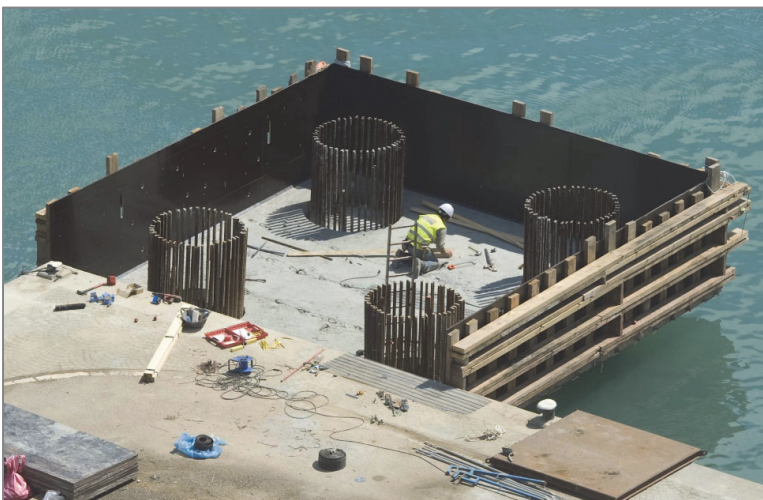
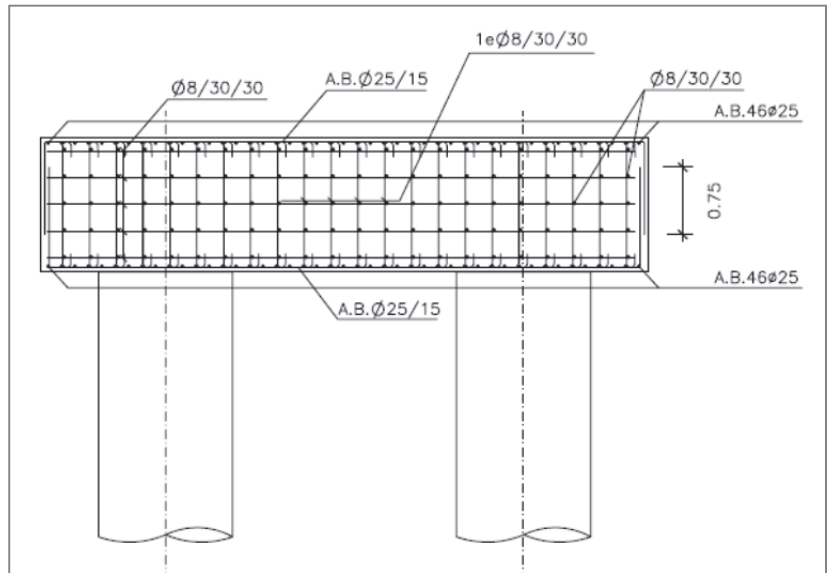
**Palabras clave:** bollardpull; remolcador; prueba de tiro.

### 1 Descripción del proyecto del duque de alba y ejecución de las obras

El puerto de Maó pertenece a la red de Puertos del Estado, y da servicio a distintas tipologías de embarcaciones: buques de crucero, ferrys tipo RO-PAX, petroleros, militares, graneleros, pesqueros y embarcaciones deportivas.

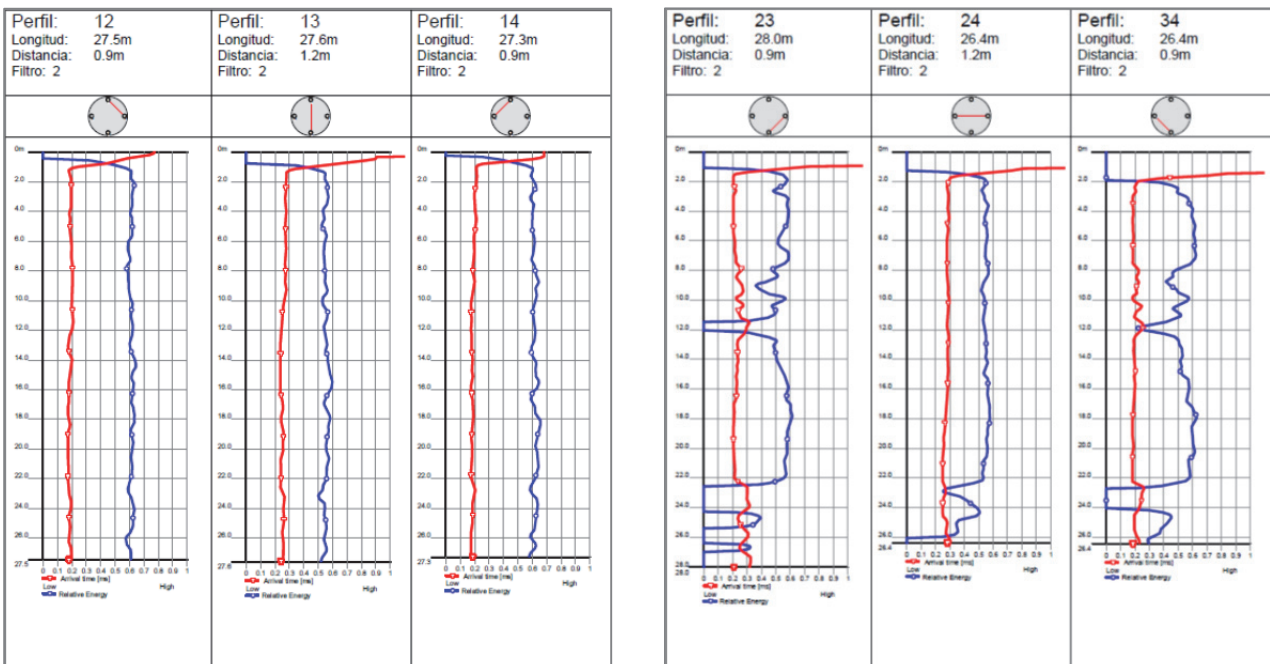
En el mes de octubre de 2007, finalizaron las obras de Ampliación y Mejora de los Muelles del Cos Nou en el Puerto de Maó, fortaleciendo así la posición de la Ribera Norte del puerto de Maó como muelles de carga para buques mixtos de mercancías y pasajeros de tipo RO-RO. Por otro lado, la Ribera Sur del puerto pretende ser destinada para el atraque de cruceros turísticos. Para resolver las necesidades de operatividad que demanda el tráfico de cruceros, se requiere la disposición de nuevas líneas de atraque, que adapten las existentes a las necesidades que requieren estos buques. El tramo de Poniente del muelle de pasajeros de la Ribera Sur, hasta el 2014, tenía una longitud de aproximadamente 176 m. Dicha longitud era insuficiente para este tipo de buques teniendo en cuenta que la eslora de los buques que tienen previsto atracar en este muelle es de 208 m. Ante estos antecedentes, la Autoridad Portuaria de Baleares ha diseñado y construido un duque de alba a una distancia tal del extremo de esta alineación, que permite prolongar el tramo de poniente del muelle de pasajeros hasta los 245 m.





El duque de alba está formado por cuatro pilotes, excavados y hormigonados “in situ” con camisa perdida (tipo CPI-5) de 1.50 de diámetro, con una longitud de empotramiento mínima de 19,50 m a partir del substrato mioceno. El encepado de los pilotes es cuadrado con la dimensión de un lado de 6.8 m y un canto de 1.50 m. El duque de alba está provisto de una defensa del tipo SC-1150-H doble y un bolardo de 100t de tiro nominal. El duque de alba ha sido diseñado y construido para soportar tiros de amarre de hasta 100 toneladas, y unas cargas de atraque de 140 toneladas en condiciones excepcionales.

Tras finalizar los trabajos de hormigonado de los pilotes y del encepado del duque de alba, se ha procedido a someter los pilotes a unos ensayos de control de integridad física mediante cross-hole. A continuación se presentan los resultados de los ensayos cross-hole realizados.



Para ello, se procedió a realizar una inyección en la punta de los pilotes, mediante la Técnica de Inyección Repetitiva y Selectiva (IRS).

## 2 Concepción de la prueba de tiro

En la definición general de la prueba, se determinó el tiro de diseño, los medios y la línea de tiro, los medios de comunicación a emplear durante la prueba, los elementos de control de la estructura, así como el sistema de medidas (tanto de la fuerza de tiro como de los desplazamientos y eventualmente de las fisuras que pudieran aparecer). La primera complicación que surgió es que debido a su ubicación, no se pudo localizar a una distancia aceptable un punto de anclaje donde hacer reacción para una prueba de tiro estática. Por lo tanto se optó por realizar una prueba de tiro mediante un remolcador.

Considerando que el duque de alba realizará sus funciones de servicio como punto de amarre, y solo en condiciones excepcionales podrá ser sometido a carga de atraque por las que tenga que trabajar la defensa (caso de impacto de un buque), conjuntamente con el DO se considera adecuado realizar la prueba de carga sobre las condiciones de amarre.

### 2.1 Normativa de referencia y casos previos

Se ha revisado la literatura disponible, y al no haberse encontrarse documentación oficial inherente a pruebas de carga de duques de alba u obras marítimas en general, se ha considerado adecuado referirse a las siguientes recomendaciones e instrucciones técnicas:

- Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carretera. Ministerio de Fomento, 1999.
- Instrucción sobre las inspecciones técnicas de los puentes de Ferrocarril (ITPF-05). Ministerio de Fomento, 2005.
- Instrucción de hormigón estructural (EHE 2008). Presidencia del Gobierno, 2008.



Como caso previo de prueba de tiro de obras marítimas mediante remolcadores, se presenta a continuación un reportaje fotográfico de una prueba similar realizada por la Autoridad Portuaria de Piombino (Italia) en el año 2004.

### 2.2 Tiro de diseño y medios de tiro

De acuerdo con la Instrucción sobre las inspecciones técnicas de los puentes de Ferrocarril (ITPF-05) del Ministerio de Fomento, 2005: *“El nivel de carga alcanzado durante las pruebas estáticas deberá ser representativo de las acciones de servicio. Para ello, las sollicitaciones estáticas obtenidas en las secciones críticas, (...) deberán estar en torno al 60%, sin superar nunca el 70% de los valores estáticos teóricos producidos por el tren de cargas ferroviarias del proyecto constructivo. En caso contrario deberá justificarse la representatividad de la prueba.”*

Si bien la prueba de carga tiro de un duque de alba mediante un remolcador no es una prueba de carga estática, se ha considerado adecuado igualmente seguir las mismas recomendaciones y diseñar la prueba de carga para un tiro de diseño del 60% del tiro nominal del bolardo, o sea 60 ton.

La ejecución de la prueba de tiro ha podido contar con la colaboración de un remolcador de Salvamento Marítimo de 60 toneladas de tiro. El remolcador empleado en la prueba tiene las siguientes características:

DIMENSIONES		CAPACIDADES		VELOCIDAD Y TIRO A PUNTO FIJO
ESLORA TOTAL	39,70m	GAS-OIL	359 m3	13 NUDOS
MANGA	12,50m	AGUA DULCE	115 m3	60t Tiro a punto fijo
PUNTAL	5,80m	ACEITE	21 m3	
CALADO DE DISEÑO	4,20m	ESPUMA	13 m3	
TRIPULACION	12 personas	DETERGENTE	12 m3	

### 2.3 Sistemas de medida y otros aspectos a tener en cuenta

La fuerza de tiro se ha medido mediante un dinamómetro de celda de carga.



Los desplazamientos se han medido mediante topografía. Los elementos de control han sido la cabeza del bolardo y el encepado.

Durante la ejecución de la prueba los equipos involucrados (Director de la Prueba, Capitán del remolcador, policía marítima) han estado constantemente en contacto mediante radiocomunicación.

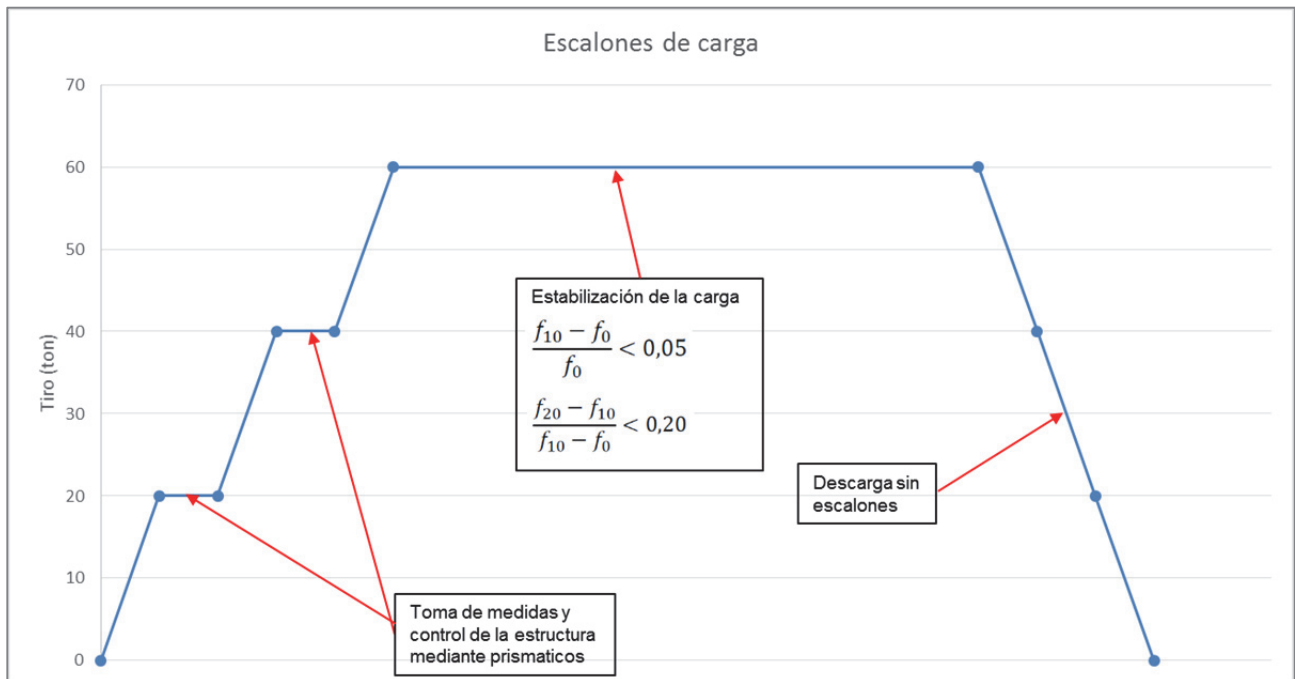
## 3 Protocolo de desarrollo de la prueba

### 3.1 Actuaciones previas

La DO realiza una inspección visual del estado del duque de alba, revisando con especial atención la presencia de eventuales fisuras y el anclaje del bolardo a la losa.

### 3.2 Forma de aplicación de la carga

Se aplicará la carga en tres escalones de 20 toneladas. El proceso de descarga se llevará a cabo en escalones análogos y en orden inverso. No será necesario esperar la estabilización de las medidas entre los escalones, aunque se procederá a tomar una medición de los desplazamientos en cada escalón, y se verificará el valor del desplazamiento antes de pasar al escalón sucesivo.



Una vez alcanzado el tiro de la prueba de carga, se realizará una medida de la respuesta instantánea de la estructura  $f_0$  en los puntos de medición. Transcurridos 10 minutos se obtendrá una nueva medida en dichos puntos  $f_{10}$ . Si las diferencias entre los valores medidos a 10 minutos y los valores instantáneos son inferiores al 5%, o bien son del mismo orden de la precisión de los aparatos de medida, se considerará estabilizado el proceso de carga:

$$\frac{f_{10} - f_0}{f_0} < 0,05$$

Si no se satisface la condición anterior, se mantendrá la carga durante un nuevo intervalo de 10 minutos, considerándose cumplido el requisito de estabilización si, realizada la medida  $f_{20}$ , la diferencia de medidas correspondiente a este intervalo es inferior al 20% de la diferencia de las medidas correspondientes al intervalo anterior, o bien es del mismo orden de magnitud de precisión de los aparatos de medida:

$$\frac{f_{20} - f_{10}}{f_{10} - f_0} < 0,20$$

Si la segunda condición tampoco se cumpliera, se procederá a efectuar la descarga. Una vez se haya alcanzado la estabilización, se procederá a tomar las medidas finales en todos los puntos de medida.

Después de descargar totalmente la estructura, se esperará a que los valores de las medidas estén estabilizados, aplicando el mismo criterio seguido para el proceso de carga.

### 3.3 Criterios de aceptación

#### 3.3.1 Criterio de remanencia

Los valores remanentes  $f_r$  correspondientes a un estado de carga se definen como la diferencia entre los valores estabilizados después de la descarga y los iniciales antes de la carga.

Se define la remanencia  $\alpha$  correspondiente a un determinado estado de carga por el cociente entre el valor remanente y la medición estabilizada con la carga aplicada  $f_{est}$ :

$$\alpha = \frac{f_r}{f_{est}}$$

El límite de aceptación  $\alpha_{lim}$  de la remanencia del duque de alba se fija en un 20%, al considerarse una estructura de hormigón armado:

$$\alpha_{lim} \leq 0,20$$

En el caso que el valor de remanencia sea superior al límite de aceptación e inferior a dos veces, se procederá a repetir el ensayo. En este supuesto, si el valor de remanencia obtenido en la segunda prueba fuera inferior o igual a la tercera parte del valor obtenido en la primera prueba, se consideraría aceptable. En caso contrario se suspenderá la prueba de carga. En el caso que el valor de remanencia sea superior al límite de aceptación por más de dos veces, se suspenderá la prueba de carga.

A continuación se presenta un esquema resumen.

Si $\alpha \leq \alpha_{lim}$	El valor de la remanencia se considera admisible
Si $\alpha_{lim} < \alpha \leq 2\alpha_{lim}$	Se realizará un segundo ciclo de carga y descarga
Si $\alpha > 2\alpha_{lim}$	Se suspenderá la prueba de carga

En el caso de ser necesario un segundo ciclo de carga:

Si $\alpha_2 \leq \alpha_1/3$	El valor de la remanencia se considera admisible
Si $\alpha_2 > \alpha_1/3$	Se suspenderá la prueba de carga

Siendo  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  los valores de remanencia respectivamente del primer y segundo ciclo de carga.

### 3.3.2 Criterio de la flecha

Los valores de los desplazamientos elásticos horizontales no superarán en un 15% los valores previstos para el encepado:

$$\frac{f_{est} - f_r}{f_{previstos}} < 15\%$$

#### 3.3.2.1 Fisuración

La DO procederá a inspeccionar que no haya fisuras que se mantengan abiertas con un ancho mayor de 0,1mm.

#### 3.3.2.2 Inspección visual

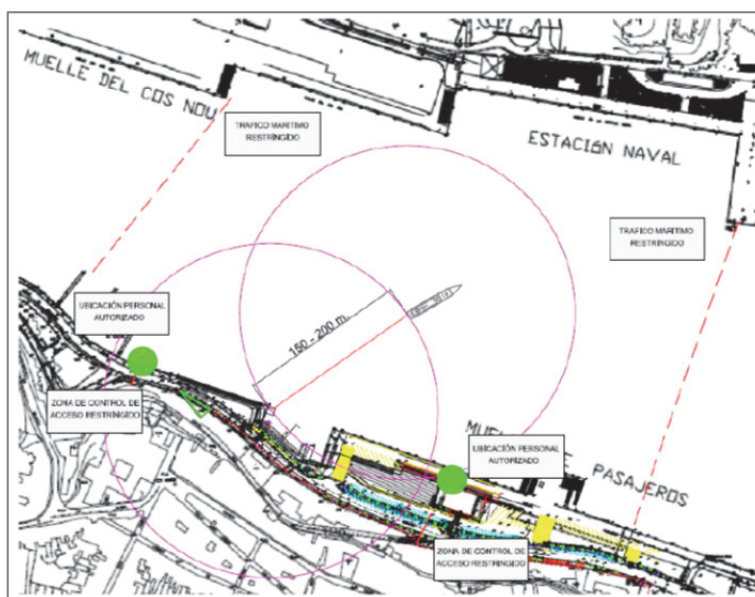
La DO procederán a inspeccionar el duque de alba, comprobando que no aparezcan signos de agotamiento de la capacidad portante en ningún punto.

### 3.4 Seguridad y salud

Durante toda la duración de las fases de carga y descarga, quedará prohibido el paso y el estacionamiento a cualquier persona, vehículo o medio marítimo dentro del área de influencia de la prueba de tiro.

El área en tierra será la definida por un círculo centrado en el bolardo y de radio igual a la longitud de los cabos de tiro empleados por lo remolcadores. El área en mar será la definida por los patrones de las embarcaciones marítimas.

Para las tareas de cierre temporal del tráfico terrestre (tanto vehículos como peatones) y marítimo, se contará con la colaboración de la policía portuaria.





## 4 Desarrollo de la prueba

### 4.1 Descripción de la prueba

La prueba de tiro se ejecutó empleando como medio de tiro un remolcador de Salvamento Marítimo. Como era de esperar, al haber realizado la prueba de tiro con un medio marítimo, la tensión de tiro no fue constante durante la prueba, sino que sufrió oscilaciones importantes, debidas a la inercia del remolcador y a la elasticidad de la línea de tiro. Cabe la pena mencionar que el objeto de la prueba de tiro era la recepción de la obra ejecutada, y por lo tanto el sistema de medición empleado fue diseñado para realizar mediciones puntuales de las fuerzas y desplazamientos, con el objeto de confirmar la magnitud de la fuerza de tiro aplicada, así como los desplazamientos inducidos.

A continuación se presentan de forma resumida los pasos seguidos durante la prueba:

1. Fase inicial
  - a) Comprobación del funcionamiento del sistema de comunicación
  - b) Comprobación de la estructura
  - c) Comprobación de las medidas de seguridad y salud
  - d) Comprobación del sistema de medidas
  - e) Amarre del remolcador al bolardo y puesta en tensión del cabo de amarre
2. Fase de tiro
  - a) Inicio del ciclo de carga hasta un primer escalón de control y lectura del desplazamiento inducido
  - b) Aumento de carga hasta un segundo escalón de control y lectura del desplazamiento inducido
  - c) Aumento de la carga hasta el valor máximo previsto y lectura del desplazamiento inducido, y mantenimiento de la carga durante el tiempo previsto
  - d) Comienzo del ciclo de descarga por escalones, siguiendo al contrario el ciclo de carga
3. Fase de final
  - a) Comprobación de desplazamientos residuales
  - b) Retirada de elementos de amarre y fin de la prueba

### 4.2 Medición durante la prueba

#### 4.2.1 Desplazamiento

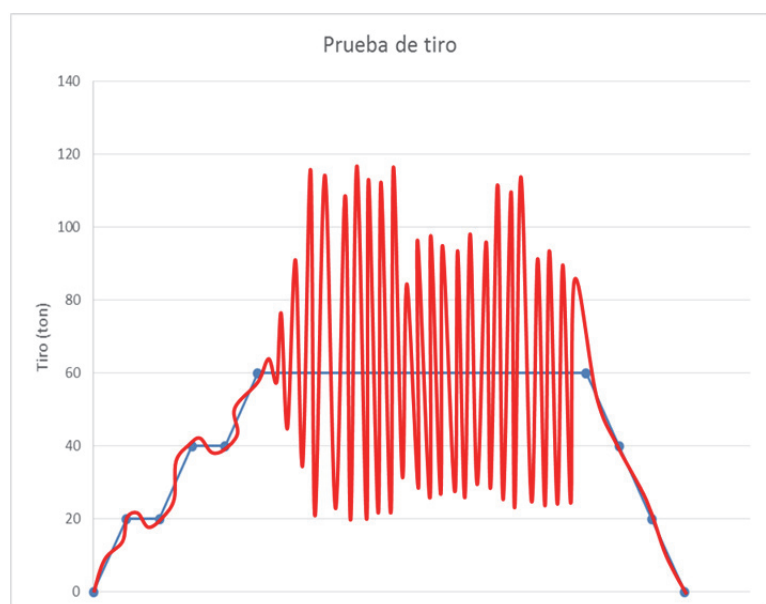
Debido al sistema de medición empleado, no ha sido posible realizar una medición en continuo de los desplazamientos de los puntos de control. De todos modos se evidencia que estos no han pasado de los pocos milímetros.

#### 4.2.2 Fuerza de tiro

Debido al sistema de medición empleado, no ha sido posible realizar una medición en continuo de los desplazamientos de los puntos de control. El gráfico evidenciado al lado es meramente indicativo, con los valores medidos puntualmente durante la prueba.

Como era de esperar al realizar el tiro mediante el uso de un remolcador, las cargas no han tenido un comportamiento estático.

Lo que no había sido previsto es que llegaran a aproximadamente el doble de lo previsto (120% del tiro de diseño del duque de alba). A estos efectos, se confirma la bondad de la hipótesis inicial de limitar el valor del tiro del remolcador a 60 ton nominales, ya que estas han acabado siendo casi 120 ton debido a los efectos dinámicos y elásticos del cabo de tiro.



### **4.3 Resultado de la prueba**

La estructura se ha movido del orden de pocos mm y ha vuelto a su posición original (a menos de decimas de mm):

- criterio remanencia
- criterio de flecha

No ha sufrido daños ni presenta fisuras apreciables visualmente:

- criterio fisuración
- criterio Director de la Prueba

Se considera por lo tanto satisfactoria la prueba realizada.

## **5 Aspectos relevantes y conclusiones**

El comportamiento del duque de alba fue el esperado, al haber cumplido con los criterios de aceptación definidos. Por último, vale la pena indicar que el procedimiento descrito puede ser de interés también para definir otras pruebas de tiro de bolardos, que por su ubicación no puedan ser ensayados mediante pruebas de carga estática.

Las cargas han llegado al doble de la carga de diseño, llegando alrededor del 120% de las cargas de los ELS, y no cumpliendo el criterio de no sobrepasar el 70% según las instrucciones de los puentes.

Por otro lado haber probado el duque de alba al 120% de su carga de diseño ha sido seguramente muy exigente, pero del todo razonable considerando que la estructura estaba recién construida.

Quizás el empleo de 2 remolcadores de iguales características y puestos en Y habría reducido la amplitud de las oscilaciones de la aplicación de la carga.

Se considera satisfactoria la prueba realizada, y el protocolo diseñado aplicable a otros casos similares donde pueda ser necesario.

Aspectos a mejorar: medición en continuo de fuerzas y movimientos

## Ampliación de la Línea de Atraque mediante la ejecución de Duques de Alba en la Terminal de Transbordadores de Bouzas

López, Miguel Angel<sup>a</sup>; Escolar, José Enrique<sup>b</sup> y Povedano, Santiago<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Sociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO), Del. Galicia, C/ Compostela 8 3º dcha, 15004 Coruña. mlopez@ohl.es, <sup>b</sup>Autoridad Portuaria de Vigo, Praza da Estrela 1, 36201, vigo.jeescolar@apvigo.es, <sup>c</sup>Sociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO), D. Técnica, Torre Espacio, Pº Castellana 259-D, 28046 Madrid. Povedano@ohl.es

---

### Resumen

*La Autoridad Portuaria de Vigo, para mejorar su operatividad y dar servicio al incremento del transporte de mercancías en el Puerto de Vigo, promueve la construcción de una nueva alineación de atraque mediante la ejecución de estructuras pilotadas tipo “Duque de Alba”, que servirá de amarre y atraque de los buques, y junto con la rampa ro-ro permitirá dotar de capacidad suficiente a la Terminal para asumir los incrementos de tráfico debidos a la puesta en funcionamiento de la Autopista del Mar.*

*El artículo ha sido desarrollado para su presentación en las XIV Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. Describe las actividades más significativas de la ejecución de la obra “Ampliación de la Línea de Atraque mediante la ejecución de Duques de Alba en la Terminal de Transbordadores de Bouzas”.*

*El documento describe la sistemática empleada para la ejecución de las actividades más significativas del proyecto de esta obra marítima, siendo estas: la ejecución de pilotes desde pontonas, encepados y colocación de pasarelas. Los autores del presente artículo, conscientes de la dificultad técnica de las actividades, de su complejidad y la singularidad de estas obras; descomponen cada una de sus actividades en las fases que las componen para su descripción e incluyen fotografías específicas e ilustrativas.*

**Palabras clave:** Puerto de Vigo, Terminal de Bouzas, Duques de Alba, pilotes, encepados, hinca, pasarelas, lodos bentoníticos, pontona, encamisar.

### 1. Introducción

La realización de esta obra viene propiciada por el incremento del transporte de mercancías por medios rodados en el Puerto de Vigo, principalmente el tráfico de vehículos nuevos. Dicho crecimiento viene impulsado por las políticas Europeas de apoyo a la creación de autopistas marítimas que permitan desarrollar un transporte medioambientalmente sostenible.

Previo a la ejecución de los trabajos la Terminal de Bouzas, especializada en el tráfico de mercancía general RO-RO, disponía de 5 rampas fijas para el atraque de buques disponiendo de una superficie de almacenamiento de 400.000 m<sup>2</sup>.



Fig.1. Vista aérea Terminal de Bouzas

Como solución para mejorar la operatividad se propone la construcción de una nueva alineación de atraque mediante la ejecución de estructuras pilotadas tipo “Duque de Alba”, que servirán de estructuras de amarre y atraque de los buques, y que permitirá dotar de capacidad suficiente a la Terminal para asumir los incrementos de tráfico previstos como consecuencia de la puesta en funcionamiento de la Autopista del Mar.

Esta nueva alineación se ubicará a continuación de la rampa nº 6, en la alineación de escollera existente, ya que en esa zona se podrá gestionar el tráfico marítimo generado por la Autopista del Mar más eficientemente facilitando la carga y descarga del mismo.

## 2. Principales Características / Dimensiones

- 1.- Nuevo atraque para buques de hasta 250 metros de eslora
- 2.- 3 Puntos de Atraque en Duque de Alba y 6 puntos de amarre 4 sobre Duque de Alba y 2 en tierra.
- 3.- Presupuesto de las Obras: 3.610.297,81 €

## 3. Principales unidades de obra

- 1.- 1.800 ml de pilote de 1,80 m de diámetro
- 2.- 850 Tn de acero en armadura de pilotes y encepados.
- 3.- 660 Tn en acero de encamisados.
- 4.- 80 Tn de acero en pasarelas
- 5.- Elementos de atraque y amarre.

**Para seguir leyendo haga click aquí**