COSTASY PUERTOS

Vigo, 11 y 12 de mayo del 2022

PALACIO DE CONGRESOS MAR DE VIGO



www.costasypuertos2022.com

XVI Jornadas españolas de ingeniería de Costas y Puertos

Libro de resúmenes

Vigo, 11 y 12 de mayo de 2022

Editora científica

M. Esther Gómez-Martín

Congresos UPV

Libro de resúmenes: XVI Jornadas españolas de ingeniería de Costas y Puertos

Editora científica M. Esther Gómez-Martín

© de los textos: los autores

© imagen de portada: Autoridad Portuaria de Málaga

© 2022 Editorial Universitat Politècnica de València www.lalibreria.upv.es / Ref.: 2107_06_01_01

Las actas completas de este congreso se publicarán en la Editorial de la Universitat Politècnica de València con ISBN: 978-84-1396-000-5

Imprime: Byprint Percom, sl

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.



COSTAS Y PUERTOS

Vigo, 11 y 12 de mayo del 2022

PALACIO DE CONGRESOS MAR DE VIGO

COMITÉS

Comité Permanente

Secretario Permanente: Raúl Medina Santamaría, Instituto de Hidráulica Ambiental, IH Cantabria.

Ana Patricia García Fletcher, Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.

Gonzalo Gómez Barquín, Puertos del Estado.

M. Esther Gómez Martín, Universitat Politècnica de València.

Jose Manuel González Herrero, ACCIONA Ingeniería, S.A.

Jose María Grassa Garrido, CEDEX.

Josep Ramón Medina Folgado, Universitat Politècnica de València.

Adolfo Uriarte Villalba, Director de Patrimonio Natural y Cambio Climático.

Comité Organizador

Presidentes

Jesús Vázquez Almuíña, Presidente, Autoridad Portuaria de Vigo. Miguel García García, Jefe del Servicio Provincial, Servicio Provincial de Costas en Pontevedra.

Vocales

Susana Lenguas Gil, Presidenta de Puertos de Galicia.

Ana María Bernabéu Tello, Profesora titular, Universidad de Vigo.

Beatriz Colunga Fidalgo, Directora, Autoridad Portuaria de Vigo.

Enrique Urcola Fernández-Miranda, Decano del Colegio de Caminos Canales y Puertos de Galicia.



COSTAS Y PUERTOS

Vigo, 11 y 12 de mayo del 2022

PALACIO DE CONGRESOS MAR DE VIGO

TEMAS

Para el Comité Organizador Permanente de las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos, es un honor daros la bienvenida a la XVI edición, que tendrá lugar en Vigo los días 11 y 12 de mayo de 2022.

La gestión de las zonas costeras requiere de unos conocimientos técnicos cada vez más complejos de manera que se garantice la sostenibilidad de sus recursos. La planificación de los usos y recursos es, por lo tanto, una responsabilidad que comparten Administraciones públicas, Autoridades portuarias, Consultoras, Constructoras, Centros de I+D y Universidades.

Las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos que se celebran desde 1992 bienalmente serán, reúnen a los mejores expertos, nacionales e internacionales tanto de las universidades como de las administraciones y empresas, en los que se abordan a través de Ponencias y Sesiones de Pósters temas de máximo interés, relacionados con las infraestructuras portuarias y con la gestión y protección del litoral.

Estamos seguros de que estas XVI Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos serán un evento que todos recordaremos tanto por las novedades técnicas que se presentarán como por todas las personas que con sus comunicaciones, presentaciones y colaboraciones harán del mismo un hito inolvidable.

Clima marítimo y 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 integrada del litoral

Cambio climático y medidas de adaptación en puertos y costas

Planificación espacial marina y estrategia marina europea



COSTAS Y PUERTOS

Vigo, 11 y 12 de mayo del 2022

PALACIO DE CONGRESOS MAR DE VIGO

PROGRAMA

MIÉRCOLES 11 DE MAYO 2022

 08:00-09:00h.
 Recogida de documentación

 09:00-09:30h
 Conferencia Inaugural

 09:30.11:10h.
 Sesión 1 (5 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)

 11:10-11:40h.
 Pausa Café

 11:40-13:40h
 Sesión 2 (6 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)

 13:40-16:00h.
 Comida

 16:00-17:40h.
 Sesión 3 (5 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)

 17:40-18:00h.
 Pausa Café

 8:00-19:00h.
 Sesión 4 (3 ponencias de 20' en 5 salas paralelas)

JUEVES 12 DE MAYO 2022

 09:00-11:00h.
 Sesión 5

 11:00-11:30h.
 Pausa Café

 11:30-13:30h.
 Sesión 6

13:30-14:00h. Conferencia de Clausura

14:30-16:00h. Comida

16:30-18:00h. Visita Técnica. Puerto de Vigo

I. SESIÓN 1: 11/05 9:30-11:10

1.1. Obras Marítimas I (Sala 1)

1.1.1 Una actuación marítima singular. Rellenos en la Margen Izquierda del Canal de Deusto para el desarrollo urbanístico de la isla de Zorrotzaurre (Bilbao).

J. García Morales, D. Zamora Serrano, T. Hernández Giraldo, A. Tena Mesa.

1.1.2 Retos durante la ejecución del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL y Carga de Ganado en la Dársena de Escombreras.

Luis Peña Portillo, Antonio Corredor Molguero, Juan Manuel González Esteban.

- 1.1.3 Refuerzo de las obras de abrigo de Marina Palamós. F. Javier Escartín García. Álvaro Navarro Cubillas.
- 1.1.4 Proyecto de la Ampliación norte del Muelle Sur de Huelva. *Alfonso Peña, Eloy Pita, Lucas Martín.*
- 1.1.5 Proyecto de Detalle y Optimización del Rompeolas, Dragado y Recintos de Explanada del Puerto Exterior de San Antonio (Chile).

José Luis Monsó del Prat, Laia Ortego.

1.2 Actuaciones en la costa (Sala 2)

1.2.1 Nuevo frente marítimo de Tarragona – Pasarela patonal sobre las vías de FFCC y remodelación paseo marítimo inmediato.

Joan Borrás i Tous, Jordi Hernández Marín,

1.2.2 Defensa de márgenes erosivos del PN de Doñana. Actuación de emergencia durante los dragados de mantenimiento de la canal de navegación de la ría del Guadalquivir.

Antonio Bejarano Moreno, Rodrigo García Orera, Patricio Poullet Brea, Angel Pulido Hernández, Gabriel Jesus Cuena López, Juan Pedro Castellano Domínguez, Carlos Osborne Sánchez. 1.2.3 Análisis de la efectividad de la técnica de recuperación asistida "scraping" en la acreción producida en playas macro-mareales. Casos de estudio: Fuentebravía y La Costilla (Cádiz).

Erica Pellón de Pablo, Patricio Poullet, Mauricio González, Raúl Medina.

1.2.4 Acondicionamiento y acceso a la Cetárea de Sarridal en Cedeira. (A Coruña).

Carlos Gil Villar, Jezabel Enríquez Castro, Javier S. Puertas Mosquera, Rafael Eimil Apenela.

1.2.5 Análisis del hundimiento de bloques en fondos arenosos.

Antonio Contreras de Villar, Juan José Muñoz Pérez, Francisco Contreras de Villar, Bismarck Jigena, Patricia López García.

1.3 Puertos: Economía Azul y Estrategia Verde (Auditorio)

- 1.3.1 BLUE GROWTH VIGO 2021-2027 El crecimiento azul como motor de futuro: El ejemplo de la Autoridad Portuaria de Vigo. *Carlos Botana Lagarón.*
- 1.3.2 Sostenibilidad en el puerto de Algeciras: Hacia una estrategia verde.

Fidel Jorge Ruiz Torres.

- 1.3.3 La descarbonización del transporte marítimo y su impacto en la infraestructura portuaria: competitividad y gobernanza.

 Francisco de Asís de Manuel López, David Díaz Gutiérrez, Alberto Camarero Orive, José Ignacio Parra Santiago.
- 1.3.4 Producción de Amoniaco verde en parques marinos aislados: Provecto BahíaH2.

César Vidal Pascual, Francisco Royano Gutiérrez, Raúl Guanche García.

1.3.5 Análisis sectorial de los criterios fundamentales para la evaluación de la viabilidad de las instalaciones de generación de energía undimotriz en los puertos.

Raúl Cascajo Jiménez, Rafael Molina, Luis Pérez.

1.4 Clima Marítimo I (Sala 5)

1.4.1 Análisis climático para el diseño y gestión de infraestructuras marítimas y sistemas costeros acotando la incertidumbre.

Manuel Cobos Budia, Pedro Magaña, Pedro Otiñar, Marcus Silva, Asunción Baquerizo.

1.4.2 Análisis composicional de la tendencia de los temporales de oleaje.

Jesús Corral López, María Isabel Ortego, Juan José Egozcue.

1.4.3 Caracterización del régimen extremal de oleaje y nivel del mar en un contexto de cambio climático para su aplicación a ingeniería de costas y puertos.

David Lucio Fernández, Antonio Tomás, Javier López Lara, Íñigo J. Losada.

1.4.4 Verificación de los Modelos de Predicción del Oleaje en AEMET.

Ángel Martínez Ferrer, Ernesto Barrera Rodríguez.

1.4.5 Evaluación climática de la idoneidad del espectro teórico JONSWAP en zonas costeras.

Ottavio Mattia Mazzaretto, Melisa Menéndez, Héctor Lobeto.

1.5 Contaminación Marina y Atmosférica (Sala 6)

1.5.1 Herramienta online para la estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos en el ámbito portuario.

Javier García-Valdecasas, José María Terrés Nícoli, Christian Mansa, Laura Crespo, Coralina Hernández, Enrique Álvarez Fanjul.

1.5.2 Metodología para la estimación en tiempo real de las emisiones procedentes de buques, a partir de datos AIS.

María Eugenia Prieto, Laura Crespo García, Pedro Castaño Martínez, Enrique Tortosa Solvas.

1.5.3 Sistema para la prevención y respuesta ante contaminación marina y atmosférica por sustancias químicas en entornos portuarios.

Germán Aragón Caminero, Ana J. Abascal, María González, Ana María Largo, Begoña Lamathe, Luis Pedraz, Ana de los Ríos, Beatriz Perez-Díaz, Andrés Martínez, Javier F. Bárcena, Andrés García, Araceli Puente, Felipe Fernández, Raúl Medina.

- 1.5.4 Estudio "In Situ" del comportamiento del vertido al mar de la Idam De Mutxamel (Alicante). Correlación con los resultados previos de modelos matemáticos y modelos físicos reducidos.

 Manuel Antequera Ramos, Fernando Benayas Alcázar.
- 1.5.5 CICLOPE: sistema para la previsión de los efectos generados por los vertidos del saneamiento sobre la calidad del agua.

 Andrés García Gómez, Javier García-Alba, Javier F. Bárcena, Eduardo García, César Álvarez, María Sainz, Leandro Morante, Juan C. Fernández.

II. SESIÓN 2: 11/05 11:40-13:40

2.1. Obras Marítimas II (Sala 1)

- 2.1.1. Proceso constructivo de Muelle de Tablestacas: Ampliación Norte del Muelle Sur (Puerto de Huelva). Guadalupe Díaz Alonso, Álvaro Rodríguez Cáceres.
- 2.1.2. PRE-FEED LNG Gas to Power Terminal en el Sudeste Asiático.

 Marta Contreras González-Rosell, Alfonso Capote García, Daniel Zamora

 Serrano
- 2.1.3. Uso de metamodelos en el cálculo de la estabilidad geotécnica de diques verticales en el cálculo de un Nivel III. Caso práctico de la ampliación del Dique de La Palma.

 María Luisa Magallanes Fernández, Fernando J. Méndez Incera.
- 2.1.4. Obra de refuerzo del dique de abrigo del puerto de Bermeo.

 Saioa Rezabal Arocena, Borja Zugasti Bernardo, Nestor Urrutxua Miguel,
 Nerea Ramos Gómez, Alberto García Morales.
- 2.1.5. Nuevo shiplift de 4.800 tn en el puerto de Barcelona.

 Gemma Peñalver Cerdá, Oriol Garcia Arribas, Miguel Ángel Pindado, Ramon Griell Bernadó, Jorge Gutiérrez Martínez y Daniel Triguero Rodríguez.
- 2.1.6. Nuevo dique exterior del puerto de Génova (Italia).

 Elena Quevedo Baquerizo, Laia Ortego Valencia, Daniele Maroni, Antonio
 Lizzadro, Marco Vaccari

2.2. Procesos litorales (Sala 2)

2.2.1. Relevancia del transporte transversal de sedimentos en óvalo valenciano

Leonardo Monzonís Forner, Fernando Pérez Burgos, Mª Josefa Solernou Sanz, Miguel Ángel Aragón Babiloni.

2.2.2. Dinámica sedimentaria en la ría de Avilés.

María Jesús Martín Soldevilla, José Francisco Sánchez, Patricia Martín Gómez, Ana Lloret Capote, Laura Ruiz Mateo, Olga Mª Sánchez Luzón.

2.2.3. Estudio sobre las causas de la pérdida de estabilidad del espigón de la margen derecha de la Ría de Navia (Asturias).

Antonio Tomás Sampedro, Miriam Jiménez, Maria F. Álvarez de Eulate, Verónica Cánovas, Luis Fernando López, Aritz Abalia, Javier García Alba, Beatriz Rodriguez, Gabriel Díaz-Hernandez, Ernesto Mauricio González, Andrés García, Javier L. Lara, César Álvarez, César Vidal, Raúl Medina, Bárbara Monte.

2.2.4. La biomasa aérea del ecosistema como parámetro clave para determinar su servicio de protección costera.

María Emilia Maza Fernández, Javier L. Lara, Íñigo J. Losada, Fernando López-Arias.

2.2.5. Ensayos en modelo físico para el estudio de rebases en la segunda playa del Sardinero.

Melva Martín Hidalgo, José Francisco Sánchez González.

2.2.6. Inteligencia artificial al servicio de la protección de las zonas de baño a través del concepto de bandera electrónica: Sistema SOSeas.

Javier García Alba, Javier F. Bárcena, Luis Pedraz, Felipe Fernández, Andrés García, Marcos Mecías, Javier Costas-Veigas, María Luisa Sámano, David Szpilman.

2.3. Obras, Aspectos Constructivos y Operativos (Auditorio)

2.3.1. Análisis del desplazamiento de cajones durante la construcción de la 2ª Fase Prolongación Dique Reina Sofia Sur en Las Palmas.

Clara Pintado Gorordo, Antonia Bordón Guerra, Araceli López Mentado, Antonio Molguero Corredor.

2.3.2. Desarrollo de una herramienta para la gestión de la compuerta en el puerto de Malpica.

Javier Sopelana Peralta, Miguel Ángel Vigo Baz, Juan Antonio Rodríguez Pardo, Pedro Urquijo Gómez, Juan Taboada, Pablo Carracedo García, Luis Cea Gómez.

2.3.3. Aportaciones del CEDEX a las novedades del Código Estructural para el hormigón expuesto a ambiente marino.

Pilar Alaejos Gutiérrez, Susana Fernández García, Gonzalo Pazó Coyola. Ana Lope Carvajal.

2.3.4. Análisis de la resonancia puerto-buque y propuesta de umbrales operativos en la terminal petrolera del Puerto Interior de A Coruña.

Raquel Costas Gómez, Andrés Figuero, José Sande, Humberto Carro, Christian Souto, Enrique Peña, Andrés Guerra, Enrique Maciñeira, Juan Diego Pérez.

2.3.5. Instrumentación de esfuerzos en diques flotantes de hormigóncomparativa con resultados experimentales de modelo físico y modelo numérico.

> Javier Sopelana Peralta, Fernando López Mera, Miguel Ángel Vigo, Enrique Peña González, José Sande González-Cela, Andrés Figuero Pérez, Delia Regueira Muñiz, Álvaro Rodríguez-Luis, Sergio Fernández-Ruano, Raúl Guanche.

2.3.6. Refuerzo del manto en diques de abrigo.

Rafael Torres Samper.

2.4. Clima Marítimo II (Sala 5)

2.4.1. TESLA 2.0: Un Emulator de Parámetros Meteo-Oceánicos para el Diseño Probabilístico de Obras Marítimas en Climas con Ciclones Tropicales y Extra-Tropicales.

Fernando Méndez Incera, Laura Cagigal, Alba Cid, Alberto Luceño, Ana Rueda, Nicolas Ripoll.

2.4.2. Caracterización de eventos compuestos de lluvia y oleaje extremos en la costa Mediterranea NO.

Marc Sanuy Vázquez, Jose A. Jiménez Quintana.

2.4.3. Desarrollo de un hindcast de oleaje espectral de alta resolución en Cantabria: aplicación al recurso surf.

Javier Tausía Hoyal, Alba Ricondo, Ana Rueda, Sonia Castanedo, Juan J. González. Fernando J. Méndez.

2.4.4. Evaluación de los datos de oleaje de proyecciones climáticas en la costa española.

María Suárez Bilbao, Melisa Menéndez, Adrián Acevedo, Marta Ramírez-Pérez. Héctor.

2.4.5. Predicción estacional de la actividad de ciclones tropicales en el Pacífico Sur

Andrea Pozo, Sara O. van Vloten, Laura Cagigal, Fernando Méndez.

2.4.6. Desarrollo y validación de la Superficie de Referencia Vertical para Hidrografía (SRVH). Aplicación de una red multipropósito para la medida del Nivel del Mar con técnicas GNSS de alta precisión.

> José Manuel Quijano, Marcos Larrad, Rafael Molina, Alberto Rodríguez, David Rodríguez, Álvaro Campos, Begoña Pérez Gómez, José Antonio Sánchez Sobrino

2.5. Basura y contaminación marina (Sala 6)

2.5.1. Vigilancia de basura marina y vertidos contaminantes con técnicas de Computer Vision.

Mariano Morell Villalonga, Pedro Portau, Antoni Perelló, Manuel Espino, Manel Grifoll, Carlos and Garau.

2.5.2. Identificación de fuentes de basuras marinas en playas en España: una aproximación al origen de las basuras marinas que encontramos nuestras playas.

Pilar Zorzo Gallego, José L. Buceta, Juan L. Gil, Marta Martínez-Gil.

2.5.3. Procedimientos para la estimación del aporte de microplásticos que llegan al mar a través de los ríos.

María Plaza Arrovo, Jesús Martínez Fernández, César Gutiérrez Revilla.

2.5.4. Análisis experimental del efecto del oleaje en el transporte y dispersión de meso y microplásticos en playas.

Paula Núñez Pérez, Alessandro Romano, Javier García-Alba, Margot Sánchez, Andrés P. Mendoza, Ana. J. Abascal, Andrés García, César Vidal, Raúl Medina. 2.5.5. Análisis numérico y validación de modelo lagrangiano para la dispersión de basuras marinas flotantes en la costa oeste del mar negro.

> Leidy Maricela Castro Rosero, Manuel Espino Infantes, Jose Maria Alsina Torrent.

2.5.6. Aplicación de la ROM 5.1. en el Puerto de Santander.

José A. Juanes de la Peña, Beatriz Echavarri-Erasun, Ana de los Ríos, Francisco Javier Bárcena, Andrés García, Felipe Fernández, Susana Rubio, Christian Manrique.

III. SESIÓN 3: 11/05 16:00-17:40

3.1. Ensayos Físicos (Sala 1)

3.1.1. Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados de la ampliación de la Dársena de Escombreras.

Juan Piñero Coloma, Antonio Baonza González, Diana de la Lama Jiménez. José María Valdés Fernandez de Alarcón.

3.1.2. Diques homogéneos de baja cota para la protección de playas y la recuperación de arrecifes de coral.

Josep Ramón Medina Folgado, M. Esther Gómez-Martín, Patricia Mares-Nasarre, Mireille Escudero, Itxaso Odériz, Edgar Mendoza, Rodolfo Silva.

3.1.3. Ensayos Experimentales para la instalación de una conducción flotante en Blackfriars bajo el desarrollo del Proyecto Thames Tideway.

Javier Sarmiento Martínez, Raúl Guanche, David Blanco, Álvaro Álvarez, Francisco J. Quesada, César Enamorado, Enrique de Faragó.

3.1.4. Análisis de los efectos de escala en ensayos de rebases en modelo físico.

José María Valdés Fernández de Alarcón, Montserrat Vílchez Solís, José Lozano Pedroche, César Gutiérrez Revilla, Alberto López Pecharromán.

3.1.5. Reflexión, disipación y transmisión en diques en talud. Condicionantes del método experimental.

Pilar Díaz Carrasco, María Clavero, Miguel Á. Losada.

3.2. Teledetección aplicada al litoral (Sala 2)

- 3.2.1. Estudio de playas tras temporales extremos a través de imágenes de satélite: caso práctico en el litoral de la provincia de Valencia.

 Patricia Martín Gómez, Miriam García Oliva, José Francisco Sánchez
 González
- 3.2.2. Teledetección y evaluación de la dinámica espacio-temporal de líneas de costa en el Delta del Guadalfeo (Granada).

 Pedro Otiñar, Pedro Magaña, Marcus Silva, Manuel Cobos, Asunción Baquerizo.
- 3.2.3. Avances en la utilización de productos derivados de satélite para la monitorización de la erosión costera en España.

 Paula Gomes da Silva, Jara Martínez Sánchez, Raúl Medina, Ana García-Flecher, Roberto Díaz-Sánchez, Anne-Laure Beck, Mohamed Amine Taji.
- 3.2.4. Levantamiento topográfico de zonas dunares mediante RPAS: Zonas de gran pendiente.

 Francisco Contreras de Villar, Juan José Muñoz Pérez, Antonio Contreras de
- Villar, Bismarck Jigena, Patricia López García.
 3.2.5. Análisis de la evolución morfológica de la playa de Zarautz (Gipuzkoa) mediante videometría costera (KOSTASystem) en un contexto de cambio climático.
 - Aritz Abalia Patiño, Irati Epelde, Pedro Liria, Manuel González, Roland Garnier, Julien Madera, Asier Nieto, Guillem Chusta, Iñaki de Santiago.

3.3. Buques, operatividad y navegación (Auditorio)

- 3.3.1. Estudios de simulación para programación de accesos de buques a puertos: aplicación a la nueva configuración de la dársena SW del puerto de Palma, Mallorca.
 - José María Grassa Garrido, Marta S. Jiménez Saavedra, Jorge Nasarre.
- 3.3.2. Aplicación de la tecnología machine learning para el dimensionamiento de las operaciones de remolque en un puerto.

 Antonio Gómez Gómez, David Fernández Lucio, Diego Souto Couceiro, Antonio Tomás Sampedro, Julián García Rodríguez.

- 3.3.3. Aplicación de la Inteligencia Artificial a la toma de decisiones en la gestión portuaria: operatividad buque-infraestructura y rebase. Andrés Figuero Pérez, Humberto Carro, José Sande, Raquel Costas, Christian Souto, Alberto Alvarellos, Enrique Peña, Juan Rabuñal, Andrés Guerra, Juan Diego Pérez.
- 3.3.4. Nueva metodología avanzada hacia una caracterización multidimensional de la operatividad de buque atracado.

 Eva Romano Moreno, Gabriel Díaz Hernández, Javier L. Lara, Antonio Tomás.
- 3.3.5. Siflow21. Simulación Predictiva de Capacidad de Canales de Navegación e Infraestructuras Portuarias Basado en Análisis de Datos AIS.

Carmen Ayuso Bernaola, Raúl Redondo, Raúl Atienza, José Ramón Iribarren.

3.4. Inundación Costera y Tsunamis (Sala 5)

- 3.4.1. Sistema de Predicción de Inundación Costera debida a Swells Multimodales.
 - Laura Cagigal, Alba Ricondo, Nicolas Ripoll, Fernando J. Méndez.
- 3.4.2. HySwash: Un metamodelo para la estimación de niveles de inundación y caudales de rebase en costas de arrecife de coral.

 Alba Ricondo Cueva, Laura Cagigal, Ana Rueda, Nicolás Ripoll, Fernando Méndez.
- 3.4.3. Clima de inundación costera por sistemas oscilatorios cuasiestacionarios de onda infragravitatoria en arrecifes de coral.

 Manuel Zornoza Aguado, Beatriz Pérez Díaz, Sonia Castanedo, Laura Cagigal, Gabriel Díaz Hernández, Fernando J. Méndez.
- 3.4.4. IH-TSUSY: Un sistema avanzado de simulación numérica de tsunamis en tiempo real.

 Iñigo Aniel-Quiroga Zorrilla, Omar Gutiérrez, Luis Pedraz, Mauricio González, Felipe Maza, Sergio Padilla, Raúl Medina, Felipe Fernández.
- 3.4.5. Evaluación de la peligrosidad por tsunami en el municipio de Chipiona, Cádiz.

Sergio Padilla Álvarez, Ernesto Mauricio González Rodríguez, Íñigo Aniel Quiroga Zorilla, Ignacio Aguirre Ayerbe, María Merino González Pardo

3.5. Dragado y Medio Ambiente I (Sala 6)

3.5.1. Vigilancia ambiental del proyecto de extracción de arenas en la Zona II del Puerto de Bilbao: 5 años de seguimiento.

Javier Franco San Sebastián, Aritz Abalia, Juan Bald, María Jesús Belzunce-Segarra, Raúl Castro, Estíbaliz Díaz, Irati Epelde, Joxe Mikel Garmendia, Daniel González-Marco, Manuel González, Ane Iriondo, Jose A. Jiménez, Joana Larreta, Pedro Liria, Iratxe Menchaca, Iñigo Muxika, Germán Rodríguez, Agustín Sánchez-Arcilla, Joaquim Sospedra, Ainhize Uriarte.

3.5.2. La experiencia práctica en la aplicación de bioensayos para determinación de la toxicidad de sedimentos marinos.

Francisco José González Alcón, Jurgi Arezaga Casares, Mario Barrientos Márquez, Guillermo Bouza Bouza, Koldo Díez-Caballero Murua.

3.5.3. Experimentación para el control de la turbidez generada por el vertido de material de dragado en la zona autorizada E8.

Fernando López Mera, Jose Cielo Fernández Caballero, Jurgi Areizaga Casares, Guillermo Bouza Bouza, José Manuel Nieto Matamoros, Juan Antonio Rodríguez Pardo.

3.5.4. Análisis de los posibles efectos ambientales de los procesos de dragado en puertos colindantes con zonas protegidas: Puerto de Cartagena.

Javier Francisco Bárcena Gómez, Javier García-Alba, Andrés García, Martín J. Jáuregui, Pedro Arenas.

3.5.5. Estado de calidad de las aguas y los sedimentos en una zona afectada por extracciones de arena para rellenos portuarios.

María Jesús Belzunce Segarra, Raúl Castro, Javier Franco, Manuel González, Joana Larreta, Iratxe Menchaca, José Germán Rodríguez, Oihana Solaun.

IV. SESIÓN 4: 11/05 18:00-19:00

- 4.1. Ensayos Físicos y Numéricos (Sala 1)
 - 4.1.1. Ensayos en modelo físico y simulaciones mediante CFDs sobre el proyecto de reconstrucción de la baliza del Puerto de Pasaia.

 César Gutiérrez Revilla, Ignacio Fernández de Bobadilla Hildebrandt.
 - 4.1.2. Ensayos físicos y numéricos de construcción realista de diques homogéneos de Cubípodos de baja cota de coronación.

Jorge Molines Llodra, M. Esther Gómez-Martín, Josep R. Medina.

4.1.3. Estrategia HIL en ensavos de turbinas eólicas flotantes en tanque.

Tommaso Battistella, Javier Sarmiento, Sergio Fernández, Miguel Somoano, Raúl Castañera, Raúl Guanche.

4.2. Puertos, buques y medio ambiente (Sala 2)

4.2.1. Proyecto LIVING PORTS: Reducción de la huella ecológica de los puertos.

Carlos Botana Lagarón, Gerardo González, Jorge Gutiérrez Martínez.

4.2.2. Protección ecológica en el puerto de San Diego.

Philippe Leblanc, Jorge Gutiérrez Martínez.

4.2.3. Colisiones entre buques y cetáceos: Análisis del tráfico marítimo y riesgo asociado en el Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo.

Marta S. Jiménez Saavedra, José María Grassa Garrido, Ana Lloret Capote, Isabel Moreno Aranda.

4.3. Gestión de Puertos (Auditorio)

4.3.1. Experiencia en la implantación de un plan de mantenimiento de infraestructuras en la Autoridad Portuaria de Vigo.

José Enrique Escolar Piedras, Ignacio Velasco Martínez, Alejandro Taboada Santomil, Jose Ramón Docasar Fernández.

4.3.2. Plan general de ports de les Illes Balears.

Mateo Barceló Vogt, Cristina Barahona Bellido, Fernando López Mera.

4.3.3. Tramitación del PDI del Port de Tarragona. Evaluación ambiental estratégica.

Joan Borràs i Tous, Jordi Hernández Marín, Jurgi Areizaga Casares, Koldo Díez-Caballero Murua, Mercedes García Barroso.

4.4. Clima Marítimo III (Sala 5)

4.4.1. Evaluación del riesgo compuesto a los peligros climáticos a diferentes escalas en la costa mediterránea.

Ruth Romero Martín, Isabel Caballero-Leiva, Jose A Jiménez, M. Carme Llasat, Montserrat Llasat, Tomeu Rigo, Herminia Valdemoro.

4.4.2. Riesgo operativo: Nueva herramienta para la gestión de vulnerabilidades en las áreas operativas de interés portuarias dentro del Cuadro Ambiental de Puertos del Estado.

Rafael Molina Sánchez, David Rodríguez, Álvaro Campos, Marta de Alfonsob, Susana Pérez, Alberto Rodríguez, José María Terrés, Javier García-Valdecasas, José M^a García-Valdecasas, Óscar Ballesteros, Enrique Álvarez.

4.4.3. Desarrollo de sistemas operacionales para las operaciones navales para las fases de planeamiento y predicción: Proyecto SIAAMETOC-OM

Alejandro Ortega Felipe, Gabriel Díaz-Hernández, Alejandro González Valle.

4.5. Dragado y Medio Ambiente II (Sala 6)

- 4.5.1. Gestión de dragados en los Puertos Autonómicos de Galicia.

 Juan Antonio Rodríguez Pardo, José Manuel Nieto Matamoros, Juan Carlos
 González Revilla
- 4.5.2. Estado y evolución de las comunidades de macrofauna bentónica de fondo blando en una zona afectada por extracciones de arena. *lñigo Muxika Lizaso, Ángel Borja, Javier Franco, Joxe Mikel Garmendia, Manuel González, José Germán Rodríguez.*
- 4.5.3. Aplicación de técnicas de muestreo pasivo para la evaluación avanzada de los niveles de Cd, Pb y Ni en el agua en la vigilancia ambiental de dragados portuarios.

Iratxe Menchaca, Hugo Carvalhal, Maria Jesús Belzunce-Segarra, Javier Franco, Joana Larreta, José Germán Rodríguez.

V. SESIÓN 5: 12/05 9:00-11:00

5.1. Obras Marítimas III (Sala 1)

- 5.1.1. Construcción del muelle Baleares en el Puerto de Tarragona.

 Carles Segura Balleste, José Luís Román Antón, Oriol Queraltó Domènech,

 Miquel Roset Ramos, Aitor Beguiristain Buira, Olga Figueras Masana.
- 5.1.2. Construcción de diques exentos. Valleseco, un caso interesante. *Rafael Torres Samper, Javier I. Mora Quintero.*

5.1.3. Cimentaciones especiales y control de corrosión en la reconstrucción del paseo marítimo en el entorno de la dársena náutica en As Avenidas. Vigo (Pontevedra).

J. Andrés Salvadores González, Óscar Gómez Espiño, Francisco Javier Zubía Fernández

- 5.1.4. Pantalanes flotantes para remolcadores, el caso de TangerMed. *Francisco Sarrias Pedemonte.*
- 5.1.5. Inspección visual de espaldones de diques con corrosión: causas del deterioro identificadas y recomendaciones.

Víctor Daniel Lanza Fernández, Pilar Alaejos Gutiérrez, Ana Lope Carvajal.

5.1.6. Campaña geotécnica marina para la ampliación del Puerto de Barcelona.

Amadeu Deu Lozano, Xavier Martí Armengol, Marcelo Devincenzi Fabetti, Miguel Ángel Pindado Rodríguez, Ramon Griell Bernadó.

5.2. Gestión del Litoral I (Sala 2)

5.2.1. Evolución batimétrica de la playa de la Magdalena (Santander) durante la construcción de las obras de protección en base a imágenes de cámaras.

Omar Quetzalcóatl Gutiérrez, Aritz Abalia, Mauricio González, Raúl Medina, Verónica Canovas.

5.2.2. La restauración costera como una combinación de intervenciones de ingeniería convencional y verde. Aplicación al caso del Delta del Ebro.

Iván Cáceres Rabionet, Nuno Caiola, Carles Ibañez, Luis Garrote, Ana Iglesias, Antoni Espanya, Ana Patrícia García Fletcher, Angel Muñoz, Antoni Munnè, Laura Puértolas, David López Gómez, Agustín Sánchez-Arcilla.

5.2.3. Una revisión crítica de la gestión de las arenas en la costa de Cádiz después de 30 años.

Gregorio Gómez Pina.

5.2.4. Regeneración o mantenimiento. ¿Son la solución a la erosión costera?: Caso de estudio Playa de Poniente (Benidorm).

Ignacio Toledo Sepulcre, José Ignacio Pagán Conesa, Isabel López Úbeda, Luis Aragonés Pomares. 5.2.5. Interacciones tierra-mar del cambio climático en costas y puertos.

Miriam García Oliva, José Francisco Sánchez González.

5.2.6. Gestión de playas basado en las TIC en tiempos de COVID.

Antonio Omar Cerdán Céspedes, Virgilio Gilart Iglesias, Diego Marcos
Jorquera y Luis Aragonés Pomares.

5.3. Metodologías y Formulaciones de Estructuras Marinas (Auditorio)

5.3.1. Progresión del daño de diques en talud. Crítica de la fórmula de Van der Meer.

María Clavero Gilabert, Pilar Díaz Carrasco, Miguel Á. Losada.

- 5.3.2. Revisión de las fórmulas de remonte y descenso por un talud. *Miguel Santamaría Cervantes, María Clavero, Miguel Á. Losada.*
- 5.3.3. Metodología para el dimensionamiento y validación de protecciones contra la socavación de estructuras offshore fijas *Javier Sarmiento Martínez, Sergio Fernández, Raúl Guanche.*
- 5.3.4. Procedimiento de la Producción y gestión de la supervisión del Proyecto "Generación de Modelos BIM de Proyectos Piloto como parte de la Fase 4 de la Implantación de la Metodología BIM en el Sistema Portuario de Titularidad Estatal" de Puertos del Estado.

Lucía Cloquell Alexandre. Jesús González Muñoz.

5.3.5. Desarrollo de un sistema operacional de rebases para el Puerto de Barcelona y validación mediante monitorización con herramienta de visión artificial no intrusiva

María Fuentes Álvarez de Eulate, Javier L. Lara, Antonio Tomás, Gabriel Díaz-Hernández, Alejandro González, Gabriel Barajas, Rafael Molina, David Rodríguez, Álvaro Campos, Miguel Ángel Pindado, Germán del Canto, Enrique Álvarez, Susana Pérez, Jose María García-Valdecasas.

5.3.6. Estudio experimental de la transmisión de oleaje en diques homogéneos de Cubípodos de baja cota de coronación.

María Esther Gómez Martín, Jorge Molines, Sergio Lozano, Patricia Mares-Nasarre, Josep R. Medina.

5.4. Cambio Climático: Playas (Sala 5)

5.4.1. El cambio climático en el litoral catalán: capacidad de adaptación social e institucional.

Miriam Villares Junyent, Elisabet Roca.

- 5.4.2. Metodología para obtener proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras en el presente siglo valorando la incertidumbre. Pedro Otiñar Morillas, Manuel Cobos, Pedro Magaña, Marcus Silva, Agustín Millares, Andrea Lira, Asunción Baquerizo.
- 5.4.3. Proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en el presente siglo.

Manuel Cobos Budia, Pedro Otiñar, Pedro Magaña, Marcus Silva, Agustín Millares, David Gutiérrez, Jorge Martín, Pablo Arjona, Asunción Baquerizo.

5.4.4. Análisis del impacto combinado de inundación y erosión de la costa debido al cambio climático.

Alexandra Toimil Silva, Moisés Álvarez-Cuesta, Iñigo J. Losada.

5.4.5. Coastal Protection through Adaptation Pathways: the Ebro Delta

Elisabeth Reuter, Vicente Gracia, Xavier Sánchez-Artús, Agustín Sánchez-Arcilla

5.4.6. Modelización de la respuesta morfológica del estuario del Oka (Bizkaia) al cambio climático.

Roland Garnier, Ian Townend, Manu Monge-Ganuzas, Iñaki de Santiago, Pedro Liria, Aritz Abalia, Irati Epelde, Andrea del Campo, Guillem Chusta, Mireia Valle, Manuel González, Julien Madera, Mariluz Gómez, Carlos Castillo, Adolfo Uriarte.

5.5. Planificación del espacio marino (Sala 6)

5.5.1. Las Estrategias Marinas: la principal herramienta a nivel europeo para avanzar hacia el Buen Estado Ambiental del medio marino y su aplicación en España.

Lucía Martínez García-Denche, Beatriz Sánchez Fernández, Francisco Javier Martínez Bedia, Itziar Martín Partida, Sagrario Arrieta Algarra.

5.5.2. Los planes de ordenación del espacio marítimo: una herramienta para fomentar la sostenibilidad de los usos y actividades en el medio marino

Sagrario Arrieta Algarra, Itziar Martín Partida, Aurora V. Mesa Fraile, Antonio Fernández y García de Vinuesa.

5.5.3. Análisis espacial de la capacidad de carga náutica de las zonas de fondeo de las Illes Balears.

Aina García Gómez, Pau Balaguer, Àngels Fernández-Mora, Joaquín Tintoré.

5.5.4. Eólica marina y ordenación del espacio marino: una propuesta jurídica para su reordenación.

Francisco Javier Sanz Larruga, Marta García Pérez.

- 5.5.5. Ordenación del espacio marítimo: identificación de espacios idóneos para el desarrollo de la energía eólica offshore en el ámbito de las 5 demarcaciones marinas españolas.
 Carla Murciano Virto, Ana Lloret Capote, Sagrario Arrieta.
- 5.5.6. Desarrollo e implementación de una metodología para la evaluación de las interacciones entre la energía eólica flotante y la acuicultura offshore.

Juncal Cabrera Busto, Carlos V.C. Weiss, Bárbara Ondiviela, Lucía Meneses, Raúl Guanche, José A. Juanes.

VI. SESIÓN 6: 12/05 11:30-13:30

6.1. Obras Marítimas IV (Sala 1)

- 6.1.1. Proyecto de refuerzo del dique de abrigo del Puerto de Ondarroa. Saioa Rezabal Arocena, Borja Zugasti Bernardo, Nestor Urrutxua Miguel, Alberto García Morales, Nerea Ramos Gómez, Jaime H. García Palacios, José Luis Orts Egío, Alejandro Perales Juidías, Vicente Negro Valdecantos.
- 6.1.2. Proyecto de optimización de la navegación en la Eurovía E.60.02 Guadalquivir.

Rodrigo García Orera, Antonio Bejarano Moreno, Macario Fernández-Alonso Trueba, Sara Calvo, Ángel Mateos, Laia Ortego, Francisco González, Mercedes García.

6.1.3. Estudio para la Ampliación del Frente de Almadrabillas y Muelle de Levante en el Puerto de Almería.

María Piedad Herrera Gamboa, Jorge Martín, Pablo Arjona, Jorge Molines, Roberto Pillado.

6.1.4. Mejora de la operatividad del Puerto de Cases d'Alcanar. Estudio integrado de alternativas de diseño con escenarios de cambio climático y temporal Gloria.

José Sande González-Cela, Enric Martínez, Oriol García, Màrius Tomé, Alba Jiménez, Andrés Figueroa, Enrique Peña, Humberto Carro, Raquel Costas, Aida Cachaza, Lía Santiso.

6.1.5. Dos casos de adaptación de diques al cambio climático en Catalunya. Puerto de l'Ametlla de Mar y Puerto Olímpico.

Oriol Garcia Arribas, Alba Jiménez, Carlos Alonso, Enric Martínez Sastre, Eva Peiron. Anna Gelonch. Montserrat Jorha.

6.1.6. Empleo de la tecnología CUBIPOD en la Ampliación del Puerto Pesquero de Elmina, Ghana.

Antonio Corredor Molguero, Juan Manuel González Esteban, Joachim Lebbe, Jon Kemp.

6.2. Gestión del litoral II (Sala 2)

6.2.1. Propuesta para la ordenación del frente litoral de costa entre Alicante y la Albufereta (Alicante).

José Manuel de la Peña Olivas, José Francisco Sánchez González.

6.2.2. Consideraciones sobre las regeneraciones de playas mediante dragados.

Ana María Castañeda Fraile, Guillermo Bosch Coiras.

6.2.3. ¿Y qué playas mantengo? Una ayuda a la toma de decisiones en adaptación costera. Aplicación al litoral catalán.

José Antonio Jiménez Quintana, Alvar Garola, Uxia López-Doriga, Rut Romero, Herminia I. Valdemoro.

6.2.4. La encrucijada de la costa mediterránea española.

Vicent Esteban Chapapría, José Serra Peris, Jorge Molines Llodrá.

6.2.5. Fundamentos técnicos de las estrategias para la protección de la costa de la Dirección de la Costa y el Mar.

Jara Martínez Sánchez, Raúl Medina, Íñigo Aniel-Quiroga Zorrilla, Ignacio Aguirre Ayerbe, Juan Jesús Viadero Andrés, Cristina Casal Escaloni, Albert Gallego Jiménez, Ángel Muñoz Cubillo, Ana García-Flecher.

6.2.6. Estrategias para la protección de la costa considerando los efectos del cambio climático

Ángel Muñoz Cubillo, Ana García-Flecher, Jara Martínez Sánchez, Raúl Medina, Maria Ferreira.

6.3. Avances en Modelado de Estructuras Marítimas (Auditorio)

6.3.1. Optimización en el diseño de cajones flotantes con hormigón de altas prestaciones (UHPC).

Gloria Argente Garrido, Joaquín M. Garrido Checa, Miguel Figueres Moreno, Ángela Pérez Bardal, Cristina Suesta Falcó.

6.3.2. Desarrollo de software para medir desplazamientos de elementos flotantes en modelo físico.

César Sastre Gil, José Luis Orts Egío, Alejandro Perales Juidías, Jaime H. García Palacios, Vicente Negro Valdecantos.

6.3.3. Desarrollo de una herramienta para el diseño de rompeolas flotantes y pantalanes mediante modelización del comportamiento hidrodinámico y estructural.

Álvaro Rodríguez Luis, Sergio Fernández-Ruano, Raul Guanche, José Sande González-Cela, Andrés Figuero Pérez, Delia Regueira Muñiz, Enrique Peña González, Javier Sopelana Peralta, Fernando Lopez Mera, Miguel Ángel Vigo.

- 6.3.4. Aplicación de los modelos SPH al rebase en diques verticales. Ignacio Fernández de Bobadilla Hildebrandt, M. Jesús Matín, Paloma Aberturas, Corrado Altomare, Alejandro J. C. Crespo, José M. Dominguez, Moncho Gómez-Gesteira.
- 6.3.5. Simulador numérico para el diseño y optimización de las estrategias de fondeo de cajones

 Beatriz Fernández Bermejo, Álvaro Rodríguez-Luis, Lucía Meneses, Javier

Sarmiento, Sergio Fernández-Ruano, Raul Guanche, E. Revestido, J. J. Sainz, F.J. Velasco, E. González-Sarabia, J.R. Llata, M.J. Conde, N. Cotallo, A. de Toro.

6.3.6. Simulaciones Masivas para el Dimensionamiento de Canales de Navegación con Modelo Numérico de Maniobra con Autopiloto.

Lourdes Pecharromán, Leandro Pires, Raúl Redondo, Carmen Ayuso.

6.4. Cambio Climático: Puertos (Sala 5)

- 6.4.1. Adaptación al cambio Climático en los Puertos de Interés General del Estado Español.
 - Alberto López Pecharromán. Enrique Álvarez Fanjul, Alberto Fernández García.
- 6.4.2. Metodología para el análisis de riesgo en infraestructuras costeras y portuarias por efecto del cambio climático en el marco ROM
 - Javier López Lara. D. Lucio, I. J. Losada, A. Fernández, A. Tomás.
- 6.4.3. Aplicación en alta resolución del marco de análisis de riesgo multi-impacto por cambio climático para infraestructuras portuarias.
 - Alberto Fernández Pérez, Javier L. Lara, David Lucio, Iñigo J. Losada.
- 6.4.4. Plan de adaptación al cambio climático de los puertos de gestión autonómica de las Islas Baleares.
 - Agustín Sánchez-Arcilla, Joan Pau Sierra, Xavier Gironella, Vicente Gracia, Corrado Altomare, Daniel González-Marco, César Mösso, Jesús Gómez, Mateo Barceló, Cristina Barahona.
- 6.4.5. Desarrollo del plan de adaptación al cambio climático en los puertos del Cantábrico.
 - Sara Sanz Sáenz, Saúl Torres-Ortega, Iñigo Losada Rodríguez.
- 6.4.6. Estudio de las medidas de adaptación al cambio climático de los Puertos de Interés General de la Comunidad Valenciana.

 Alejandro Folch Ruiz, M. Esther Gómez Martín, Jorge Molines Llodrá.

6.5. Avances en el modelado del litoral (Sala 6)

6.5.1. Modelado de la morfología costera incluyendo elementos antrópicos y sustratos de distintos materiales. Aplicación a sistemas costeros complejos en un tramo del litoral granadino.

Manuel Cobos Budia, Andrés Payo, Dave Favis-Mortlock, Helen F. Burke, Dave Morgan, Gareth Jenkins, Helen Smith, Thomas J. Fletcher, Pedro Otiñar, Marcus Silva, Pedro Magaña, Asunción Baquerizo.

6.5.2. Modelado hidromorfodinámico de alta resolución como herramienta de apoyo a la restauración costera. Ejemplos de aplicación a zonas vulnerables.

Marc Mestres Ridge, Xavier Sánchez-Artús, María Liste, Oriol Prat, Vicenç Gràcia, Manuel Espino.

- 6.5.3. IH-LANS, una herramienta para el modelado de la línea de costa. *Moisés Álvarez Cuesta, Alexandra Toimil, Íñigo J. Losada.*
- 6.5.4. Modelar la costa en tiempo real: asimilación, desarrollo, validación, explotación y puesta en valor del modelo CELERIS BASE.

Gabriel Díaz Hernández, Oliver Legarreta García, Alejandro González Valle, Francisco Jaime Fernández.

- 6.5.5. Modelo de rotación de línea de costa tendente al equilibrio.

 Camilo Jaramillo Cardona, Mauricio González Rodríguez, Raúl Medina Santamaría, Imen Turki.
- 6.5.6. SWAN-VEG: una nueva herramienta numérica para cuantificar la atenuación del oleaje en un campo de vegetación.

 Luis Fernando López Arias, María Maza Fernández, Javier L. Lara, Iñigo J. Losada Rodríguez.

VII. PÓSTERS

7.1 Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Puertos y Costas.

- 7.1.1. Cambio climático. Escenario científico o encrucijada política.

 Nerea Portillo Juan, Vicente Negro Valdecantos, José María del Campo Yagüe.
- 7.1.2. Reducción de la huella ecológica en diseños existentes: IGY Málaga y Cala Rajada, Mallorca. Jorge Gutiérrez Martínez, Paolo Tedone, Àlvar Trabazos.

7.2 Clima Marítimo. Oceanografía Física.

7.2.1 Análisis básico de la evolución del oleaje en la Comunidad Valenciana desde 1958 hasta 2020.

José Ignacio Pagán Conesa, Pablo Ortiz García, Isabel López Úbeda.

7.2.2 La complejidad del clima marítimo del oleaje en las costas del archipiélago de Canarias.

Héctor Lobeto Alonso, Melisa Menéndez, María Suárez, Adrián Acevedo, Ottavio Mazzaretto, Marta Ramírez.

7.2.3 SHyTCWaves (Stop-motion Hybrid TC-induced Waves): metamodelo híbrido para estimar campos espacio-temporales de espectros direccionales producido por ciclones tropicales.

Sara Ortega Van Vloten, Nicolás Ripoll, Laura Cagigal, Ana Rueda, Beatriz Pérez-Díaz, Fernando J. Méndez.

7.3 Gestión Integrada del Litoral.

7.3.1 Preparación ante tsunamis a nivel municipal en España: mapas de evacuación como parte del programa Tsunami Ready en Chipiona.

Ignacio Aguirre Ayerbe, Íñigo Aniel-Quiroga Zorillaa, Ernesto Mauricio Gonzalez Rodríguez, Sergio Padilla-Álvarez, Jorge Macías, Carlos Sánchez-Linares

7.3.2 Sistema de Predicción de Inundación Costera debido a Ciclones Tropicales.

Beatriz Pérez Díaz, Laura Cagigal, Sara O. van Vloten, Alba Cid, Sonia Castanedo, Fernando J. Méndez.

7.4 Medio Ambiente, Vertidos y Calidad del Agua Marina.

7.4.1 Diseño y testeo de un aparato de medición multiparamétrico tridimensional en zonas acuáticas someras.

Jagoba Lupiola, Javier F. Bárcena Gómez, Javier García Alba, Andrés García Gómez.

7.4.2 Modelado numérico de la dispersión y acumulación de basura flotante en zonas costeras de la ciudad de Barcelona.

Iván Hernández, Manuel Espino Infantes, Jose María Alsina Torrent, Agustín Sánchez-Arcilla Conejo.

7.4.3 Resultados del Proyecto SEALAB. Embarcación autónoma para toma de muestras de agua en ámbitos portuarios y dotada con un LAB-ON-A-CHIP para determinar sustancias prioritarias en tiempo real.

Miguel González Castromil, Elia Rodríguez, Ricardo Samaniego.

7.4.4 Tendidos de cables submarinos de fibra óptica en el Dominio Público Marítimo Terrestre. El caso del proyecto MEDUSA y sus aterrajes en Tarifa y San Roque, en la provincia de Cádiz.

Giada Trezzi, Francisco González Alcón, Jurgi Areizaga Casares, Borja Martinez-Clavel Vallés. Koldo Diez-Caballero Murua.

7.5 Obras y Estructuras Marítimas.

- 7.5.1 Ampliación de atraque para embarcaciones de acuicultura en el Puerto de Cabo de Cruz (A Coruña).
 - ${\it Juan\ Antonio\ Rodr\'iguez\ Pardo,\ Pedro\ Urquijo\ G\'omez}.$
- 7.5.2 Aplicación de modelos CFD para el análisis del comportamiento de estructuras flotantes en puertos. *Ignacio Berenguer.*
- 7.5.3 Desarrollo de un sistema inteligente para el mantenimiento predictivo de diques de abrigo.

Corrado Altomare, Enrique Álvarez, José María García-Valdecasas, Rebeca Garitaonaindia, Francesc Xavier Gironella, Manuel González, Daniel González-Marco, Marío Hernáez, Pedro Liria, Javier López Lara, Julien Mader, Anna Rubio, Javier Sánchez, Agustín Sánchez-Arcilla, Lohitzune Solabarrieta, Antonio Tomás, César Vidal.

- 7.5.4 Diseño de los lastres de las infraestructuras marinas de la desaladora de Oropesa mediante modelado CFD.

 Francisco Jaime Hernández, María Maza, Gabriel Barajas, Javier García-Alba, Beatriz Rodriguez, Antonio Tomás, Andrés García, Javier L. Lara.
- 7.5.5 Evaluación de alternativas para la mejora de la navegación en el acceso al Puerto de San Vicente de la Barquera.

 Beatriz Rodríguez Fernández, Antonio Tomás, Raúl Medina, Francisco Jaime, Sandra M. García, Amador Gafo.
- 7.5.6 La Importancia de la Asesoría Náutica: Diseño de Canales y Zonas de Navegación de Gran Complejidad.

 Leandro de Andrade Pires, Carlos B. Cal, Raúl Redondo, Raúl Atienza.

7.5.7 Nuevo diseño de cajón de hormigón armado para cimentación de aerogeneradores.

Joaquín M. Garrido Checa, Miguel Figueres Moreno, Gloria Argente Garrido, Ángela Pérez Bardal y Lisardo M. Fort Alarcón.

7.5.8 Seguimiento de la vulnerabilidad de las infraestructuras portuarias mediante técnicas tecnología de radar satelital e inteligencia artificial.

Candela Sancho, Rafael Molina Sánchez, Jaime Sánchez, Alberto Rodríguez, Alfredo Fernández-Landa, David Rodríguez, Álvaro Campos.

7.5.9 Un proyecto innovador en eólica offshore: ARGO (Acciona Research on GBS for Offshore Wind).

Alfonso Capote García, Domingo Antonio González Suárez, Carlo Paulotto, Daniel Zamora Serrano, José Manuel González Herrero y Ander Tena Mesa.

7.6 Planificación y Gestión de Puertos.

7.6.1 Análisis DEA-BOOTSTRAPPING. Modelo de eficiencia financiera del Sistema Portuario Español.

Alberto Camarero Orive, José Ignacio Parra Santiago, David Díaz Gutiérrez, Francisco de Asís de Manuel López.

7.6.2 Estimación de riesgo de varada en navegación interior mediante simulaciones de Monte Carlo y estimación de squat.

Juan Carlos Carmona, Raúl Atienza, Raúl Redondo, José R. Iribarren.

7.6.3 Liberación de partículas procedentes de operaciones de mantenimiento y reacondicionamiento de embarcaciones en el puerto de Mallorca: análisis toxicológico e impacto en el medio ambiente.

María López Olivé, Carla Ribalta, Fernando Romero, Ana López Lilao, E. Pérez-Albaladejo, C. Porte, Arantxa Ballesteros, Carlos Fito, Eliseo Monfort, Mar Viana.

7.6.4 Modelo operacional de viento de muy alta resolución para predicción en entornos portuarios de gran escala.

José María Terres Nicoli, C. Mans, E. K. Bandi, Javier García Valdecasas, Enrique Álvarez Fanjul.

7.7 Procesos Litorales y Actuaciones en la Costa.

- 7.7.1 Aproximación multiherramienta al estudio del impacto de un emisario submarino en la dinámica costera.
 - Ana Bernabéu Tello, Aimar Lersundi-Kanpistegui, Daniel Rey, Rafael Díaz.
- 7.7.2 Metodología y Optimización estadística de datos de viento en la Duna Costera de Valdevaqueros para ecuación de transferencia. Félix Pascual Martínez García, Antonio Contreras de Villar, Gregorio Gómez-Pina, Juan J. Muñoz Pérez.
- 7.7.3 Monitorización del litoral mediante el empleo de vehículos aéreos de bajo coste (UAV) en el municipio de Guardamar del Segura (Alicante).
 - José Ignacio Pagán Conesa, Luis Bañón Blázquez, Luis Aragonés Pomares y Isabel López Úbeda.
- 7.7.4 Transporte selectivo de minerales pesados en playas de Galicia. *Ana Bernabéu Tello, Daniel Rey.*
- 7.7.5 Un nuevo y más ajustado método para seleccionar entre diferentes arenas de préstamo.

 Enzo Pranzini, Giorgio Anfuso, Juan José Muñoz Pérez.
- 7.7.6 Estrategias para la protección de la costa considerando los efectos del cambio climático en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería.
 - Jara Martínez Sánchez, Raúl Medina, Íñigo Aniel-Quiroga Zorrilla, Ignacio Aguirre Ayerbe, Juan Jesús Viadero Andrés, Cristina Casal Escaloni, Albert Gallego Jiménez, Ángel Muñoz Cubillo, Ana García-Flecher.



Una actuación marítima singular. Rellenos en la Margen Izquierda del Canal de Deusto para el desarrollo urbanístico de la isla de Zorrotzaurre (Bilbao)

J. García Morales^a, D. Zamora Serrano^b, T. Hernández Giraldo^c, A. Tena Mesa^c

- ^a Jefe de Unidad de Infraestructuras de la Autoridad Portuaria de Bilbao, jgarciam@bilbaoport.eus
- ^b Jefe de Departamento de Puertos e Ing. Marítima, Acciona Ingeniería, daniel.zamora.serrano@acciona.com
- c Departamento de Puertos e Ing. Marítima de Acciona Ingeniería, tomas.hernandez.giraldo@acciona.com
- c Departamento de Puertos e Ing. Marítima de Acciona Ingeniería, ander.tena.mesa@acciona.com

1. Antecedentes

En 1928 la extinta Junta de Obras del Puerto de Bilbao estudió la idea de realizar un canal de desviación de la Ría por la Vega de Deusto para permitir la navegación de buques de mayor porte hasta la zona alta de la Ría, a la vez que servía como zona de expansión del puerto interior, que ya se encontraba en aquella época al borde de la saturación, con la implantación de nuevos muelles y zona de servicio anexa.

Las obras de excavación del Canal de Deusto se desarrollaron entre 1950 y 1968, quedando inconclusas en su extremo de aguas arriba debido a las malas condiciones geotécnicas del terreno en su margen izquierda.

Estos muelles estuvieron en servicio hasta 2006, año en el que fueron desafectados del uso portuario y pasaron a formar parte del ambicioso proyecto de regeneración urbana de Zorrotzaurre. El Master Plan de dicho proyecto, realizado por la arquitecta anglo-iraquí Zaha Hadid, retoma 40 años más tarde la idea de abrir completamente el canal, convirtiendo la península de Zorrotzaurre en una isla.

Los rellenos en la Margen Izquierda del Canal de Deusto buscan la regularización de la anchura del canal y el recrecido de la cota de urbanización con el objetivo de mejorar el comportamiento hidráulico de la Ría y proteger la zona frente a inundaciones, tratando así de encontrar soluciones a los próximos desafíos que nos traerá el cambio climático. Esta actuación supone la generación de unos 50.000m² de superficie.



Fig. 1. Plano de situación de los rellenos

2. Aspectos técnicos del proyecto

Los aspectos técnicos más relevantes de este proyecto son los siguientes:

- Tipología de contención: muro en L, poco habitual en las obras marítimas.
- Cimentación sobre fangos: mejora del terreno mediante columnas de grava.
- Futuro uso residencial de la explanada a generar: alto impacto social.

2.1. Tipología de contención

Generalmente, en obras marítimas las tipologías de contención han sido obras masivas de gravedad, cajones, o pantallas (hormigón o tablestacas). En este caso, dada la escasa cota de cimentación del muelle, cota -1.00 respecto al cero del puerto, la solución planteada en proyecto es la de muros de contención en L.

Esta solución, ampliamente utilizada en carreteras y estructuras, ha sido poco utilizada en el ámbito marítimo en los últimos años. Adicionalmente, y debido a la necesidad de colocar las estructuras mediante grúas, la longitud de cada uno de los módulos de muro no puede ser superior a 2m, exigiendo que el acabado a nivel de banqueta, así como el control de los rellenos sea exhaustivo, para evitar movimientos diferenciales considerables entre un módulo y su contiguo. La altura del muro varía entre los 6,4m y los 9,1m dependiendo de la zona.

2.2. Cimentación sobre fangos

Para conseguir la estabilidad de la sección propuesta, ha sido necesaria la ejecución de una mejora del terreno basada en columnas de grava de 1m de diámetro y separación entre 1.8m y 2m, en malla cuadrada. Este tratamiento del terreno supone la ejecución de unos 70.000m de columnas de grava, algunas de ellas de mas de 20m de longitud.

Aunque la mejora del terreno mediante columnas de grava ha sido una solución típica para los problemas de cimentación en obra marítima, esta solución es más típica de soluciones masivas de gravedad como los cajones dado el reparto de tensiones que se produce a lo largo de una gran zona de columnas. El hecho de tener que colocar encima muros de 2m de longitud, hace que la necesidad de verificación de que las columnas llegan hasta el terreno competente sea aún mayor que en cualquier otro tipo de cimentación.

2.3. Uso residencial de la explanada a generar

El futuro uso de la explanada a generar estará destinado en una zona para uso residencial, y en otra zona para espacios ajardinados, y su ubicación en el centro de Bilbao, hace que el impacto social ante esta obra sea máximo y su repercusión social en la zona sea comparable a las actuaciones hechas con anterioridad aguas arriba de la Ría.





Retos durante la ejecución del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL v Carga de Ganado en la Dársena de **Escombreras**

Peña Portillo, Luisa; Corredor Molguero, Antoniob; González Esteban, Juan Manuelc ^aSociedad Anónima Trabajos v Obras (SATO). Edificio Centro Servicios Escombreras Cartagena <u>luis.pena@ohla-group.com</u>, bSociedad Anónima Trabajos y (SATO). Po de la Castellana 259D, Madrid acorred@ohla-group.com; cSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO), Po de la Castellana 259D, Madrid juanmanuel.gonzalez@ohla-group.com

1. Introducción

La UTE SATO TECOPSA fue adjudicataria de la construcción del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL y Carga de Ganado en la Dársena de Escombreras. La obra consistía en la prolongación del atraque Oeste y la transformación de la terminal de GNL adyacente en un muelle de atraque continuo. El diseño requería la ejecución de dos alineaciones de cajones, una de las cuales debía incorporar la plataforma y los duques de alba existentes en la terminal.



Fig. 1 Esquema en planta de la obra. Fuente: SATO (2020)

La solución se planteó mediante la instalación de 6 cajones de hormigón armado que presentaban 5 tipologías distintas. Además, las obras debían poder mantener en operación la actual instalación de GNL y evitar cualquier tipo de afección a las instalaciones industriales adyacentes. La ponencia solicitada mostrará los principales retos enfrentados durante la ejecución de la obra, así como las lecciones aprendidas durante su desarrollo.

La construcción de una obra de esta complejidad presenta un amplio registro de retos enfrentados. A continuación, se resumen algunos de los más relevantes:

1.1. Ajuste de medios de ejecución de cajones a las distintas tipologías

Durante el desarrollo del proyecto, se analiza las diferentes alternativas estructurales para la obra. El empleo de cajones de hormigón se muestra como la opción preferente frente a otras alternativas principalmente por la economía de la solución y por una menor dificultad constructiva. Una vez iniciada la construcción, fue necesario estudiar las posibilidades de modulación de los encofrados de los cajoneros para poder abordar la construcción de las diferentes tipologías manteniendo las ventajas consideradas en la evaluación de alternativas. Se desarrolló una solución de cajones y encofrados modulares que facilitaran la adaptación de los medios a todas las distintas tipologías.







Fig. 2 Esquemas de encofrados. Fuente: SATO (2020)

2.2. Problemas de agitación en cajones acopiados

Durante el acopio de los cajones en el muelle se detectó que el periodo propio de oscilación de algunos de los cajones de menores dimensiones coincidía con los existentes en el muelle debido a la agitación de la dársena. Se hizo necesario estudiar de manera individual el amarre y lastrado de cada uno. El amplio rango de periodos propios cubierto por todas las tipologías de cajones hacía que una misma solución fuera válida para unos, pero dejara a otros dentro de la zona de riesgo. Cada tipo fue analizado de manera individual llegando a una solución específica para cada tipología.

2.3. Diversidad de juntas entre los nuevos cajones y las infraestructuras existentes

La existencia de distintas geometrías externas en la plataforma, los duques de alba y el resto de alineaciones existentes, hizo necesario desarrollar diversas soluciones en las juntas que permitieran dar continuidad al muelle y cubrieran diferentes separaciones, alineaciones y posibilidades de acceso.

2.4. Diversidad de soluciones para la superestructura

La necesidad de una superestructura continua que integrara diferentes geometrías hizo necesario desarrollar soluciones individuales para cada caso.

La presentación pretende resaltar la extrema complejidad de este tipo de obras con cajones pequeños y de distintos tamaños, que requiere de un análisis pormenorizado de cada una de las partes de la obra, en muchas ocasiones con soluciones diferentes para cada caso.



Refuerzo de las obras de abrigo de Marina Palamós

F, Javier Escartín García y Álvaro Navarro Cubillasb

^aMarciglob Consultancy Solutions, S.L., gerencia@marciglob.com;

1. Introducción

El dique de abrigo del puerto Marina Palamós tiene una longitud de 450m y presenta 2 tramos diferenciados (uno con espaldón y otro sin espaldón, con menor cota de coronación y más rebasable). En ambos casos el manto exterior está formado por piezas Accropode de 9m³ y 12m³ siendo el primer dique español construido con estas piezas. Desde su construcción, el puerto ha sufrido temporales severos que han producido daños graduales en el dique de abrigo y/o rebases de gran magnitud, siendo el temporal 'Gloria' (año 2020) el más intenso hasta la fecha (ver Figura 1). Además de espidosios energéticos de 'garbí' (oleaje de componente SW) los niveles de agitación interior en algunas zonas del puerto son elevados.





Fig. 1 Izquierda: rebases durante el 'Gloria'; derecha: daños causados por dicho temporal

Nàutic Palamós, actuando como empresa concesionaria del puerto y en vista de las necesidades de solventar la problemáticas descritas, encargó a Marciglob la redacción del "Proyecto de Refuerzo de las Obras de Abrigo de Marina Palamós".

2. Refuerzo de las obras de abrigo

La metodología empleada en el estudio de alternativas y posterior diseño fue la siguiente:

- Transferencia mediante un modelo de propagación de toda la base de datos de oleaje en la boya Cabo Begur hasta el exterior del puerto y obtención de los regímenes medios y extremales en diferentes puntos frente a las obras de abrigo.
- Caracterización del estado actual de las obras de abrigo, mediante fórmulas analíticas de estabilidad y de rebase (en este caso la formulación del EuroTop, previamente calibrada a partir de los ensayos realizados en el proyecto constructivo de 1991).

^bNàutic Palamós, S.A., alvaro.navarro@marinapalamos.com

- Propuesta inicial de alternativas empleando las fórmulas de estabilidad y rebase y selección de las soluciones óptimas. Se consideraron 2 secciones tipo (B2 y D) representativas de todas las obras de abrigo: tramos con y sin espaldón.
- Análisis numérico de las alternativas seleccionadas con el modelo IH2-VOF. El modelo fue previamente calibrado con los ensayos en modelo físico de 1991 (ver Figura 2).
- Ensayos en modelo físico 2D (realizados en la Universidade da Coruña) de las soluciones seleccionadas para cada sección tipo. Se analizó la solución base, así como diferentes variantes en función de los resultados que se fueron obteniendo (Figura 3).
- Selección de la propuesta de refuerzo en cada sección tipo.
- Aplicación de los resultados para la definición del refuerzo en el resto de secciones.
- Estudio mediante modelo dinámico del comportamiento estructural del espaldón frente a las acciones de oleaje obtenidas en los ensayos para efectuar el diseño de las necesidades de refuerzo y anclaje.
- Diseño final de las soluciones de refuerzo y desarrollo a nivel constructivo.

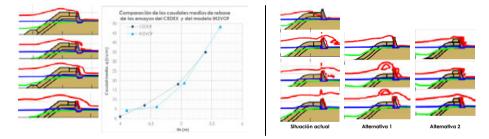


Fig. 2 Izquierda: calibrado del modelo IH2VOF; derecha: análisis de alternativas



Fig. 3 Fotografías de los ensayos 2D

3. Reducción de la agitación interior

Se efectuó un completo estudio de agitación que permitió la transferencia de toda la base de datos de oleaje hasta diferentes zonas interiores para determinar las inoperatividades y efectuar un análisis comparativo de diferentes alternativas. La solución seleccionada consitió en la construcción de un martillo exterior junto al morro del dique de abrigo.





Proyecto de la Ampliación norte del Muelle Sur de Huelva

Alfonso Peñaa, Eloy Pitab y Lucas Martínc

^aJefe del Área de Infraestructuras, Autoridad Portuaria de Huelva, aplopezpazo@puertohuelva.com; ^bDirector General, Ingeniería Creativa Pita S.L. (INCREA), epita@increa.eu y ^cIngeniería Creativa Pita S.L. (INCREA), lmartin@increa.eu.

1. Introducción

El Muelle Sur de la Autoridad Portuaria de Huelva está ubicado en la zona denominada "Puerto Exterior" y se construyó (sobre recintos para material dragado, consolidados) en la margen izquierda de la ría de Huelva, cerca de su desembocadura.

En el año 2018, INCREA resultó adjudicataria del Concurso "Asistencia Técnica para la redacción del Proyecto de Ampliación Norte del Muelle Sur', donde se pretendía ampliar la línea de atraque (finalmente, en una longitud de 525 m) y alcanzar la cota -17,0 m en la fosa de atraque, para dar servicio a grandes buques.

La obra está siendo construida por la empresa Ferrovial y, en estos momentos, enero de 2022, se encuentra próxima a su finalización, por lo que, en la ponencia, se presentarán numerosas fotos explicativas de las obras, de gran fuerza expresiva.



Fig. 1 Representación artística del Muelle Sur y su Ampliación Norte (a la izquierda).

2. Solución propuesta

La sección tipo del muelle se resuelve mediante una pantalla de tablestacas ancladas en una pantalla de tablestacas trasera que permite contener el trasdós formado, en primer lugar, por un material de altas propiedades geotécnicas y, más alejado del cantil, por el relleno del recinto que constituye la explanada de estos muelles. Se han diseñado dos secciones tipo diferentes, en función de la geotecnia de cada zona; esta optimización ha dado lugar a un gran ahorro de costes de construcción a la AP.

Las secciones tipo dan lugar a uno de los muelles con mayor altura (distancia entre el fondo de la fosa de atraque y la cota del cantil, de 23,5 m) del mundo construidos con tablestacas sin la colaboración de plataformas de descarga. Ello (unido a la geotecnia de un paleocauce detectado) ha obligado a emplear, en el tramo más desfavorable, los perfiles situados en el rango máximo de los disponibles en la casa comercial ArcelorMittal. Además, las profundidades de hinca de la pantalla principal son muy grandes (alcanzan la cota -30,0 m), por lo que los medios a emplear han sido enormes. Hemos de mencionar que el sismo ha sido condicionante del diseño.

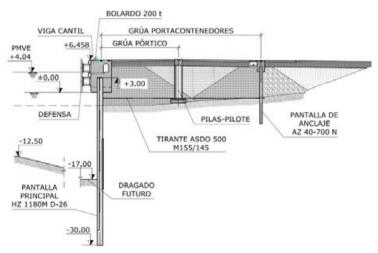


Fig. 2 Sección tipo 1 del muelle de proyecto.

Nota: En la solución ejecutada se suprimió la pila-pilote debido al cambio de configuración de las grúas.

3. Conclusiones

Para llevar a cabo la apuesta de la Autoridad Portuaria de Huelva por el futuro del Puerto Exterior, INCREA ha diseñado con éxito una solución de tablestacas récord en altura de tierras sin plataforma de descarga, utilizando el perfil de tablestacas de mayor capacidad resistente de catálogo y de mayor longitud de fábrica, lo que permitirá dar servicio a mayores buques con los beneficios medioambientales que aportan las pantallas de tablestacas.





Proyecto de Detalle y Optimización del Rompeolas, Dragado y Recintos de Explanada del Puerto Exterior de San Antonio (Chile)

José-Luis Monsóa v Laia Ortegob

aSENER Ingeniería y Sistemas, S.A., De Senior Advisor Ports, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Cataluña, joseluis.monso@sener.es y bSENER Ingeniería y Sistemas, S.A., project Manager, Ingeniera de Caminos, laia.ortego@sener.es

1. Introducción

El Proyecto de Detalle y Optimización del Rompeolas, Dragado y Recintos de Explanada del Puerto Exterior de San Antonio (Chile) fue redactado por SENER entre 2018 y 2020 por encargo de la Empresa Portuaria de San Antonio (EPSA).



Fig. 1 Vista del Proyecto del Puerto Exterior de San Antonio. Fuente: SENER (2020)

El proyecto contempla la ampliación del puerto actual, aumentando en 6 Millones de Teus su capacidad actual, que es de 1,7 Millones de Teus. Con una inversión total de 3.500 Millones de USD, el Puerto de San Antonio se convertirá en el puerto más importante de Sudamérica.

La infraestructura más importante del proyecto es la del dique de abrigo en talud de 4 Km de longitud total, con un manto de bloques cúbicos de hormigón de 10, 20, 40, 60 y 80 t y con una solución variante de cubípodos de 20, 30 y 50 t., coronado con un espaldón de hormigón en masa de cota variable entre la +12 m hasta la +17, 5 m. El proyecto contempla también un dragado de saneo de entre 3 a 6 m de profundidad por debajo del fondo a lo largo de la traza del dique para mejorar la capacidad portante del terreno de cimentación y evitar problemas de licuefacción por sismo, un dragado general de la dársena principal de 450 m de ancho y 1.750 m de largo, del área de reviro de 800 m de diámetro y del canal interior de acceso a la 18,5 m y el dragado del canal exterior de acceso a la -24 m. Así mismo, el proyecto contempla el diseño de los enrocados de cierre de los recintos de las explanadas y su relleno con material de dragado hasta la cota entre + 4 y + 5 m. Dichas explanadas y muelles configuran dos grandes terminales enfrentadas de 1.750 m, con capacidad de 3 Millones de Teus cada una, que permiten el atraque y operación simultánea de 8 barcos portacontenedores de hasta 400 m de eslora y 20.000 Teus de carga total. A lo largo del dique de arranque perpendicular a la costa se ha diseñado también un paseo peatonal y un centro cívico de gran interés urbano y paisajístico para integrar el puerto con la ciudad. Se prevé también en el provecto los accesos viarios y ferroviarios del material de cantera que será necesario para la construcción del dique de abrigo y enrocados de cierre, así como el diseño de una estación de transferencia ferroviaria para que el material pétreo del núcleo, el cual representa más del 80 % del volumen total, sea transportado por ferrocarril en lugar de bateas, aliviando así enormemente el tráfico de camiones que debe atravesar la ciudad. Dichas canteras se encuentran situadas a una distancia de unos 12 Km del puerto y aportarán los más de 16 Millones de m3 de material.

2. Principales retos tecnológicos del provecto

El proyecto presentaba unas dificultades muy notables que se resolvieron satisfactoriamente utilizando modelos numéricos de simulación, así como modelado físico 2D y 3D que permitieron ajustar el diseño básico anterior, garantizando la seguridad geotécnica, estructural e hidráulica del dique de abrigo. Los retos que se plantearon, a modo de resumen en este abstract, fueron el posible riesgo de sismo y tsunami, la existencia del cañón submarino frente al propio dique y en la zona de entrada al puerto, los riesgos geotécnicos de licuefacción del terreno del fondo marino por sismo, los riesgos de socavación (scouring) por avenidas con alto periodo de retorno del río Maipo y por tsunami, los problemas de acreción de la playa al sur del dique de arranque, los riesgos de rebase y estabilidad del espaldón por tsunami y por swells de largo periodo (T=20 s), y los problemas de distorsión de los frentes de onda inducidos por la presencia del cañón submarino que provocan concentraciones de energía en puntos concretos de la traza del dique que aumentan las Hs de diseño de forma significativa y, por tanto, incrementan el tamaño necesario de los bloques.



Fig. 2 Ensayos 3D del Puerto Exterior. Fuente: HR Wallingford (2019)



Nuevo frente marítimo de Tarragona – Pasarela patonal sobre las vías de FFCC v remodelación paseo marítimo inmediato

Borràs i Tous, Joan¹; Hernández Marín, Jordi²

¹Autoridad Portuaria de Tarragona, Director de Planificación Portuaria, joan.borras@porttarragona.cat

1. Introducción

La ciudad de Tarragona ha padecido históricamente una desconexión entre su centro urbano y su frente marítimo. Las vías del ferrocarril que hacen posible el tráfico de mercancías al puerto y también todo el tráfico de pasajeros constituyen hasta hoy una barrera prácticamente infranqueable para los ciudadanos.

La Autoridad Portuaria de Tarragona, con motivo de la implantación del tercer carril y el teórico incremento de tráfico ferroviario, se planteó llevar a cabo actuaciones en el frente marítimo de la ciudad para mejorar la permeabilidad desde la ciudad a la zona portuaria y para conseguir una total integración con el ámbito urbano municipal, además de crear un nuevo foco de atracción para el disfrute de los ciudadanos de Tarragona

2. Descripción actuaciones adoptadas

2.1. Pasarela peatonal sobre las vías de FFCC

Ejecución de una pasarela de peatones sobre las vías de ferrocarril, que conecte el centro de la ciudad con el Paseo Marítimo de la Playa del Miracle, el puerto deportivo y la zona lúdicocultural del Muelle de Costa. La solución adoptada respondió a los siguiente criterios:

Primero y fundamental) Encaje geométrico para obtener pendientes máximas de un 6% con el mínimo desarrollo y el menor impacto visual posible, para conseguir una total accesibilidad en las rampas, de acuerdo con la normativa para espacios públicos urbanizados.

Segundo) Incorporación de los ascensores para salvar un primer desnivel de unos ocho metros entre la cota del paseo marítimo y la cota superior de cruce de las vías del ferrocarril.

Se optó por un tablero con una sección cajón tricelular metálica tanto en las rampas como en el tramo principal, con pilas circulares de hormigón armado. Como acabados se ejecutaron una barandilla de acero inoxidable y pavimento de resina epoxi.

La actuación se ejecutó entre septiembre de 2016 y mayo de 2018, con un presupuesto de 1,67 M€ más IVA.

²Autoridad Portuaria de Tarragona, Responsable Infraestructuras, jordi.hernandez@porttarragona.cat



Fig. 1. Pasarela de peatones sobre FFCC

2.2. Remodelación paseo marítimo Rafael Casanova

Se plantea una remodelación del paseo en la zona cercana a la nueva pasarela para adaptarlo a la nueva realidad de conexión del frente marítimo con la ciudad, de modo que el paseo marítimo junto con las instalaciones portuarias más cercanas a la ciudad de uso ciudadano, como son el puerto deportivo, el Dique de Levante y la Zona lúdico-cultural del Muelle de Costa mejoren su accesibilidad y adquieran un uso más urbano, ciudadano y peatonal.

Se dotó al paseo de una nueva sección con carril-bici, zonas verdes y acera peatonal, pasos de peatones elevados y rampas de acceso a la playa. La actuación se ejecutó entre xxx y xxxx de 2019, con un presupuesto de xxx M€ más IVA.



Fig. 2. Remodelación paseo marítimo Playa el Miracle

3. Resumen

Con la ejecución de ambas actuaciones se ha mejorado la conexión del centro urbano de la ciudad con la playa del Miracle y la zona lúdico-cultural del puerto de Tarragona, y el actual Paseo Rafael Casanova prioriza las zonas peatonales, de carril bici y patines sobre el tráfico motorizado de vehículos, actuación similar a la ya existente en el Dic de Llevant y en el paseo anexo al Puerto Deportivo, con la incorporación de un carril bici diferenciado de la calzada de vehículos y de las zonas de peatones.





Defensa de márgenes erosivos del PN de Doñana. Actuación de emergencia durante los dragados de mantenimiento de la canal de navegación de la ría del Guadalquivir

Antonio Bejarano Moreno^a, Rodrigo García Orera^b, Patricio Poullet Brea^{c,} Angel Pulido Hernández^d, Gabriel Jesus Cuena López^e, Juan Pedro Castellano Dominguez^f Carlos Osborne Sánchezg

^aAutoridad Portuaria de Sevilla, abejarano@apsevilla.com; ^bAutoridad Portuaria de Sevilla, rgarcia@apsevilla.com; °Demarcación de Costas de Andalucía-Atlántico, ppoullet@miteco.es ^dAutoridad Portuaria de Sevilla, direccion@apsevilla.com; ^eServicio Provincial de Costas en Huelva esgcuena@miteco.es; fEspacio Natural de Doñana, juanp.castellano@juntadeandalucia.es y gDravo, S.A., carlos.osborne@dravosa.com

1. Introducción

La necesidad de mantener el calado útil en el canal de navegación de la ría del Guadalquivir, desde el Puerto de Sevilla hasta su desembocadura en Sanlúcar de Barrameda, para asegurar el tráfico marítimo hasta las instalaciones portuarias, exige la realización de campañas periódicas de dragado. Estas campañas, que se desarrollan con periodicidad anual o bianual, se encuentran amparadas por la Declaración de Impacto Ambiental publicada por la Resolución de 26 de septiembre de 2003. Los materiales dragados en los tramos más cercanos a la desembocadura, concretamente los denominados Broa, Puntalete y Salinas, se reubican en un vaciadero marino autorizado para tal fin, aunque desde 2014, cuando están compuestos mayoritariamente por arenas de calidad adecuada (D50>0,15 mm), se colocan en las playas de Sanlúcar de Barrameda, siguiendo las indicaciones de la Demarcación de Costas Andalucía Atlántico. Aunque se cuenta con la evidencia científica de que la mayor parte de los sedimentos que anualmente se depositan en el estuario proceden de la cuenca media y alta del río, no es menos cierto que el estuario está sujeto a procesos erosivos. Estos son particularmente intensos en algunas zonas de sus márgenes. Esta situación es especialmente severa en el tramo de la orilla onubense correspondiente al P.N. de Doñana, donde la erosión ha llegado a comprometer seriamente la integridad del vial de servicio que discurre paralelo al cauce. También en los últimos años, ante ciertos episodios de temporales coincidentes con pleamares y crecidas del río, se ha llegado a producir la inundación por agua marina de parte del ecosistema dunar y algunas lagunas costeras, siendo afectada letalmente por la elevada salinidad la orla de vegetación que caracteriza este tipo de hábitats. En el presente ejercicio, la dirección del PN de Doñana solicitó a la Autoridad Portuaria de Sevilla una actuación de emergencia para la recuperación de un tramo del margen del parque. La buena situación de las playas sanluqueñas, alimentadas durante la campaña de dragado de 2020, animó a la

Demarcación de Costas a renunciar a su alimentación este año y hacer suya la iniciativa autorizando la aportación en la orilla onubense.

2. Ámbito de actuación

Se ha acometido la recuperación de un tramo de 275 metros de la margen del PN de Doñana.



Fig. 1 Localización y evolución

3. Alcance de la actuación

La actuación, que ha supuesto la aportación de 62.000 m3 de arena, fue ejecutada por la empresa DRAVO, S.A. mediante la draga de succión en marcha Costa Atlántica, con la disposición de tuberías de impulsión y los medios terrestres necesarios para el extendido, operación especialmente compleja debido a la inaccesibilidad por tierra de maquinaria pesada. El material aportado fue caracterizado en el año 2018 y clasificado como de Categoría A, conforme a las Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del DPMT (CIEM, 2015), lo que lo hace apto para las operaciones de regeneraciones de playas. Durante la obra se procedió al control sistemático de la granulometría al objeto de verificar su idoneidad, desviando al vaciadero marino el considerado como no apto. Al finalizar la obra se han tomado muestras de la arena para verificar su adecuación a la Instrucción Técnica para la Gestión Ambiental de las Extracciones Marinas para la Obtención de Arena (MMAMRyM, 2010), mostrando su idoneidad. Administrativamente, esta actuación se desarrolló al amparo de la autorización de la Demarcación de Costas para la colocación del material en zonas del DPMT, requirió el concurso de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, que informó en tiempo record favorablemente la No Afección al Espacio Red Natura, y del Espacio Natural de Doñana que facilitó parte de la logística. En definitiva y en su conjunto, se ha mostrado como un exelente ejemplo de cooperación administrativa. Por último, para la Autoridad Portuaria de Sevilla ha sido una experiencia piloto muy interesante, por lo que su evolución será monitorizada para identificar si este tipo de aportaciones en las márgenes erosivas pueden ser incorporadas al proyecto de optimización de la navegación que se encuentra al día de hoy en fase de definición.



Análisis de la efectividad de la técnica de recuperación asistida "scraping" en la acreción producida en playas macro-mareales. Casos de estudio: Fuentebravía v La Costilla (Cádiz)

Erica Pellón^a, Patricio Poullet^b, Mauricio González^a y Raúl Medina^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, pellone@unican.es y ^bDemarcación de Costas Andalucía Atlántico.

1. Introducción

Las playas son un elemento fundamental en nuestras costas, ya que nos protegen frente a la erosión e inundación. Una playa más ancha dispone de más sedimento que podrá ser erosionado durante los temporales del invierno antes de producir daños en los elementos localizados en el trasdós de la playa. Los procesos de acreción se encargan de recuperar el sedimento erosionado. Estos procesos son lentos, por lo que el ancho de playa se irá recuperando muy lentamente hasta el final del verano. Hoy en día, la sociedad demanda soluciones basadas en la naturaleza (Hamm et al., 2002; González et al., 2010), y entre ellas encontramos las técnicas de recuperación asistida de playas. Estas técnicas intentan acelerar los procesos de acreción que ocurren en playas de forma natural, de forma que el ancho de playa aumente más rápidamente (al inicio de la temporada turística) sin realizar un gran esfuerzo mecánico. La más conocida de estas técnicas es el scraping (reperfilado), el cual se aplica en todo el mundo de forma empírica desde hace décadas (Bruun, 1983).

2. Scraping

El scraping es una técnica de regeneración de playas aplicable en entornos meso y macromareales. Esta técnica consiste en la retirada de una capa de arena, de unos 30 cm de espesor, de la zona intermareal por medios mecánicos terrestres, durante la bajamar. El volumen de arena retirado se emplea para la regeneración de la playa. Históricamente, esta técnica se ha empleado para aumentar las reservas de sedimento en la playa de cara al invierno (vertiendo el sedimento frente a la duna), aunque más recientemente algunos autores han afirmado que este movimiento del sedimento también produce un efecto de aceleración de la velocidad natural de acreción (Carley et al., 2010). En ese estudio, se plantea el vertido del sedimento en el frente de playa, produciendo un aumento inicial del ancho de playa seca en primavera.

3. Campañas de campo

Tras un estudio de la hidrodinámica de diversas playas macro-mareales se seleccionaron las playas de Fuentebravía y La Costilla en Cádiz como las más adecuadas para este estudio, por mostrar variabilidad estacional producida principalmente por transporte transversal. Ambas playas se dividieron en una zona donde se aplica el scraping y dos zonas naturales que Análisis de la efectividad de la técnica de recuperación asistida "scraping" en la acreción producida en playas macro-mareales. Casos de estudio: Fuentebravía y La Costilla (Cádiz)

permiten verificar si los procesos de acreción se aceleran generando un aumento del ancho de playa más rápido a partir de la fecha de las actuaciones.

Para la realización de este estudio se ha contado con la colaboración de la Demarcación de

Costas Andalucía Atlántico, la cual ha sido la encargada de realizar los movimientos de sedimento (scraping, Fig. 1) requeridos y la toma de datos en las 13 campañas de medición llevadas a cabo en cada playa entre mayo y octubre de 2021.

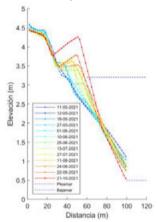




Fig. 1. Operaciones de scraping realizadas en la playa de Fuentebravía en mayo de 2021.

4. Resultados

Se ha producido un avance de la línea de pleamar de hasta 23 metros en la plava de Fuentebravía (Fig. 2) y 15 metros en La Costilla. El análisis de la tasa de acreción natural de la playa es fundamental para el correcto diseño del scraping y su optimización. En la presentación se mostrarán las mediciones de acreción de ambas playas, los resultados y conclusiones obtenidas sobre la efectividad del scraping para producir playas más anchas desde primavera darán recomedaciones para su uso.



5. Agradecimientos

Fig. 2. Perfil 2 Fuentebravía.

Los autores agradecen el apoyo del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España bajo la subvención BIA2017-89491-R, Proyecto Beach-Art.

Bibliografía

BRUUN, P. (1983) "Beach Scraping", Coastal Engineering, 7, pp. 167-173.

CARLEY, J. T. et al. (2010) "Beach scraping as a coastal management option", The 19th NSW Coastal Conference, pp. 1–20.

GONZÁLEZ, M., MEDINA, R. and LOSADA, M. (2010) "On the design of beach nourishment projects using static equilibrium concepts: Application to the Spanish coast", Coastal Engineering, 57(2), pp.227–240

HAMM, L. et al. (2002) "A summary of European experience with shore nourishment", Coastal Engineering, 47(2), pp. 237–264. doi: 10.1016/S0378-3839(02)00127-8.





Acondicionamiento y acceso a la Cetárea de Sarridal en Cedeira (A Coruña)

Carlos Gil Villar^a, Jezabel Enriquez Castro^b, Javier S. Puertas Mosquera^c y Rafael Eimil Apenelad

^a Director de las Obras (Demarcación de Costas en Galicia, Ministerio para la Transición Ecólogica y el Reto Demográfico, Cgil@miteco.es); bAutora del Proyecto; cJefe de Obra (TRAGSA, Jpuerta1@tragsa.es); dIngeniero-Jefe. (Demarcación de Costas en Galicia, Ministerio para la Transición Ecólogica y el Reto Demográfico, Reimil@miteco.es).

1. Introducción

La antigua cetárea de O Sarridal se localiza en el Término Municipal de Cedeira, en la costa norte de la provincia de A Coruña. Dicha estructura se encuentra en el entorno de gran valor patrimonial, situada en la Punta do Sarridal, próxima al del Castro do Sarridal y al Castillo de la Concepción. Esta instalación constituye un importante vestigio de una actividad económica ancestral cuya finalidad era la cría de marisco y mantener vivos los crustáceos hasta ser consumidos. Esta se encontraba totalmente abandonada, parcialmente destruida y sin un acceso adecuado a la misma. La Demarcación de Costas de Galicia realizo este ambicioso proyecto para poner en valor esta instalación situada en Público Marítimo-Terrestre, con la restauración de la misma, Dominio acondicionamiento del acceso, y así evitar un mayor deterioro, encargando la realización de los mismos a la empresa pública TRAGSA.

Una vez restaurada, estas instalaciones constituyen un ejemplo didáctico que permite conocer la actividad que se desarrollaba en otros tiempos, los ecosistemas litorales y la evolución paralela de la actividad humana y sus valores etnográficos.

2. Principales Actuaciones

Dependiendo de daños detectados se diseñó un proceso de restauración cuyas principales líneas de actuación se describen a continuación:

2.1. Acondicionamiento de accesos

Estabilización del talud. Tras una limpieza de la vegetación presente y de los pequeños materiales pétreos sueltos, se procedió a la estabilización del mismo mediante la instalación de mallas ancladas al terreno, que eviten la caída de rocas y otros materiales sobre el acceso a la cetárea a realizar a los pies del mismo

Acceso peatonal. A partir de la escalera de madera de acceso a la Playa de Sonreira, se planteó un acceso a la cetárea a través del acondicionamiento de un sendero que bordeará la línea costera. Éste se realizó mediante la recolocación de las rocas existentes, de forma que su trazado se adapte totalmente al entorno.

2.2. Acondicionamiento de la cetárea

Se realizó la restauración de la antigua cetárea. Ésta comprenderá las siguientes actuaciones:

- Dragado de la arena acumulada en el interior de la cetárea y eliminación de sedimentos, restaurando las piscinas originales.
- Eliminación de los bloques de hormigón y ladrillos presentes en la fachada y que no forman parte de la estructura original.
- Reparación de las ventanas de barrotes similares a los que antiguamente existían.
- Reconstrucción de la estructura y cubierta original respetando la tipología constructiva original, de este tipo de instalaciones.
- Puesta en valor de la maquinaria antigua.
- Restricción de accesos a las zonas peligrosas.

2.3. Otras Actuaciones

Se realizaron otras actuaciones en la zona como:

- El acondicionamiento de la explanada anexa con la demolición de muros y elementos que no pertenecen a las instalaciones.
- Colocación de bancos de madera y mesas y paneles indicativos e interpretativos.
- Instalación de barandillas de protección en lo alto del acantilado de modo que se crea un mirador que facilite una visión global del conjunto de las instalaciones.

3. Conclusiones

Estas actuaciones han permitido recuperar esta infraestructura, y se han realizado soluciones técnicas concretas encaminadas a poner en valor patrimonial y medioambiental de los bienes integrantes del Dominio Público Marítimo-Terrestre.

4. Agradecimientos

Se agradece en especial al personal de la Demarcación de Costas en Galicia, al del ayuntamiento de Cedeira y a la empresa pública TRAGSA que participaron en este proyecto, que su dedicación y esfuerzo no hubiera sido posible esta actuación.





Análisis del hundimiento de bloques en fondos arenosos

Antonio Contreras-de-Villara, Juan José Muñoz-Péreza, Francisco Contreras-de-Villara, Bismarck Jigenaa, Patricia López-garcíaa,

^aGrupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Universidad de Cádiz, Puerto Real, 11510. Cádiz., juanjose.munoz@uca.es, antonio.contreras@uca.es, francisco.contreras@uca.es, bismarck.jigena@uca.es, patricia.lopezgarcia@uca.es

1. Introducción

El hundimiento (parcial o global) de diques de escollera y bloques de hormigón en fondos arenosos, ya sea para fines portuarios o de defensa costera, es un problema generalizado. Las soluciones habituales de diseño, como la del tipo dragado en zanja y sustitución parcial del sedimento del fondo por material granular más grueso, no siempre dan buen resultado. Los daños pueden ser no sólo funcionales o estructurales sino catastróficos. Estos hundimientos pueden conducir incluso a la ruina total de la obra y, en cualquier caso, suponen un sobrecoste muy considerable, e inadmisible hoy en día, para nuestra sociedad. Basta recordar como ejemplo el fallo del dique de cajones en el Puerto de Barcelona en noviembre de 2001 (Puzrin et al., 2010).

Se ha observado que estos hundimientos suelen ir acompañados de sucesos previos y/o simultáneos de socavación y, en algunos casos, de licuefacción. Aparte de la originada por los maremotos, la licuefacción es inducida normalmente por el oleaje y puede ser "residual" (debida a la sobrepresión acumulada en el terreno por el continuo paso de las olas) o "momentary" (durante el paso de los senos de las ondas).

Aunque en las últimas décadas se ha profundizado en el conocimiento del flujo y la erosión alrededor de estructuras marítimas, poco se sabe sobre el impacto de la licuefacción en las mismas y cual es la mejor solución de diseño para evitarla. En el marco del proyecto europeo LIMAS (Liquefaction around Marine Structures), que se desarrolló entre 2001 y 2004, se han dado pasos importantes en el estudio de los modos de fallo de diferentes estructuras marítimas debidos a la licuefacción de suelo inducida por agitación en laboratorio (con los consiguientes problemas de escala), pero ningún experimento se ha realizado a escala prototipo o 1:1.

La presente ponencia trata de definir una metodología de bajo coste, que obtenga los datos de campo necesarios para investigar este fenómeno. Para ello se ha ubicado un bloque de hormigón de los habituales en diques marítimos y se ha monitorizado su comportamiento (socavación y hundimiento) mediante diferentes procedimientos. La metodología utilizada ha sido, por un lado, mediante levantamientos topográficos de precisión del bloque, del

terreno circundante y de perfiles transversales desde la orilla. Por otra parte, se acoplaron al bloque dos sensores de presión, uno en las cara superior y otro en la cara inferior del bloque.

Puesto que se ha observado que diques de diseño idéntico ubicados en lugares próximos no siempre sufren el mismo tipo de daños, fue esencial la elección del lugar donde se efectuó el ensayo. La ubicación debía garantizar que ocurriese el enterramiento del bloque. Por ello se eligió la playa de Santa María del Mar (Cádiz), donde se produjo en 1998 el hundimiento de un dique de escollera (Medina et al., 2006). En el año 2005, se desarrolló un ensayo a gran escala en la misma playa para la medición del hundimiento de tres estructura (Muñoz-Perez et al., 2015; Khan-Mozahedy et al., 2016). En la ponencia se presentan los resultados derivados de la presente investigación.



Fig. 1 Bloque de hormigón empleado para la monitorización del hundimiento.

2. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico su colaboración en la presente investigación.

Referencias

Khan-Mozahedy A., Muñoz-Perez J.J., Neves, M.G., Sancho, F., Cavique, R. (2016). Mechanics of the scouring and sinking of submerged structures in a mobile bed: A physical model study. Coastal Engineering. Volume 110, April, Pages 50-63

Medina, J.R., J.J. Muñoz-Perez, G. Gomez-Pina, 2006. Transmission and Reflection of Modular Detached Breakwaters. Coastal Eng. Conf. (ASCE) 30 (5), 4350-4361

Muñoz-Perez, J. J., Khan-Mozahedy, A. B. M., Neves, M. G., Tejedor, B., Gomez-Pina, G., Campo, J. M., & Negro, V. (2015). Sinking of concrete modules into a sandy seabed: a case study. Coastal Engineering, 99, 26-37.

Puzrin, A. M., Alonso, E. E., & Pinyol, N. M. (2010). Caisson Failure Induced by Liquefaction: Barcelona Harbour, Spain. In Geomechanics of Failures (pp. 85-148). Springer Netherlands.





BLUE GROWTH VIGO - 2021-2027 El crecimiento azul como motor de futuro: El ejemplo de la Autoridad Portuaria de Vigo

Carlos Botana Lagaróna

^aDepartamento de Sostenibilidad. Autoridad Portuaria de Vigo. carlosbotana@anvigo.es:

1. Introducción

El convencimiento de que la recuperación de la economía europea pasa por relanzar la Economía Marítima o Economía Azul ha llevado a la Comisión Europea a plantear la estrategia denominada Crecimiento Azul (Blue Growth). La Comisión señala ciertos aspectos que considera claves para relanzar la economía marítima: blue energy, acuicultura, turismo de cruceros, costero y marítimo, recursos minerales marinos y biotecnología azul. La filosofía Blue Growth implica que cada área puede identificar los factores determinantes de su Economía Azul y el conjunto de acciones capaces de impulsar el empleo y el crecimiento económico de manera sostenible. No obstante, la enorme diversidad de condicionantes económicos, debilidades y fortalezas de cada enclave costero europeo hace muy difícil su aplicación en la práctica y por eso la Comisión no ha indicado ninguna metodología para llevar esta idea a buen término.

2. Descripción del proyecto

El Puerto de Vigo, como se indica en la introducción, ha sido el primer puerto de la Unión Europea en implementar la estrategia Blue Growth de manera integral desde una perspectiva holística y en el convencimiento que el impulso a la Economía Azul ha de realizarse desde todos los sectores con idéntica fuerza y al mismo tiempo. Ha puesto en marcha una metodología de trabajo pionera, innovadora con un enfoque "bottom up", es decir, de abajo hacia arriba y adaptada a sus características y necesidades, pero con el ánimo de que el modelo pueda ser extrapolable a otras regiones de la Unión Europea. Esto significa que ha de presentarse desde cada unidad socioeconómica concreta y contar con la participación de los agentes locales (stakeholders) en la identificación de las prioridades que deben abordarse.

Además, la iniciativa viguesa necesariamente debe tener encaje en el marco estratégico internacional, relacionado con el Cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible promovidos por Naciones Unidas, y que promulgan la necesidad de generar alianzas para lograr un desarrollo sostenible que repercuta en la mejora de la calidad de vida de las personas.

En el nuevo período de acción 2021-2027 del Plan Blue Growth Puerto de Vigo se continuará reforzando la metodología de implementación, evaluación y comunicación. Además, se ha realizado un ejercicio de revisión de nuevas políticas, compromisos y estrategias hacia los que debería dirigirse una estrategia de crecimiento azul, orientando esta nueva década entorno a tres ejes principales del acción:

- Eje estratégico del Pacto Verde: en la que el Puerto de Vigo centrará sus esfuerzos por lograr la compatibilidad de la actividad industrial portuaria con un buen estado medioambiental y las cero emisiones.
- Eje estratégico de Digitalización: aborda los esfuerzos de innovación para extender la digitalización de todos los procesos, que integre a usuarios y otras administraciones
- Eje estratégico de Humanización: se ocupará de avanzar en la humanización de las instalaciones y actividades, logrando posicionarse como un puerto inclusivo.

Por primera vez se ha realizado una herramienta de medición del impacto de la implantación de la estrategia blue growth en un Puerto y se dispone del resultado y evaluación del periodo anterior 2016- 2021. En el entorno de cambio que vivimos actualmente debido a la pandemia a las diferentes crisis es necesario disponer de sistemas que nos permitan detección temprana de dichaos cambios y una gran adaptación a los mismos.

La Autoridad Portuaria dentro de su estrategia blue growth tiene más de 30 proyectos de innovación en marcha con cerca de 200 relaciones públicas – privadas, convirtiéndose en un motor de la innovación del área de Vigo, lo cual está contribuyendo a múltiples colaboraciones con organismos internacionales, como la FAO, Unesco, el Banco Mundial o la propia Comisión Europea.





Sostenibilidad en el Puerto de Algeciras: Hacia una Estrategia Verde

Departamento de Sostenibilidad, Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras sostenibilidad@apba.es;

Introducción 1.

El Desarrollo Sostenible se ha convertido en una línea de trabajo primordial a nivel internacional, de forma que la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras (APBA) ha considerado oportuno el impulso de un Plan Estratégico que logre capturar las grandes tendencias en materia de sostenibilidad y asegurar que la entidad se mantiene como referente del sector. La APBA lleva años trabajando para un desarrollo portuario sostenible, con multitud de proyectos implementados y otros en ejecución. Por ello, ha diseñado una nueva Estrategia Verde con un enfoque ambiental integrador y transversal en sus instalaciones portuarias, con la intención de incluir a todas aquellas organizaciones que conforman la comunidad portuaria. Su objetivo principal es promover la mejora de los tres pilares de la sostenibilidad: ambiental, social y económico en los puertos que gestiona y su entorno. La Estrategia Verde 2021-2026 establece los ámbitos a trabajar y las diferentes temáticas a abordar para conseguir cumplir con las metas establecidas. A partir de su publicación, todos los equipos de la Autoridad Portuaria tienen acceso a las líneas estratégicas en materia de sostenibilidad que seguirá la entidad en los próximos 5 años. Estas se han extraído y priorizado usando como referencia los marcos de trabajo en sostenibilidad de Naciones Unidas, la Comisión Europea, la Organización Internacional de Puertos y Ciudades (aiVP), la Organización Europea de Puertos Marítimos (ESPO) y la estrategia en sostenibilidad de Puertos del Estado, además de identificar y escuchar a sus grupos de interés.

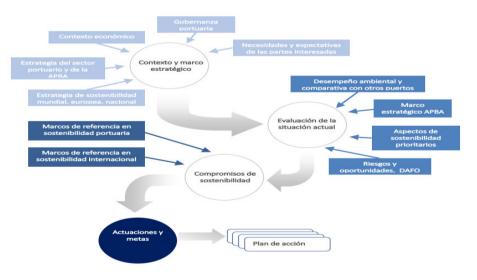


Fig.1 Esquema general del desarrollo de la estrategia verde

Para conseguir una coordinación y cooperación dentro y fuera de la entidad, se ha planteado el establecimiento de una nueva Oficina de Seguimiento e Impulso de la Estrategia Verde que contará con un equipo multidisciplinar de expertos en sostenibilidad portuaria. Estos expertos deben aportar nuevos conocimientos y experiencias en el ámbito de la sostenibilidad portuaria que ayudarán a la consecución de los objetivos establecidos. Parte de las tareas asociadas a esta nueva oficina serán las de comunicar, divulgar y coordinar los nuevos proyectos para conseguir que no solo se implementen correctamente, sino que la sociedad y puertos del entorno puedan valorar los esfuerzos de la entidad.

Los proyectos que se implementarán tendrán como objetivo conseguir un cambio de paradigma que contribuya positivamente a la relación puerto-ciudad-medio ambiente. Todos los proyectos que se implementen bajo esta estrategia seguirán estrictos criterios de impacto positivo y de alineamiento con la transición a una economía baja en carbono. Una nueva Estrategia. Se han valorado por una parte aquellos aspectos relevantes, influentes y con impacto sobre las partes interesadas y grupos de interés. Adicionalmente, la APBA ha estudiado y comparado los 51 objetivos y compromisos de desarrollo sostenible establecidos por las organizaciones mas influyentes a nivel internacional y específicas del sector portuario.

Compromisos de Sostenibilidad y Estrategia Verde

En base a los resultados del análisis de materialidad se consiguió una priorización numérica de cada uno de los aspectos identificados en el análisis, estableciendo así un orden. La tabla presentada a continuación incluye los diferentes factores a trabajar y su orden de prioridad. En base a los compromisos se lleva a cabo una comparación entre el nivel de contribución de los diferentes proyectos implementados y los respectivos niveles de prioridad de los compromisos.



Tabla 1. Priorización de aspectos materiales (Compromisos de sostenibilidad)

El objetivo es establecer las grandes líneas estratégicas para potencia el desarrollo sostenible en base a tres pilares, el ambiental, el social y el de gobernanza/económico, con el objetivo de desacoplar el crecimiento económico del impacto ambiental y social de las operaciones portuarias, mejorando la relación puerto-ciudad-medio ambiente.





La descarbonización del transporte marítimo y su impacto en la infraestructura portuaria: competitividad y gobernanza

Francisco de Manuel Lópeza, David Díaz-Gutiérrezb, Alberto Camarero-Orivec, José Ignacio Parra Santiago^d

Grupo de investigación Port and Maritime Logistic (PORMAR LRG-UPM)

- a Doctor Ingeniero Naval, REPSOL y Profesor Asociado de la Universidad Politécnica de Madrid. D, francisco demanuel@upm.es
- b Doctor Ingeniero Naval. Profesor Contratado Doctor de la Universidad Politécnica de Madrid, , david.diaz@upm.es
- Coctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. alberto.camarero@upm.es
- (iD) Doctor Ingeniero de Caminos, Canales Puertos, Universidad Politécnica Madrid. joseignacio.parra.santiago@alumnos.upm.es

1. Del marítimo...

Desde el año 2008 la normativa internacional sobre transporte marítimo está imprimiendo un ritmo frenético de cambios en la propulsión marítima de la flota mundial nunca antes vistos. Estos cambios regulatorios han provocado que va estemos asistiendo a un momento totalmente disrruptivo, donde estamos viendo la aparición de nuevos combustibles marinos como el Gas Natural Licuado (GNL), Gas Licuado de Petróleo (GLP), hidrógeno, amoníaco, metanol, baterías, pero también nuevas formas de eficiencia energética para descarbonizar el transporte marítimo.

Los cambios confirmados en 2016 por la Organización Marítima Internacional (OMI) nos han llevado a que a partir del año 2020 el nivel máximo de azufre en las emisiones de los combustibles marinos en zonas controladas (Emission Control Areas, ECAs) y puertos europeos sea del 0,1%S (en contenido de Azufre) y fuera de estas zonas del 0,5%S. Al mismo tiempo, también han impuesto diferentes límites a las emisiones de óxidos de Nitrógeno (NOx). Para cumplir estos límites la flota mundial se planteó inicialmente consumir únicamente combustibles destilados (Marine Diesel Oil, MDO), mucho más caros que el fuel pesado, utilizado mayoritariamente desde hace más de 100 años y con un diferencia media de precios de 258 \$/t (2010-2020), o bien invertir en nuevas formas de propulsión. Como alternativas al MDO y para cumplir con la normativa, se han consolidado el uso de scrubbers (torres de lavado de los gases de escape) y el GNL.

La nueva estrategia de la Organización Marítima Internacional (OMI) en emisión de gases de efecto invernadero (Greenhouse Gas, GHG) complementa a las anteriores medidas centradas en reducir SOx y NOx, pero en este caso buscando la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO2) por transporte al 40% en 2030 y al 50% en 2050, respecto a las emisiones producidas en 2008. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, COP26, se ha fijado no sobrepasar los 1,5 °C de calentamiento global. Y para ello, va no basta con reducir el contenido de azufre en combustibles. Ahora se requiere el uso de nuevos combustibles con bajo factor de CO2, así como mejorar la eficiencia energética mediante la reducción de velocidad y potencia, mejora en diseños hidrodinámicos y la optimización de rutas.

2. ...al portuario

En la actualidad hay más de 4.600 buques con scrubber ya instalado, más de 600 buques con GNL como combustible y 300 buques que utilizan baterías recargables que buscan infraestructura portuaria para poder abastecerse. Estas cifras contrastan con las sólo 23 gabarras capaces de suministrar GNL en puertos, todos en el norte de Europa y en EE.UU., primeros en adoptar medidas medioambientales más restrictivas. Las normativas europeas EU Green Deal o el paquete de medidas "Fit for 55" firmado el 14 de julio de 2021 harán sin duda aumentar la velocidad para llegar a una Europa neutral en el 2050, incluyendo al transporte marítimo. Para ello, nuestros puertos, acostumbrados al suministro de únicamente dos combustibles, fuel y gasóleo, deberán atender a demandas de nuevos combustibles, asegurando su origen renovable, OPS o incluso el almacenamiento de CO2 capturado.

Los buques están navegando por delante de la infraestructura portuaria, que debe adaptarse urgentemente para atender a estas nuevas tecnologías y acelerar el cumpliento de los objetivos medioambientales. Para ello, son absolutamente necesarias las ayudas europeas e inversión privada, pues a diferencia de un buque, el puerto dificilmente verá recuperada su inversión en una infraestructura de suministro de GNL o un OPS.

Los puertos españoles deben, por tanto, llamar a su competitividad y gobernanza para no quedarse atrás e impulsar la economía azul y el concepto de smart ports. Competitividad porque los puertos españoles deben aprovechar su papel geoestratégico en varias de las principales líneas de navegación internacional para ser los que ofrezcan un producto más completo a las navieras y ser elegidos como hubs de descarbonización en su ruta. El modelo de Gobernanza debe evolucionar hacia la flexibilidad en la toma de decisiones que permita adelantarse a los cambios en la normativa matítima con el reto de coordinar intereses públicos y privados con el objetivo común de obtener puertos eficientes y eficaces, es decir, competitivos. Una vez más, los puertos están llamados a servir de nexos entre buque y sociedad, pero incluyendo ahora en el concepto de puerto un imprescindible hub de descarbonización.

Palabras clave: descarbonización; sistema portuario; competitividad; gobernanza.





Producción de Amoniaco verde en parques marinos aislados: Provecto BahíaH2

César Vidal Pascuala, Francisco Royano Gutiérreza y Raúl Guanche García

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, https://orcid.org/0000-0003-1178-3314, vidalc@unican.es

1. Introducción

Bajo la presión del cambio climático, la sociedad humana se está enfrentando a una drástica reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Con este objetivo, la Comisión Europea ha propuesto un objetivo de reducción de emisiones de GEI para 2030 de al menos un 55% de las emisiones en 1990, manteniendo el objetivo de neutralidad en emisiones para 2050.

Las fuentes más abundantes de energía renovable (solar y viento) son intermitentes y aleatorias, por lo que, para acomodarse a la demanda se requiere un cierto grado de acumulación. Aunque toda la demanda de energía eléctrica se cubriera con fuentes renovables y sistemas de acumulación eléctrica, todavía quedaría entre un 53% y un 68% de la demanda de energía (transporte pesado terrestre, marino y aéreo, agricultura, industria, calor etc.) que requeriría otras soluciones. La solución obvia son los combustibles sintéticos, gaseosos o líquidos denominados en los sucesivo CS.

Los objetivos de este artículo son: 1) mostrar las ventajas del amoniaco verde como vector energético y su idoneidad para su producción, almacenamiento y expedición en parques eólicos marinos flotantes aislados o no de tierra y 2) presentar el proyecto BahíaH2, dedicado a estudiar y evaluar la propuesta.

2. Provecto BahíaH2

El proyecto BahíaH2 es el primer proyecto del grupo de empresas Supercluster Atlantic Wind (SAW) que agrupa los siguientes grupos de empresas y organismos del norte de España:

- Sea of Innovation Cantabria Clúster (https://cantabriaseaofinnovation.es/)
- Galicia Offshore Energy Group (https://www.asimegoe.com/)
- Consorcio Tecnológico de la Energía de Asturias (http://www.ainer.es/)

BahíaH2 está motivado en la necesidad de descarbonización de la producción de amoniaco y del transporte marítimo. El objetivo general es demostrar la viabilidad de la producción de amoniaco verde en alta mar a partir de la energía eólica producida por los parques eólicos marinos aislados de tierra y su utilización para operaciones de reaprovisionamiento de combustible y carga de barcos de gas licuado.

El proyecto BahíaH2 se organiza en tres fases, ver figura 1.



Proyecto I+D de hibridación de tecnologías renovables para la obtención de NH3 verde en condiciones marinas. Ubicación de la planta electroquímica sobre una barcaza flotante en el Puerto de Santander. Instalación de una planta fotovoltaica flotante. Soporte de agua y electricidad por parte de la APS. Producción y almacenamiento de NH3 licuado. Utilización del NH3 producido por barcos de servicio de la APS.

Nivel tecnológico: TRL 4-5-

Instalación de una turbina eólica flotante offshore (posible ubicación en plataforma de pruebas). Instalación de una plataforma FPSO para la producción y almacenamiento del NH3 producido mediante la energía eólica. Independencia energética y de

suministro de agua. Bunkering del NH3 producido en los barcos de servicio de la

Nivel tecnológico: TRL 6-7

APB.

Integración completa en un parque eólico marino comercial.

Instalación de una plataforma FPSO para la producción y almacenamiento del NH3 producido mediante la energía eólica.

Independencia energética y de suministro de agua. Bunkering del NH3 producido

Nivel tecnológico: TRL 8-9

Figura 1. Etapas del proyecto BahíaH2 para la producción de amoniaco verde en parques eólicos marinos.

Este artículo se centrará en la descripción de la primera fase, en la que se prevé la construcción y el estudio de la operación de una planta flotante de producción de amoniaco a partir de la energía generada por una planta fotovoltaica flotante (FV). En esta fase, que se instalará en el puerto de Santander, ver figura 2, la planta flotante recibirá energía, agua y comunicaciones desde tierra. Se estudiará la integración de todos los sistemas y su adaptación al suministro intermitente de energía. Se prevé que esta fase finalice en 2024.



Figura 2. Posible ubicación del fondeo de la planta solar flotante y barcaza de producción de NH3 en la Bahía de Santander, para la fase 1 del proyecto BahíaH2.



Análisis sectorial de los criterios fundamentales para la evaluación de la viabilidad de las instalaciones de generación de energía undimotriz en los puertos.

Raúl Cascajoa, Rafael Molinab v Luís Pérezc

- ^a Autoridad Portuaria de Valencia. Doctorando en Ingeniería Naval y Oceánica por la Universidad Politécnica de Madrid: r.cascajo@alumnos.upm.es
- ^b Dpto. Ingeniería Civil. Transportes y Territorio. ETSICCIP. CEHINAV. Universidad Politécnica de Madrid. , rafael.molina@upm.es
- ^cDpto. de Arquitectura y Construcción Naval. ETSIN Madrid. CEHINAV. Universidad Politécnica de Madrid. Luis.perezrojas@upm.es

Resumen

Los puertos son contextos industriales y logísticos que demandan grandes cantidades de energía. Por su papel como nodos de la cadena logística global están llamados a jugar un papel fundamental en la transición energética y en la descarbonización del transporte, y específicamente el marítimo.

Este papel puede verse desde varias perspectivas, por un lado, los puertos son facilitadores del desarrollo tecnológico, pues a través de políticas que fomenten la innovación y la gobernanza de los recintos que gestionan, pueden hacer avanzar a la comunidad portuaria hacia unos niveles más elevados de sostenibilidad; por otro lado, como plataformas logísticas para el despliegue de instalaciones de generación de energías marinas off-shore.

La energía oceánica, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2019 [1], ha sido identificada como una de las medidas para mitigar estos efectos. Entre los varios orígenes de energía oceánica, la energía procedente de las olas está llamada a jugar un papel importante en instalaciones portuarias en la modalidad de autoconsumo [2].

Hay varios proyectos en desarrollo en todo el mundo destinados a extraer energía del oleaje gravitatorio. Sin embargo, hasta la fecha, no se ha encontrado ninguna tecnología que, en términos generales, sea superior a otras. Existen varios condicionantes que impiden que este tipo de energía alcance el nivel de madurez de otras energías renovables marinas, estos son principalmente económicos, tecnológicos, ambientales y regulatorios, por mencionar los más importantes.

Aunque existen estudios previos sobre el uso de la energía undimotriz en muchas localidades del mundo, estos no son muy concluyentes a la hora de definir las variables críticas a evaluar para acometer con suficiente certeza proyectos de generación de energía undimotriz que puedan competir con la energía eólica o fotovoltaica en términos de rendimiento y precio de la energía. Los estudios del recurso energético teórico que se puede extraer del movimiento oscilatorio de las ondas son un asunto diferente.

Para 2030, al menos 1 GW de energía oceánica (siendo parte de esta energía undimotriz) debería instalarse en Europa y se prevé que este despliegue de energía renovable continúe alcanzando al menos 40 GW de capacidad instalada para 2050 [3]

El nuevo Mecanismo de Financiación de las Energías Renovables de la UE, publicado en septiembre de 2020 y en vigor desde 2021, facilitará a los Estados miembros de la UE la colaboración para financiar y desplegar proyectos de energías renovables, ya sea como país anfitrión o como país contribuyente. Por este motivo, es necesario obtener la experiencia global adquirida por los expertos implicados en este tipo de proyectos para facilitar la implantación de sistemas de generación de electricidad del oleaje en ámbitos con características particulares.

Entre este tipo de proyectos de energía undimotriz singulares a desarrollar, hay que destacar los dedicados al autoconsumo de energía en los puertos. Ante la creciente necesidad de energía verde que surgirá en los próximos años en los puertos debido a su progresiva descarbonización, la energía undimotriz es una candidata con buenas posibilidades de éxito.

Esta comunicación tiene como objetivo exponer la visión recabada entre la academia y del sector tecnológico para evaluar proyectos de energía undimotriz. Este estudio se ha elaborado mediante un método prospectivo de consulta basado en la metodología Delphi. Como resultado se presentarán los criterios más generalmente aceptados para la evaluación de la viabilidad de proyectos de energía undimotriz bajo una modalidad de autoconsumo.

Palabras clave

Energía limpia, energía undimotriz, energía renovable, ODS, convertidor de energía undimotriz, sostenibilidad, puertos verdes.

Referencias

- 1 las Naciones Unidas. Disponible en línea: URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheetpackage.pdf.
- Stahl, A. La utilización del poder de las olas del océano. Trans Am Soc Mech Eng, 1892, 13, pp. 438-506.
- 3. Comisión Europea: Estrategia de la UE para aprovechar el potencial de las energías renovables alta mar para un futuro climáticamente neutro: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore renewable energy strategy.pdf.





Análisis climático para el diseño y gestión de infraestructuras marítimas v sistemas costeros acotando la incertidumbre

Manuel Cobos, Pedro Magaña, Pedro Otiñar, Marcus Silva y Asunción Baguerizo Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada 🕩 0000-0002-5896-3630, mcobosb@ugr.es; 🕩 0000-0002-0223-2425 pmagana@ugr.es, 0 0000-0002-2149-5642 potinar@ugr.es, 0 0000-0002-1575-5145, marcussanta@ugr.es. 🕩 0000-0002-3339-0653, abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

Los documentos ROM proporcionan un conjunto de criterios técnicos para orientar en el diseño de obras marítimas y portuarias. En la ROM 0.0, se introducen una serie de novedades, entre las que se encuentran la verificación de los modos de fallo (adscritos a estados límite últimos y de servicio) y de parada operativa con técnicas de Nivel III. Para su aplicación efectiva es necesario recurrir a métodos para la generación sintética de series temporales de clima marítimo.

Los trabajos de Solari y Losada (2011), Solari y Van Gelder (2011) supusieron un punto de inflexión al considerar la no estacionariedad propia del clima marítimo a través de distribuciones paramétricas no estacionarias. Sin embargo, estos estudios y otros que se encuentran en la literatura, se han desarrollado de manera específica para variables concretas usando determinadas combinaciones de distribuciones. Por este motivo, y por la dificultad de implementar dichas metodologías o usar los códigos que existen, en la práctica, los métodos de Nivel III de simulación del clima aún no han sido integrados por consultorías en estudios de ingeniería marítima.

En este trabajo se presenta una herramienta web de visualización y descarga de los datos del análisis del clima marítimo para todo el litoral andaluz, junto a una herramienta que permite la generación de series climáticas multivariadas no estacionarias que conservan las propiedades estadísticas de la serie original.

2. Métodos

Se presenta la herramienta MarineTools (www.github.com/gdfa-ugr/marinetools) que incluye el paquete "temporal" para la caracterización no estacionaria de datos multivariados de clima y la simulación de series temporales con las mismas características estadísticas. El análisis se basa en el cálculo de distribuciones marginales paramétricas compuestas o definidas a trozos, no estacionarias, que reproducen los regímenes medio y extremal y su variabilidad temporal anual. La dependencia del valor de las variables en un instante dado con los valores anteriores se describe con un modelo vectorial autorregresivo.

En la plataforma web aloiada en gdfa.ugr.es/app/marinetools-clima, se incluyen los resultados del análisis de las proyecciones de clima marítimo de los datos del proyecto PIMA Adapta (Ramírez, 2019) del MITECO para el escenario RCP 8.5 en los periodos de 2026-2045 y 2081-2100 que se encuentran disponibles. De ella pueden descargarse los parámetros del clima futuro en una determinada localización para, posteriormente, con MarineTools.temporal obtener tantas simulaciones del clima como se desee durante el periodo a simular que se elija.

3. Resultados

En la ponencia se mostrará un ejemplo de aplicación con el objetivo de generar numerosas simulaciones del clima en aguas profundas y así calcular, por ejemplo, la energía undimotriz disponible o el rebase de un dique tipo en una hipotética actuación de ampliación en el puerto de Carboneras (Almería). Se realizará la descarga y la simulación en el momento, y se mostrarán diversas funcionalidades para el análisis de ventanas climáticas, régimen de excedencias y extremal.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro del marco de trabajo de los siguientes proyectos: (1) Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático [CONTR2018/66984], y (2) Gestión del riesgo asociado a la erosión e inundación en un escenario de cambio climático y la toma de decisiones sobre concesiones en el dominio público marítimo-terrestre [CONTR2020/194906].

Referencias

- LOSADA, M. A. (2001). ROM 0.0-01. "Procedimiento General y Bases de Cálculo en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias, Parte I", Puertos del Estado.
- RAMÍREZ, M., M. MENÉNDEZ, P. CAMUS e I. LOSADA. (2019). "Tarea 2: Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española. Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española".
- SOLARI, S., & LOSADA, M. A. (2011). "Non-stationary wave height climate modeling and simulation". Journal of Geophysical Research: Oceans, 116 (C9).
- SOLARI, S., & VAN GELDER, P. H. A. J. M. (2011). "On the use of Vector Autoregressive (VAR) and Regime Switching VAR models for the simulation of sea and wind state parameters". Marine *Technology and Engineering*, 1, 217-230.





Análisis composicional de la tendencia de los temporales de oleaje

Jesús Corral-Lópeza, M.I. Ortegoby J.J. Egozcuec

^aACCIONA Ingeniería, ^b, jesus.corral.lopez.ext@acciona.com; ^bUniversitat Politècnica de Catalunya, D, ma.isabel.ortego@upc.edu y cUniversitat Politècnica de Catalunya, D, juan.jose.egozcue@upc.edu

1. Objetivo

El objetivo principal de esta ponencia es analizar si la intensidad de las condiciones extremas del oleaje en la costa catalana ha aumentado en los últimos 60 años, como consecuencia del cambio climático.

2. Fuentes de datos

Se han utilizado datos de diferentes nodos SIMAR que contienen información del oleaje entre 1958 y 2015. Estos nodos han sido proporcionados por Puertos del Estado. A partir de los datos hindcast, se han seleccionado las tormentas independientes, considerando aquellos eventos cuyas alturas de ola significantes, Hs, superen los 2 m. Posteriormente, se han clasificado las tormentas en 5 categorías en función del logaritmo de Hs (débil, moderadamente débil, moderada, moderadamente fuerte y fuerte). En la siguiente figura se muestra el número de tormentas de cada tipo en todos los años del registro del nodo situado en Tortosa.

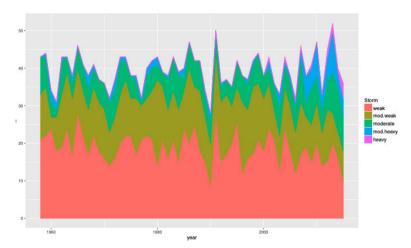


Fig. 1 Evolución temporal del número de tormentas de cada tipo registradas (Tortosa).

Fuente: Elaboración propia

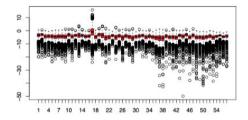
3. Datos composicionales

es un vector cuvas componentes son positivas y que contienen Una composición información de tipo relativo.. Los datos composicionales se deben tratar adecuadamente, usando la geometría de Aitchison en el símplex o bien representando las composiciones en coordenadas en RD, usando la aproximación log-ratio (transformaciones clr o ilr)(Pawlowsky-Glahn et al, 2015).

4. Modelo

Se ha considerado que la frecuencia anual de las clases de tormentas en un lugar de la costa es una muestra multinomial. Se supone que las probabilidades multinomiales son una composición que evoluciona en el tiempo, debido a las tendencias climáticas. Este vector de probabilidades se ha transformado a coordenadas ilr, para poder trabajar en el espacio real.

Para simplificar el modelo, se ha utilizado la distribución asintótica de las coordenadas procedentes de recuentos multinomiales (Graffelman et al, 2015). En este enfoque, la matriz de covarianza de las coordenadas es una función de la media. Se ha introducido una tendencia temporal lineal para las coordenadas medias. Este modelo se estima mediante técnicas bayesianas. Se ha evaluado el ajuste del modelo y la tendencia lineal que implican los eventos extremos para determinar el efecto del cambio climático.



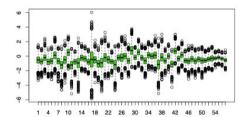


Fig. 1 Evolución de las proporciones entre los temporales más y menos intensos, θ_1 (izda.), y entre los de categoría 1 y 2, θ_2 (dcha.). Fuente: Elaboración propia

Referencias

GRAFFELMAN, J., EGOZCUE, J.J. y ORTEGO, M.I. (2015) "On the assymptotic distribution of proportions of multinomial count data". Thió-Henestrosa, S. and Martín Fernández, J.A. (eds) En: Proceedings of the 6th International Workshop on Compositional Data Analysis (CoDaWork2015)

PAWLOWSKY-GLAHN, V., EGOZCUE, J.J. y TOLOSANA-DELGADO, R. (2015). Modeling and analysis of compositional dat. Chichester, UK: John Wiley & Sons.





Caracterización del régimen extremal de oleaje y nivel del mar en un contexto de cambio climático para su aplicación a ingeniería de costas y puertos

David Lucio^a, Antonio Tomás^a, Javier L. Lara^a e Iñigo J. Losada^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria

david.lucio@unican.es; antonio.tomas@unican.es; pjav.lopez@unican.es;

inigo.losada@unican.es

1. Introducción

Las zonas costeras se encuentran altamente expuestas al cambio climático y aumento del nivel medio del mar, induciendo impactos con consecuencias adversas sobre las comunidades costeras y los sistemas productivos, económicos y sociales. Recientes estudios muestran un incremento en los impactos de erosión e inundación costera, así como de una pérdida de competitividad portuaria por efecto del cambio climático. No obstante, una caracterización fidedigna de estos impactos costeros requiere previamente haber realizado adecuada caracterización del forzamiento climático. En este sentido, las proyecciones multi-modelo y multi-escenario de cambio climático de las variables marinas constituyen la mejor fuente de conocimiento, pues modelan desde la actualidad hasta final de siglo el clima marino bajo la hipótesis de diferentes escenarios climáticos (por ejemplo, RCP4.5 y RCP8.5). No obstante, éstas han sido obtenidas a escala global/regional con una resolución espacial insuficiente para llevar a cabo una evaluación fiable de los impactos a escala local en zonas costeras. En este trabajo se presenta una metodología de (1) transferencia hasta la costa de las proyecciones de oleaje y nivel del mar de cambio climático para (2) la caracterización multivariada del régimen extremal en diferentes escenarios y horizontes temporales. Durante la charla se mostrará el desarrollo metodológico, así como la aplicación a un caso de estudio concreto en la costa española.

2. Metodología: Aplicación a un caso de estudio en la costa mediterránea española

La metodología para la caracterización del régimen extremal multivariado costero basado en las proyecciones de cambio climático multi-modelo y multi-escenario se lleva cabo combinando técnicas estadísticas y numéricas siguiendo los siguientes cuatro pasos:

1. Generación de bases de datos sintéticas multivariadas de eventos climáticos offshore con las variables de oleaje (altura de ola significante, periodo y dirección media de

- procedencia) y componente de marea meteorológica, para cada escenario climático y horizonte temporal analizado.
- 2. Propagación de las bases de datos sintéticas hasta la costa, siguiendo la metodología de downscaling híbrido e incorporando la evolución temporal de aumento de nivel medio del mar así como el efecto de la marea astronómica.
- 3. Reconstrucción en costa de las bases de datos sintéticas de eventos climáticos extremos con las variables de oleaje (altura de ola significante, periodo y dirección media de procedencia) y nivel del mar (suma de componente meteorológica, astronómica y aumento del nivel medio del mar) en función del horizonte temporal analizado, como drivers principales en cualquier proceso de interacción oleaje-costa y oleaje-estructura.
- 4. Caracterización multivariada del régimen extremal. En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos en el caso de estudio realizado en una localización de la costa mediterránea española, mostrando un esperado aumento de la energía de los eventos climáticos extremos por efecto del cambio climático.

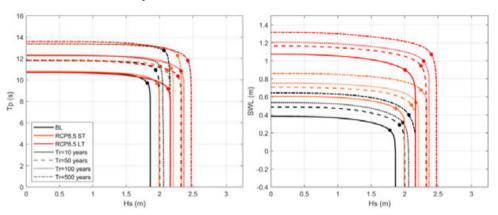


Fig. 1 Caracterización del régimen extremal compuesto de oleaje y nivel del mar en el escenario climático actual (BL) y bajo el escenario de cambio climático RCP8.5 a mitad de siglo (ST) y a final de siglo (LT).

Agradecimientos

D. Lucio agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades su apoyo económico a través del programa para la formación de personal investigador (FPI PRE2018-086142). Este trabajo también ha sido financiado a través del Programa Estatal de PROYECTOS DE I+D+i orientada a los Retos de la sociedad (PID2020-118285RB-I00) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Los autores también agradecen el apoyo recibido del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico a través del proyecto "Contrato de servicios para la elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos del cambio climático a lo largo de la costa española".





Verificación de los Modelos de Predicción del Oleaje en AEMET

Ángel Martínez Ferrera y Ernesto Barrera Rodríguezb

^aamartinezf@aemet.es; ^b jbarrerar@aemet.es Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

1. Introducción

La verificación resulta vital en la modelización numérica de fenómenos físicos: hay que demostrar que el modelo reproduce aceptablemente la realidad. Los Modelos de Predicción del Oleaje resuelven la advección de la energía numericamente, con una formulación empírica que genera inestabilidades y modos espúreos. Por tanto, hay que verificarlos frente a observaciones del oleaje real y garantizar la validez de los sistemas de predicción.

Modelos de Predicción del Oleaje operativos en AEMET

Las particularidades del oleaje llevan a diferenciar su modelización en aguas profundas y someras, lo que además implica distinto método de resolución numérica. De esta manera AEMET ha implementado los modelos ECWAM (aguas profundas) y SWAN (someras).

AEWAM - Aplicación del modelo regional ECWAM del ECMWF en AEMET. La OMM ha designado un área en el Atlántico y Mediterráneo para predicción y vigilancia del estado de la mar como responsabilidad española (WMO, 2014). AEMET ha configurado ECWAM en ese área con una resolución de 1/24° (4.6 km aprox.) en una rejilla irregular de nodos equi-espaciados en distancia. Se integra dos veces al día (00/12 UTC) y genera predicciones con un alcance 72 horas. AEWAM recibe forzamientos de vientos a 10 m del modelo atmosférico del ECMWF y se prescriben condiciones de contorno sintetizadas a partir de espectros horarios de oleaje de ECWAM.

AESPOL - Sistema de Predicción del modelo de aguas costeras SWAN en AEMET. Se ejecuta dos veces al día con una resolución espacial de 1 km, forzado con viento a 10 m procedente del modelo atmosférico HARMONIE-AROME a 2.5 km, operativo en AEMET. Las condiciones de contorno provienen de AEWAM para cada uno de los 21 módulos en que se divide la costa española.

3. Verificación del Sistema de Predicción de Oleaje Costero operativo en **AEMET**

Para realizar dicha verificación se ha elegido el estudio más preciso y robusto que elabora la JCOMM (Bidlot, 2006) para la altura significativa Hs y el periodo medio Tm02. Se emplean los siguientes índices estadísticos de comparación (scores): Bias, Error Cuadrático

Medio (RMSE), Coeficiente de Correlación y el Índice de Dispersión - Scatter Index SI (cociente del RMSE y la media de las observaciones). La fuente más fiable y completa de observaciones instrumentales es COPERNICUS MARINE. Se han comparado los pronósticos del sistema AEWAM y AESPOL con productos de teledetección y observaciones in-situ durante el año 2020

De los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones generales:

- Tanto la altimetría satelital como los registros de boyas proporcionan evaluaciones consistentes del rendimiento del sistema. Esto sugiere la conveniencia de su uso conjunto para mejorar la resolución espaciotemporal de las observaciones.
- El rendimiento global del sistema AEWAM y del sistema AESPOL es bueno como se desprende de los bajos índices de dispersión y los elevados factores de correlación lineal.
- El sistema AEWAM tiende a subestimar levemente la altura significativa de las olas (~ 6 cm). El comportamiento de AESPOL es semejante pero con valores alrededor de 1cm.
- El pronóstico del periodo medio de las olas presenta un sesgo inapreciable aunque la correlación lineal es algo menor que la observada en la altura de la ola.
- La calidad de la predicción se degrada muy poco en las primeras 72 horas de AEWAM y en las 48 horas de AESPOL.
- · La pericia del sistema AEWAM varía en relación con la región geográfica. En aguas abiertas forzadas por campos de viento más homogéneos, el oleaje se pronostica mejor que en áreas con vientos cambiantes, corrientes superficiales y la interacción con la orografía costera
- El Atlántico presenta mejores resultados que el Mediterráneo y la zona del Estrecho, tanto en AEWAM como en AESPOL.

Los resultados son muy positivos y siguen la tónica de los estudios sobre el tema, tales que reproducen el comportamiento típico de los modelos del oleaje y los configuran como una herramienta altamente fiable para la predicción a escala regional y costera.

Referencias

BIDLOT, J.R y HOLT, M.W. (2006). Verification of Operational Global and Regional Wave Forecasting Systems. Ginebra: WMO-JCOMM Technical Report 30.





Evaluación climática de la idoneidad del espectro teórico JONSWAP en zonas costeras

Ottavio Mattia Mazzaretto^a, Melisa Menéndez^a v Hector Lobeto^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, (ottavio.mazzaretto@unican.es, menendezm@unican.es, hector.lobeto@unican.es)

1. Introducción

Los espectros de las olas proporcionan información completa sobre la energía de las olas para diferentes direcciones y frecuencias, sin embargo, los parámetros integrados del estado del mar se utilizan más comúnmente para la caracterización del clima de las olas. Muchas aplicaciones de ingeniería reconstruyen las condiciones espectrales a partir de estos parámetros utilizando espectros teóricos. Uno de los espectros teóricos de mayor uso práctico es el que sigue la formulación JONSWAP. El espectro JONSWAP se formula a partir de una función de realce del pico, que depende del parámetro γ, y del parámetro,σ, que describe la anchura asociada al pico. El valor de γ varía en el rango de uno a siete. El valor establecido como stándard y más utilizado es 3,3. El objetivo principal de este estudio es proporcionar una evaluación climática global del rendimiento del espectro JONSWAP. Para ello, se explora la idoneidad de este espectro teórico, tanto del estándar, como del óptimo para la mejor parametrización de γ. Además, esta evaluación de la idoneidad de JONSWAP y su parámetro de realce de pico se evalúa teniendo en cuenta la variabilidad climática (ej. por periodos estacionales o cambios inter-anuales) y en particular ante condiciones de temporal marítimo.

2. Base datos utilizada

La base de datos utilizada en este estudio es el hindcast GOW2 (Perez et al., 2017). El presente estudio analiza los datos de los espectros de oleaje durante 30 años históricos a lo largo de toda costa mundial. Los espectros proporcionados del hindcast están definidos por 24 direcciones y por 32 frecuencias, que abarcan las magnitudes desde 0.0373 hasta 0.7159 Hz. Esta base de datos ha sido validada frente a 167 boyas y mediante comparativa con medidas satelitales. Además, en este estudio, se ha comparado el espectro direccional del hindcast frente a datos espectrales precedentes de 39 boyas. Los resultados de la comparación con los datos espectrales de boyas muestran una buena concordancia, por lo que los datos hindcast son fiables para el seguimiento del rendimiento global del espectro JONSWAP. Para ello, se estudian los espectros en 11643 ubicaciones.

3. Metodologia

Para llevar a cabo este estudio se ha realizado una evaluación de las técnicas de compilación del espectro a partir de datos in-situ procedentes de boyas y se han desarrollado diferentes aproximaciones para comparar los espectros simulados frente a los medidos. Por otro lado, tras evaluar diferentes métodos de ajuste de JONSWAP, finalmente se obtienen los parámetros estimados mediante optimización del parámetro de realce de pico minimizando la métrica RMSE (error cuadrático medio). Para estimar la bondad del ajuste del espectro JONSWAP, se utiliza el índice de similaridad (Garcia-Gabin, 2015). Este índice evalua la bontad del ajuste comparando los espectros a lo largo del rango de las frecuencias, de forma que a menor SI, mejor es el ajuste.

4. Resultados

Los resultados muestran un parámetro de realce por debajo del valor 2.4 en la mayoría de las zonas costeras, especialmente en la costa este de los continentes. Los valores son inferiores a la media estándar de JONSWAP (es decir, 3.3), incluso para estados de mar energéticos. Las zonas tropicales de las costas occidentales de los continentes proporcionan valores más próximos al JONSWAP standard. Las variaciones estacionales e interanuales del parámetro de pico no indican cambios relevantes en los patrones regionales encontrados. En la Fig.1 se muestra el γ estimado medio así como la idoneidad de JONSWAP (tamaño de los círculos) en la región europea. A modo de ejemplo, en la costa gallega la idoneidad del espectro JONSWAP es mayor que para el resto de la costa española, con valores del parámetro gamma medios alrededor de 1.4.

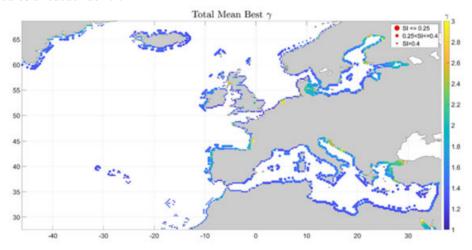


Fig.1: Valor medio del parámetro de γ estimado. La paleta representa el valor del γ , mientras las dimensión de los puntos indica la idoneidad del espectro JONSWAP.





Herramienta online para la estimación de la dispersión de contaminantes atmosféricos en el ámbito portuario

Javier García-Valdecasasa, José María Terrés Nícolia, Christian Mansa, Laura Crespob, Coralina Hernandezb v Enrique Álvarez Fanjulc

^aOritia & Boreas S.L. garciavaldecasas@oritiayboreas.com, terresnicoli@oritiayboreas.com; mans@oritiayboreas.com b Área de Cambio Climático y Calidad del Aire del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. laura.crespo@cedex.es; cÁrea de Medio Físico de Puerto del Estado. enrique@puertos.es

1. Introducción

En el marco del proyecto SAMOA II (Sistemas de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico a las Autoridades Portuarias) del Organismo Público de Puertos del Estado (OPPE) se ha llevado a cabo el desarrollo de un módulo que permite predecir la dispersión de contaminantes atmosféricos y la estimación de travectorias de partículas contaminantes en el ámbito portuario. Con el objetivo de simplificar la configuración, visualización y gestión de las simulaciones, el sistema se ha integrado en el Cuadro de Mando Ambiental (CMA) de Puertos del Estado.

El módulo de predicción de trayectorias de partículas contaminantes permite predecir cual será la trayectoria o retro-trayectoria de una partícula que es emitida en el ámbito portuario haciendo uso de las predicciones del campo de viento meso-escala (harmonie 2.5 km) y de muy alta resolución (50 m).

El módulo de dispersión de contaminantes permite predecir cual es la concentración de los cinco principales contaminantes (NO_x, SO_x, VOC, PM10 y PM2.5) en el puerto y sus proximidades. El usuario podrá modificar y personalizar los niveles de emisión de los distintos focos emisores que han sido identificados y caracterizados mediante el desarrollo de un inventario de contaminantes para cada uno de los puertos incluidos en el proyecto.

2. Metodología y resultados

Con el objetivo de desarrollar una herramienta que sea de utilidad para la comunidad portuaria y que permita ofrecer los mejores resultados posibles con la información meteorológica y

En primer lugar, se ha realizado una encuesta sobre la calidad del aire a las Autoridades Portuarias suscritas al proyecto para conocer su problemática en materia de calidad del aire y así definir adecuadamente los casos de uso de la herramienta.

Posteriormente, se ha elaborado un inventario de contaminantes atmosféricos para cada uno de los puertos del proyecto. En dicho inventario, se han identificado todos los posibles focos emisores y la tipología de cada uno de ellos. También se han determinado los valores por defecto para aquellos focos que la tienen (como las industrias). A tal efecto, se han definido siete (7) tipos de emisores:

- Tipo 1. Buque atracado. La emisión por defecto depende del tipo de buque atracado-
- Tipo 2. Carga/descarga. Depende del tipo de material. la maniobra (Carga/descarga), la experiencia del operador, la humedad del material y las emisiones de la grúa.
- Tipo 3. Parva. Área de acopio de materiales. La emisión depende del tipo de material, la humedad relativa, manipulación de la carga, resuspensión por manipulación de la carga o tráfico de vehículos.
- Tipo 4. Tráfico marítimo. Depende de los tipos de buques y el número por hora.
- Tipo 5. Tráfico terrestre. Número de vehículos y tipología.
- Tipo 6. Tráfico por ferrocarril. Número de trenes por hora.
- Tipo 7. Emisor fijo.

Una vez se han determinado la tipología de los focos emisores, los casos de uso y el tiempo de cálculo admisible, se ha realizado un estudio de los modelos de dispersión disponibles del que ha resultado seleccionado el modelo HYSPLIT. Este modelo es uno de los modelos de transporte atmosférico reconocido por la Organización Meteorológica mundial (WMO) para la gestión de emergencias.

Finalmente, se ha desarrollado una herramienta integrada en el CMA de Puertos del Estado que permite realizar predicciones sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos y de trayectoria de partículas contaminantes tanto de forma operacional y como bajo demanda. En el primer caso, el administrador de cada uno de los puertos puede definir una simulación recurrente que se ejecuta de forma diaria mientras que en el segundo caso, el usuario puede definir los parámetros de emisión para una fecha concreta y consultar los resultados de forma online.





Metodología para la estimación en tiempo real de las emisiones procedentes de buques, a partir de datos AIS

Prieto Estévez, María Eugenia^a, Laura Crespo García^b, Pedro Castaño Martínez^c v Enrique Tortosa Solvasd

^aCEDEX-CEPYC , meprieto@cedex.es; ^bCEDEX-CETA Laura.Crespo@cedex.es; ^cCEDEX-CEPYC pedro.castano@cedex.es v dPuertos del Estado. etortosa@PUERTOS.ES.

1 Introducción

Con el fin de contribuir a la reducción del efecto que produce del transporte marítimo sobre su entorno, se hace necesario conocer las emisiones producidas por los buques, como son los gases de efecto invernadero, los contaminantes de la atmósfera y del agua o el ruido, poniendo especial atención a los entornos portuarios.

Así, con objeto de cuantificar la cantidad de emisiones atmosféricas procedentes de buques en tiempo real, el CEDEX ha desarrollado una metodología por encargo de Puertos del Estado, que está siendo implementada en la herramienta Shiplocus, de la Red AIS de Puertos del Estado.

En general, estas emisiones son producidas a partir de la combustión del combustible a bordo de los buques generando cantidades considerables de SO2, NOx, CO2, COVNM y material particulado.

La metodología se basa en la determinación de la cantidad instantánea de combustible que cosume cada barco en una primera fase y, a continuación, se calculan las emisiones que produce ese consumo de combustible. Está orientada a los buques que se encuentran navegando por las costas españolas y, especialmente, realizando las operaciones que se llevan a cabo en entornos portuarios. También se ha considerado el cálculo de los buques atracados conectados a la red eléctrica del puerto.

Se incluye una amplia tipología de buques: graneleros, tanques, portacontenedores, carga general, buques de pasaje, Ro-Ro, dragas, remolcadores, embarcaciones de recreo, pesqueros, etc.

2 Estimación del consumo instantáneo de combustible

Con objeto de determinar el consumo de combustible instantaneo de cada buque, se obtiene la ubicación geográfica y la velocidad instantanea de cada buque a partir de los datos AIS.

Con estos datos y con la información disponible de cada uno de ellos en la base de datos IHSMarkit, se calcula la potencia instantánea desarrollada por el buque. A partir de esta potencia y de la información disponible en la base de datos, se determina el consumo instantáneo de combustible

Este consumo instantáneo de combustible de cada buque depende de varios factores, tales como el tipo de buque, su año de construcción, su tamaño y condición de carga, el tipo de motor, el tipo de combustible que usa, la fase de navegación y la velocidad instantánea a la que navega.

3 Estimación de emisiones de gases contaminantes

Los principales contaminantes atmosféricos asociados al tráfico de buques son: SO₂ (anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre), óxidos de nitrógeno (NO/NO2 y NOx), material particulado (PM-10 y PM 2,5), COVNM (compuestos orgánicos volátiles no metánicos), CO₂ (dióxido de carbono) y CO_{2eq} (unidades equivalentes de dióxido de carbono)

Una vez determinada en tiempo real la cantidad de combustible que consume el buque, se aplican los factores de emisión correspondientes a cada contaminante con objeto de obtener la cantidad de contaminantes emitidos por el buque a la atmósfera.

4 Implantación de la metodología en SHIPLOCUS

Aplicando la metodología desarrollada, se añade una nueva funcionalidad a la herramienta de la Red AIS SHIPLOCUS, que permite a los usuarios visualizar en tiempo real las estimaciones de las emisiones que producen los buques, mostrando las cantidades emitidas de cada contaminante para cada buque.

Así, el usuario puede visualizar las cantidades acumuladas emitidas de cada contaminante por todos los buques que están o han estado en una zona portuaria en la última hora, en las últimas doce horas, en las últimas veinticuatro horas o en los últimos siete días. También puede obtener informes del histórico de datos almacenados de las cantidades emitidas en una zona, con la posibilidad de filtrar por tipo de buque, tamaño o calado durante el periodo de tiempo que desee. Estos informes incluyen gráficos y la posibilidad de exportar los datos para su posterior tratamiento con otras herramientas.



Fig. 1. SHIPLOCUS: Emisiones en el puerto de Vigo





Sistema para la prevención y respuesta ante contaminación marina y atmosférica por sustancias químicas en entornos portuarios

Germán Aragón^a, Ana J. Abascal^a, María Gonzalez^b, Ana María Largo^c, Begoña Lamothe^c, Luis Pedraz^a, Ana de los Ríos^a, Beatriz Pérez-Díaz^a, Andrés Martínez^a, Javier F. Bárcena^a, Andrés García^a, Araceli Puente^a, Felipe Fernández^a, Raúl Medina^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, german.aragon@unican.es; bCOMPAÑÍA ESPAÑOLA DE PETRÓLEOS, S.A. (CEPSA) y cCentro de Investigación, CEPSA.

1. Introducción

El creciente auge del transporte y gestión de productos químicos, tanto en mar abierto como en zonas portuarias, ha llevado a la concienciación internacional por la necesidad de desarrollar medidas de contingencia seguras y eficaces para responder a derrames de sustancias químicas v, especialmente, a las designadas como Sustancias Nocivas v Potencialmente Peligrosas (SNPP) por su elevado riesgo para el ser humano y el medio ambiente.

En los últimos años, los avances científicos y tecnológicos se han focalizado en desarrollar técnicas, procedimientos y herramientas encaminados a la gestión y prevención de derrames por hidrocarburos. Sin embargo, existe una carencia de herramientas similares que permitan responder ante sucesos de contaminación química en el medio marino, especialmente en entornos portuarios.

Para dar respuesta a esta problemática, CEPSA e IHCantabria han desarrollado el sistema SICMA, cuyo objetivo es mejorar la gestión de las actuaciones ante una hipotética situación de contaminación por sustancias químicas en el ámbito marítimo-portuario. El sistema está implementado en las refinerías de CEPSA ubicadas en San Roque (Bahía de Algeciras) y Palos de la Frontera (Ría de Huelva) y ha sido validado con ensayos en laboratorio y ejercicios en campo realizados con boyas de deriva.

2. Componentes del sistema SICMA

SICMA es un sistema estructurado en tres componentes, descritos a continuación, cuyo objetivo es facilitar una interfaz de trabajo amigable que permita la toma de decisiones ante contaminación derivada de sustancias químicas en entornos portuarios.

2.1. SICMA - Operacional océano-atmósfera

Permite modelar numéricamente derrames de SNPP obteniendo su evolución espaciotemporal tanto en el medio marino como en la atmósfera debido a posibles procesos de evaporación y volatilización. Obteniendo una respuesta rápida mediante la pre-ejecución horaria automática de vertidos pre-establecidos en los atraques en los que se manejan esta tipología de sustancias y además posibilitando el lanzamiento a demanda de simulaciones personalizadas una vez se conocen las características principales del vertido.

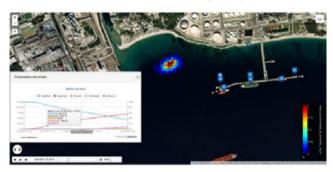


Fig. 1 Imagen de la componente SICMA - Ejemplo de simulación de evolución de un derrame en el medio marino.

2.2. SICMA - Riesgo

En el que se ha desarrollado un análisis estadístico del riesgo ante posibles eventos de contaminación marina y atmosférica derivadas de potenciales incidentes con sustancias químicas, analizando su afección a los medios humano, ambiental y socio-económico. Siendo esta información crucial a la hora de diseñar y planificar estrategias de respuesta ante una emergencia.

2.3. SICMA - Data Hub

Componente encargada de la gestión y asimilación operacional de la gran cantidad datos necesarios para la realización de dichos modelados y permitir la visualización de las predicciones meteo-oceánicas (vientos, corrientes, oleajes...) y medidas instrumentales (imágenes satelitales, boyas de medida, radares...) disponibles dentro del ámbito de aplicación del sistema. Esta componente es de gran importancia durante la monitorización de este tipo de eventos.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal de Investigación/ en el marco del proyecto SICMA (RTC-2017-6642-2).





Estudio "in situ" del comportamiento del vertido al mar de la idam de Mutxamel. Correlación con los resultados de modelos matemáticos y modelos físicos reducidos

Manuel Antequera Ramosa, Fernando Benayas Alcazarb y Nombre Autorc

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, , manuel.antequera@cedex.es; ^bAguas de las Cuencas Mediterraneas (ACUAMED), D., fbenavas@acuamed.es v cAmpliación de datos sobre los autores (afiliación, ORCID, email).

1. Introducción

En mayo de 2021 ACUAMED encargó al CEDEX el estudio "in situ" del comportamiento del vertido al mar de la desaladora de Mutxamel como última fase tras los estudios de modelización matemática y los estudios en modelo físico reducido realizados antes de la primera puesta en marcha de la desaladora.

La Instalación Desaladora de Agua de Mar (IDAM) de Mutxamel, construida en 2015, estuvo funcionando hasta 2017 fecha en que dejó de tener actividad hasta que, adjudicada su explotación a FCC Aqualia S.A., recomenzó a operar a finales de diciembre de 2020.

Tal como se puede observar en la figura nº 1, el tramo difusor de la IDAM de Mutxamel está situado en paralelo a la línea de costa a unos 300 m de la misma, en una zona de 7,1 m de profundidad media. La zona donde se realiza el vertido, se encuentra muy cerca de praderas de Cymodocea nodosa y a unos 800 metros de praderas de Posidonia oceanica. El diseño ambiental del emisario submarino para el vertido de la salmuera fue propuesto y construido con el objetivo de no afectar a los mencionados ecosistemas bentónicos.



Figura 1.- Situación del emisario submarino y tramo diffusor.

El vertido de la IDAM de Mutxamel, como ya se ha apuntado, fue objeto de varios estudios por parte del CEDEX encaminados a mejorar el diseño del sistema de vertido (estudios mediante modelos matemáticos) y el conocimiento de su comportamiento una vez inyectado en el medio marino (modelo físico reducido).

2. Objetivo del estudio

El objeto del estudio consistió en la realización de una campaña de medidas, principalmente de temperatura, conductividad y salinidad, en el medio marino en la zona de vertido inmediata al tramo difusor del emisario, con objeto de caracterizar la capa de mezcla formada en el fondo de la zona de inyección, comprobando las diluciones conseguidas y la evolución de la capa de mezcla por el fondo, siguiendo la pendiente hasta el comienzo del campo lejano. También se estudió la intensidad y dirección de la corriente existente en el fondo durante todo el tiempo de medida mediante la instalación deun correntímetro autónomo y se realizó un estudio batimétrico de detalle de la zona de desarrollo de la capa de mezcla hiperdensa.

Los resultados obtenidos permitieron conseguir dos objetivos diferenciados, por un lado, cuantificar el posible impacto medioambiental directo del vertido sobre el medio marino por el aumento de salinidad producido y por otro, comprobar el grado de la validez de los modelos matemáticos utilizados para el estudio del vertido y el diseño del tramo difusor y los resultados de los modelos físicos realizados para predecir el comportamiento de este vertido.







Referencias

- INFORME CEDEX, (2011). Aclaraciones sobre la aplicación del modelo CORMIX al vertido de la desaladora de Mutxamel.
- INFORME CEDEX, (2012). Nota técnica sobre el cálculo de pérdidas de carga y de diluciones mediante CORMIX en diferentes escenarios de explotación de la desaladora de Mutxamel.
- INFORMES CEDEX, (2012). Estudio en modelo físico reducido del vertido de la desaladora de Mutxamel y Estudio en modelo físico reducido del vertido de la desaladora de Mutxamel para distintos escenarios de explotación.





CICLOPE: sistema para la previsión de los efectos generados por los vertidos del saneamiento sobre la calidad del agua

Andrés García^a, Javier García-Alba^a, Javier F. Bárcena^a, Eduardo García^a, César Álvarez^a, María Sainz^b, Leandro Morante^b v Juan C. Fernández^b

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, [D] garciagan@unican.es; b Medio Ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria (MARE, S.A.), msainz@mare.es.

Introducción

Tras un análisis del Estado del Arte en el ámbito de la calidad de las aguas, se ha identificado una carencia en metodologías, modelos y aplicaciones de utilidad para el seguimiento en continuo de los efectos generados por los vertidos de un sistema de saneamiento.

Para dar respuesta a esta problemática, IHCantabria y MARE han desarrollado el sistema CICLOPE, cuyo objetivo es mejorar la gestión de los posibles impactos derivados de la contaminación microbiológica introducida por los vertidos de un sistema de saneamiento. Para ello, el sistema desarrollado permite disponer de una predicción a corto plazo de las concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación fecal en la zona receptora de los vertidos, lo que posibilita adoptar medidas preventivas para la protección de la población.

2. Sistema CICLOPE

El sistema CICLOPE (Figura 1) es una herramienta basada en módulos de inteligencia artificial (García-Alba et al., 2019) para predecir a corto plazo los efectos generados por los vertidos de un sistema de saneamiento sobre la calidad del agua, para facilitar la adopción de actuaciones preventivas que puedan ayudar a mitigar los efectos, sobre una determinada zona de baño, de producción de moluscos y/o de acuicultura, por medio de la integración de los resultados proporcionados por dicha herramienta en un sistema informático con un sistema de alertas. Se ha implantado como proyecto piloto en el saneamiento de la cuenca baja del Saja-Besaya (Estuario de Suances), evaluándose la calidad del agua en las zonas de baño en términos de contaminación microbiológica y presentando las siguientes innovaciones:

- Predicción del hidrograma (caudal) y polutograma (concentración) total en los diferentes puntos de vertido de la red (a 3 días vista).
- Predicción (a 3 días vista) de los caudales fluviales.
- Predicción de la evolución de la concentración de bacterias fecales (a 3 días vista).
- Sistema de alerta temprana.

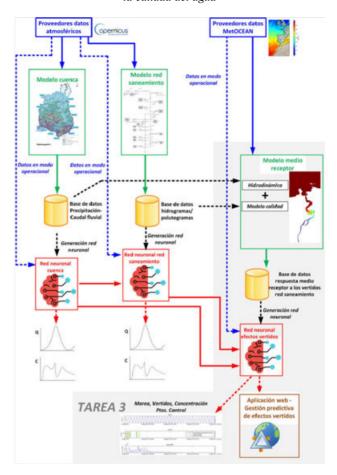


Fig. 1 Esquema del sistema CICLOPE. Fuente: Elaboración propia.

Agradecimientos

El desarrollo de CICLOPE ha sido financiado a través de un convenio conjunto entre MARE S.A. e IHCantabria para la realización del trabajo titulado «Desarrollo de un sistema de seguimiento y alerta para la previsión de los efectos generados por los vertidos de un sistema de saneamiento sobre la calidad del agua (CICLOPE)».

Referencias

GARCÍA-ALBA, J., BÁRCENA, J.F., UGARTEBURU, C., GARCÍA, A. (2019). "Artificial neural networks as emulators of process-based models to analyse bathing water quality in estuaries" en Water Research, 150, 283-295.





Proceso constructivo de Muelle de Tablestacas: Ampliación Norte del Muelle Sur (Puerto de Huelva)

Guadalupe Diaz Alonsoa v Álvaro Rodríguez Cáceresb

^aAutoridad Portuaria de Huelva, Jefe de Departamenteo de Proyectos y Obras, Avda, Real Sociedad Colombina Onubemse, s/n, 21001 Huelva Tlfno. 959493100, Guadalupe.diaz@puertohuelva.com; ^bFerrovial-Construcción, S.A., Pol. Industrial Marismas del Polvorín. Calle La Gravera N°24, 21007 Huelva, Tlfno. 690075228, alvaror@ferrovial.com

Con la ejecución de este proyecto la Autoridad Portuaria de Huelva aborda la ampliación del Muelle Sur existente mediante su prolongación por el extremo norte.

El Muelle Sur está ubicado en la zona denominada "Puerto Exterior" y se construyó sobre el recinto para productos de dragado ubicado en la margen izquierda de la ría de Huelva. Tiene una longitud de 750 m y un calado de 13 m ampliable a 15 m. Su tipología estructural es la de muelle de pantallas de hormigón armado (con planta en forma de "T") atirantadas.

Actualmente, en el muelle operan varias líneas de tráfico marítimo regular con las Islas Canarias y una línea de contenedores con el norte de Europa. Dispone de instalaciones de inspección, una rampa Ro/Ro, una terminal y los carriles e instalaciones necesarias para dar servicio a grúas pórtico y grúas portacontenedores.

La longitud proyectada del nuevo muelle es 526 de longitud. Se contemplan dos zonas de calado diferente, una de 10 metros de calado (mitad Sur) y otra de 6 metros de calado (mitad norte), ampliables ambas a 17 metros de calado. La solución estructural del muelle se diseña mediante la tipología de pantallas de tablestacas ancladas.

La estructura del muelle está formada por una pantalla principal y una pantalla de anclaje (ambas de tablestacas) unidas por tirantes. La tablestaca delantera está coronada por una viga cantil donde se instalan los carriles delanteros de las grúas. La tablestaca trasera también está coronada por una viga de hormigón que funciona como cimentación del carril trasero de la grúa portacontenedores. Se construyen dos secciones tipo de muelle de pantallas con distintas longitudes y perfiles de tablestacas, según exigencias geotécnicas.

La viga cantil del muelle corona a la cota +6,50 m y dispone de una galería de servicios. El pavimento es de hormigón y la zona pavimentada tiene una anchura de 40,75 m, incluyendo la viga cantil y las vigas carriles.

Su tipología, dimensiones y medios empleados, han supuesto un reto constructivo, al no existir precendentes en España y convertise en uno de los más grandes del mundo construidos con tablestacas sin uniones soldadas. Se han empleado las tablestacas y perfiles de mayor longitud en una pieza disponible a nivel mundial.

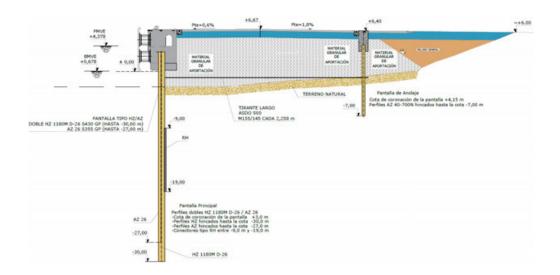
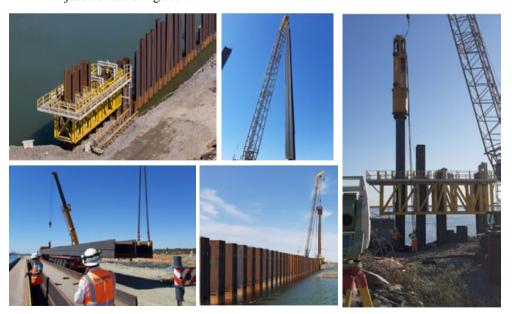


Fig. 1 Sección tipo I muelle tablestacas

La ponencia se centra en los diferentes procesos constructivos llevados a cabo durante la EJECUCIÓN DE LA OBRA, desarrollados en los siguientes puntos:

- Fabricación de tablestacas y perfiles que componen el muelle
- Formación de recintos provisionales y agotamiento de los niveles de agua en el interior de los mismos
- Procedimiento de hincado de tablestacas y perfiles e instalación de tirantes
- Ejecución de la viga cantil





PRE-FEED LNG Gas to Power Terminal en el Sudeste Asíatico

Marta Contreras González-Rosella, Alfonso Capote Garcíab, y Daniel Zamora Serranoc

^aACCIONA Ingeniería marta.contreras.gonzalezrosell@acciona.com

bACCIONA Construcción, mailto:alfonso.capote.garcia@acciona.com; y

1. Introducción

El proyecto consiste en el dimensionamiento de un dique para la protección de una terminal GNL en el Sudeste Asíatico.

Condicionantes técnicos

Entre los condicionantes técnicos del proyecto destacan los siguientes aspectos.

Presencia de un acantilado rocoso, que refleja el oleaje y hace que éste entre en la terminal. Se estudiaron varias configuraciones en planta del dique junto con diferentes tipologías de dique, vertical y talud.

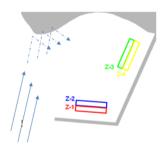


Figura 2: Incidencia/Reflexión oleaje

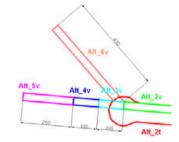


Figura 3: Configuraciones dique estudiadas

- Riesgo de Tsunami: La sobreelevación del nivel del mar por Tsunami determina la cota de coronación de las estructuras.
- Temporada de ciclones: El oleaje generado por los ciclones resulta ser la acción dimensonante de la estructura. Define la cota de coronación del espaldón, manga del dique y características de los mantos de protección..
- La localicación de la terminal era fija e implicaba el arranque del dique en una zona rocosa de difícil acceso y rocosa.

cACCIONA Ingeniería daniel.zamora.serrano@acciona.com

3. Condicionantes no técnicos

En cuanto a los condicionantes no técnicos del proyecto destacan:

- Falta de comunicación directa con el cliente final. Así mismo, el cliente final es una empresa energética, no familiarizada con la normativa especifica porturaria. Estos condicionantes están relacionados con la toma de decisiones y comprensión de la singularidad del provecto, lo que implicó el estudio de numerosas alternativas y análisis de sensibilidad riesgo/coste para la definición de la sección tipo así como de la configuración en planta del dique.
- Proyecto estratégico y confidencial para el Cliente, comunicaciones con terceros no estaban permitidas, lo que supuso un problema de cara a la obtención de precios y determinación del proceso constructivo más indicado para la solución propuesta.

4. Descripción de la solución

En planta el dique tiene una longitud de 2.100m aproximadamente, dividido en dos alineaciones prácticamente perpendiculares entre sí.

La primera alineación de 1.000m de longitud aproximadamente, cuenta con un tramo de 300m en talud. La cota de cimentación en esta zona alcanza la cota -20. A partir de ahí y hasta la cota -26, se resuelve con un dique vertical.

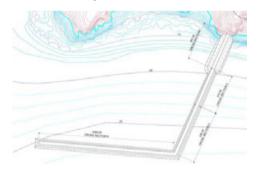


Figura 1: Planta propuesta

En cuanto a la sección tipo del tramo en talud, se trata de un dique rebasable con un manto de protección formado por dos capas de cubos de hormigón de 170t y coronado a la cota +17,00. El dique vertical, coronaba a la cota +20,00 y estaba formado por cajones de 33,00 m de manga.





Uso de metamodelos en el cálculo de la estabilidad geotécnica de diques verticales en el cálculo de un Nivel III. Caso práctico de la ampliación del Dique de La Palma

María-Luisa Magallanes-Fernándeza, Fernando-J. Méndez-Incerab

^a CMC Ingenieros, mmagallanes@cmcingenieros.es; ^bGrupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria, fernando.mendez@unican.es

1. Introducción

La verificación de la seguridad frente al fallo mediante métodos de Nivel III de los diques verticales, requiere el uso de programas específicos de cálculo de estabilidad geotécnica, los cuales, habitualmente, son programas comerciales basados en cálculo del equilibrio límite tipo Slide o Slope o modelos numérico tenso-deformacionales tipo Flac-Slope.

En el caso de cálculo de probabilidades de fallo utilizando el método de Montecarlo, es necesario resolver con dichos programas específicos los múltiples casos que se generan de la modelización de cada vida útil, o bien, crear modelos que mediante la resolución de un número limitado de casos permitan interpolar la infinidad de casos generados en la simulación.

Se plantea la resolución de la estabilidad geotécnica mediante la creación de metamodelos que a partir del menor número de variables posible proporcione los coeficientes de estabilidad geotécnica de forma rápida y precisa sin necesidad de calcular con el software comercial cada caso simulado.

La metodología pasa por a) la obtención de las variables primarias o llave que condicionan el problema, b) la definición de una variable proxy que contenga información del mayor número de dichas variables primarias de forma que simplifica el modelo, c) el desarrollo del Metamodelo que correlacione correctamente la variable proxy y resto de variables independientes con el cálculo complejo que se pretende simplificar y d) utilizar dicho metamodelo en la simulación de Montecarlo.

2. Metodología de la simulación realizada

2.1. Generación del metamodelo

La generación del metamodelo se basa en la reconstrucción de una función aproximada z=f(x), donde x es el vector de las variables predictoras y z es la variable predictando. El predictando (z) en nuestro caso es el coeficiente de seguridad de fallo geotécnico buscado.

Se han seleccionado las siguientes variables primarias o variables llave: x1= q= carga transmitida al terreno de cimentación: x2= 1-tanδ: x3= B* =anchura de cimentación equivalente. Estas tres variables primarias, se han agrupado en una única variable Proxy (X) para cada tipo de fallo analizado, de forma que la variable proxy (X) contiene información de la carga (q) sobre la banqueta de cimentación del dique y de su inclinación (1-tanδ), variables que influyen de forma directa en el fallo geotécnico. Esta variable Proxy se ha definido por tanteo, obteniendo buenas correlaciones iniciales. Además, se ha introducido en el metamodelo una variable independiente: x4= ab= aceleración sísmica básica.

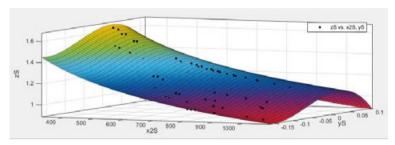


Fig. 1 Superficie de ajuste, donde zS es el coeficiente de seguridad al hundimiento por paso Seno, x2S es la variable proxy e vS es la aceleración sísmica básica (ab/g). Fuente: Propia

Se ha comprobado la validez de los metamodelos propuestos de tipo polinómico comparando el coeficiente de seguridad calculado con el software SLIDE (CS calculado) y el coeficiente de seguridad estimado con la función del metamodelo (CS estimado).

2.2. Simulación de Montecarlo

La metodología para la simulación de cada vida útil pasa por generar secuencias anuales de estados de agentes y acciones durante un número de años igual a la vida útil de la obra, resolviendo para cada estado generado la ecuación de verificación de cada modo de fallo y comprobando si se produce o no el fallo. Cada secuencia anual es simulada con un número aleatorio de eventos temporal y un evento sismo. En cada tipo de evento se simulan los agentes aleatorios, a partir de estos se calculan las variables primarias y variables Proxy y mediante el uso del metamodelo generado, se estiman los coeficientes de seguridad geotécnico.

Se concluye que los metamodelos polinómicos generados se programan fácilmente permitiendo resolver un problema complejo de una forma rápida y sencilla.





Obra de refuerzo del dique de abrigo del puerto de Bermeo

Saioa Rezabal Arocena^a, Borja Zugasti Bernardo^a, Nestor Urrutxua Miguel^b, Nerea Ramos Gómez^c, Alberto García Morales^c

^aDirección de Puertos y Asuntos Marítimos del Gobierno Vasco, Dirección de Obra, puertos-bizkaia@euskadi.eus

bTYPSA, Jefe de Unidad Asistencia Técnica a la Dirección de Obra, nurrutxua@typsa.es ^cTYPSA, Supervisor de Obra Asistencia Técnica a la Dirección de Obra, nramos@typsa.es

1. Introducción

El puerto de Bermeo se encuentra localizado entre el cabo Matxitxako y el pueblo de Mundaka (famoso por sus olas de calidad internacional), y es uno de los ocho puertos del Gobierno Vasco en Bizkaia, siendo el más expuesto al oleaje y con mayores alturas de ola debido al importante calado, sobrepasando los 20 m en la zona del morro del dique.

Durante años, el dique de abrigo del puerto de Bermeo (Bizkaia) puso en evidencia el infradimensionamiento del diseño para soportar sin daños los temporales, por lo que en septiembre de 2015 la Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos del Gobierno Vasco encargó a TYPSA la redacción del "Proyecto de Refuerzo del Dique de Abrigo del Puerto de Bermeo".

2. Redacción del proyecto

Para conocer con exactitud el estado actual del dique y el comportamiento de la solución proyectada se realizó un ensayo en modelo físico 3D en la Universidad de A Coruña (GEAMA).

Los resultados obtenidos en los ensayos en modelo físico pusieron de manifiesto la precaria situación de estabilidad en la que se encontraban algunos tramos tanto del manto principal como del espaldón del dique. Por lo que se planteó un aumento de la cota del espaldón y colocación de bloques en el manto principal aumentando la cota de coronación de la berma. Como novedad, y debido a la falta de espacio del dique para que pudieran trabajar grúas de gran capacidad, se utilizó hormigón de alta densidad con el empleo de áridos siderúrgicos para el diseño de los bloques de protección del manto principal. Con esta medida se puso en valor un residuo (árido siderúrgico proveniente de la valorización de las escorias negras de horno eléctrico en sustitución del árido calizo) y se utilizaron bloques más pequeños para un mismo Nod (índice de averías), ya que al aumentar la densidad podemos disminuir el peso.



Fig. 2 Ensavos en modelo físico en la Universidad de A Coruña. Fuente: TYPSA (2016)

3. Obras de refuerzo

Las obras de refuerzo se realizan en dos fases, en una primera fase (2016 y 2017) se realiza el recrecido del espaldón, micropilotando el espaldón para que trabaje de forma monolítica, y el refuerzo del manto principal mediante bloques de alta densidad con bloques de 40 t (617 ud., d=2,75 t/m³), 60 t (148 ud., d=2,75 t/m³) y 80 t (52 ud., d=2,90 t/m³). La colocación de dichos bloques se realizó con medios terrestres utilizando grúas de 200 y 600 t apoyadas sobre cimbra.

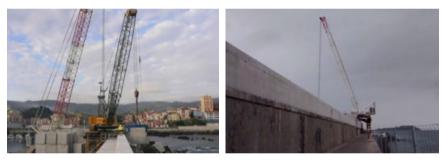


Fig. 3 Grúas de 200 y 600 t en la colocacuión de bloques. Fuente: TYPSA (2016)

En una segunda fase (2021), se realiza el refuerzo del manto interior mediante bloques de 40 t (424 ud., d=2,75 t/m³) y la zona sumergida del morro del dique con bloques de 80 t (93 ud., d=2,90 t/m³). Para la realización de estos trabajos y disminuir las afecciones al puerto de Bermeo, la totalidad de los bloques colocaron empleando medios marítimos. Para ello, se empleó una pontona modular de 27 m de eslora y 22 m de manga sobra la que apoya una grúa de 300 t.

Con esta actuación se dota al dique de la estabilidad y refuerzo necesarios para aguantar los temporales cada vez más frecuentes en la costa cantábrica.





Nuevo shiplift de 4.800 tn en el puerto de Barcelona

Gemma Peñalver Cerdà^a, Oriol Garcia Arribas^b, Miguel Ángel Pindado^a, Ramon Griell Bernadóa., Jorge Gutiérrez Martinezby Daniel Triguero Rodríguezb

D. ^aAutoridad Portuaria de Barcelona gemma.penalver@portdebarcelona.cat; miguelangel.pindado@portdebarcelona.cat; ramon.griell@portdebarcelona.cat bEnginyeria Reventos S.L. 0, ogarcia@ereventos.com; jgutierrez@ereventos.com; dtriguero@ereventos.com

1. Introducción

Entre febrero de 2017 y setiembre de 2019 se llevó a cabo la obra para una nueva instalación para la elevación y permanencia en seco de megayates, en el puerto de Barcelona, con una capacidad de elevación de 4.800 tn y hasta 115 metros de eslora y un área en tierra de unos 24.000 m2 para poder reparar hasta 9 embarcaciones a la vez.

La inversión se llevó a cabo en colaboración entre la Autoridad Portuaria de Barcelona y la empresa Marina Barcelona 92, y ha conseguido dotar al puerto de una de las mayores instalaciones en el mediterráneo para este tipo de embarcaciones.

La totalidad de la inversión fue de unos 50 M€, en la que se tuvo que gestionar la complejidad de los sistemas mecánicos con una la creación de una explanada de 24.000 m2 cimentada sobre pilotes de 1,50 y 1,80 metros de diámetro, donde el 40% de la estructura fue ejecutada en mar.

2. Resumen de la obra

La obra civil constó de una losa de hormigón armado cimentada sobre pilotes de 1,50 y 1,80 metros de diámetro, dotada de todos los raíles necesarios para el movimiento de las embarcaciones, y con todos los pasos de servicio adecuados y un sistema de recogida de aguas pluviales capaz de retener y tratar hasta 80 m3/ha, lo que permite asegurar la calidad del agua del puerto a pesar de realizar obras de reparación sobre las embarcaciones.

La plataforma de elevación fue diseñada por la empresa PSC (Pearlson Shiplift Corporation) y consistía en una estructura metálica de más de 1.000 tn de peso y vigas de hasta 2,65 metros de canto y espesores de chapa de hasta 100 mm, que es accionada por 24 motores eléctricos de 400 tn de capacidad de elevación, para garantizar una correcta y segura manipulación de las embarcaciones.

En tierra, estas embarcaciones son desplazadas mediante raíles y máquinas de tiro capaces de realizar una fuerza de arrastre de hasta 150 toneladas, para poder desplazar la embarcación de mayor peso considerada.

La obra se realizó entre febrero de 2017 y setiembre de 2019, gracias a la colaboración entre las dos entidades se pudieron realizar las primeras operaciones en agosto de 2019 y en noviembre del mismo año se consiguió disponer ya de 9 embarcaciones en tierra. Actualmente lleva más de 2 años de operación con éxito y esta infraestructura conjuntamente con el resto de facilidades de Marina Barcelona 92 ha posicionado a Barcelona como líder mundial en el mercado de la reparación y refit de megayates.

El reto principal al que se enfrentó el equipo de ingenieros fue el diseño de una obra civil que cumpliera con los estrictos requisitos y tolerancias impuestos por una instalación de estas características, entre las que destaca las tolerancias inferiores a 1 mm en la colocación de raíles o los asientos de máximo 3 mm en las estructuras pilotadas, más teniendo en cuenta que la geotecnia del puerto de Barcelona es la propia de una zona deltaica, con capas de poca capacidad portante.





Fig. 1 Imágenes de la obra. A la izquierda construcción de pilotes, a la derecha la instalación en funcionamiento.

La obra constó de unos 40.000 m3 de hormigón, entre pilotes, estructura y pavimento, unos 14 km de raíles y más de 3 millones de kilos de acero para armar, entre las más destacadas, con una especial complejidad en las operaciones de pilotaje e instalación de raíles.

3. Principales empresas involucradas

El diseño del nuevo shiplift fue contratado por Marina Barcelona 92 a la empresa PSC (Pearlson Shiplift Corporation), el proyecto de obra civil se encargó por parte de la Autoridad Portuaria de Barcelona a la empresa Prointec. La obra civil fue contratada por parte de APB a la UTE formada por las empresas Dragados – CRC – Ciomar.

Por parte de Enginyeria Reventós se realizó la coordinación técnica encargada por MB92, y la empresa Mose realizó todo lo concerniente a las instalaciones.

Atendiendo a la duración y complejidad de la obra, por ella pasaron un largo número de empresas del sector, todas ellas con una gran profesionalidad.





Nuevo dique exterior del puerto de Génova (Italia)

Elena Quevedo Baquerizo^a, Laia Ortego Valencia^b, Daniele Maroni^c, Antonio Lizzadro^d y Marco Vaccarie

aSENER Ingeniería y Sistemas S.A. , elena quevedo@sener.es; bSENER Ingeniería y Sistemas S.A. , laia.ortego@sener.es; cSENER Ingeniería y Sistemas S.A., daniele.maroni@sener.es; dTECHNITAL S.p.A. Antonio.Lizzadro@technital.it; ePorts of Genoa - Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, marco.vaccari@portsofgenoa.com.

1. Introducción

SENER ha participado en el diseño conceptual del nuevo dique del puerto de Génova, un dique exento de 6,2 km de longitud que protege uno de los más importantes puertos del Mediterráneo. El objetivo del diseño era ofrecer una nueva bocana y canal de navegación más anchos que los actuales, para poder acoger buques mayores y aumentar la seguridad. El nuevo dique debía ofrecer al menos el mismo nivel de protección que el actual, y se debían reutilizar al máximo los materiales procedentes de la demolición del dique actual.



Fig. 1 Modelo 3D de una alternativa del nuevo dique del puerto de Génova. Fuente: SENER.

2. Alternativa flotante

Durante la primera fase del diseño se estudiaron una serie de alternativas, que incluían la opción de realizar un dique flotante.

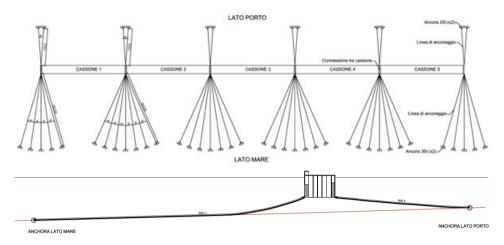


Fig. 2 Vista en planta y un alzado de la alternativa flotante. Fuente: SENER.

Para desarrollar esta alternativa se estudió el dique de La Condamine (Mónaco), el único ejemplo de dique flotante existente de similares dimensiones.

Sin embargo, el clima marítimo en el Puerto de Génova es más energético y el oleaje tiene periodos superiores a Mónaco, por lo que la manga y puntal del cajón debían ser bastante superiores para conseguir los estrictos coeficientes de transmisión que se requerían. Como consecuencia, esta alternativa no resultó viable económicamente y su construcción presentaba grandes retos y dificultades, por lo que finalmente hubo que descartarla.

3. Solución de dique vertical / japonés con materiales reutilizados

En la segunda fase del proyecto, se desarrolló una alternativa de dique vertical con algunos tramos protegidos mediante los bloques de hormigón que se recuperaban de la demolición del dique actual, de manera que quedaba una sección horizontalmente compuesta o "dique Japonés". La escollera y el hormigón del dique actual machacado también se reutilizaban por completo en la banqueta del nuevo dique, las protecciones de la misma e incluso como relleno de las celdas de los cajones.

En esta fase del proyecto, se analizaron diversas alternativas para minimizar las cargas del oleaje y optimizar la estabilidad del cajón, incluyendo el uso de un espaldón retranqueado.

Consideramos que esta solución es un ejemplo de economía circular en la construcción de diques.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda de Andrea Cappelletti y Giulia Bragantini, de Technital.





Relevancia del transporte transversal de sedimentos en el óvalo valenciano

Leonardo Monzonís Forner^a, Fernando Pérez Burgos^b, M^a Josefa Solernou Sanz^c v Miguel Ángel Aragón Babiloni^d

^aSP Costas Castellón D Imonzonis@miteco.es; ^b SP Costas Castellón D fpburgos@miteco.es; ^cSP Costas Castellón misolernou@miteco.es: d SP Costas Castellón, maaragon@miteco.es

1. Introducción

El transporte de sedimentos ha sido tratado en numerosos trabajos teóricos así como en muchos proyectos constructivos de ingeniería marítima. Este transporte se suele descomponer en las componentes longitudinal y transversal.

Al transporte longitudinal se le atribuye la configuración de las variaciones a lo largo de la costa en planta. Al tranporte transversal, perpendicular a la costa, se le asigna el gobierno del perfil de la playa en sección, como responsable de las variaciones estacionales.

Lo que tratamos de ver en esta ponencia es si el transporte transversal tiene también relevancia en el transporte de sedimentos a lo largo de la costa, en el caso del óvalo valenciano, y las implicaiones que esto puede tener en el análisis de las fuentes sedimentarias y las barreras al transporte.

2. Transporte longitudinal y transporte transversal en el óvalo valenciano

De los muchos aspectos que pueden ser estudiados en ambos tipos de transporte, nos ocupamamos aquí de un modo muy breve de los siguientes: la profundidad de cierre, el origen y caracterización de los sedimentos en el caso concreto del óvalo valenciano y el moviento de sedimentos en el enttorno de las grandes barreras al transporte.

2.1 Profundidades de cierre

Sin entrar en el detalle de las formulaciones que encontramos en la literatura técnica, nos referimos aquí a la diferente profundidad a la que uno y otro transporte dejan de ser significativos.

De la aplicación de estas formulaciones se obtienen magnitudes más o menos convergentes y, por lo tanto, una delimitación de las franjas en las que los transportes se producen.

2.2 Fuentes de los sedimentos

La identificación de las principales fuentes de sedimentos y el sentido del transporte neto son datos básicos para el análisis que nos proponemos. Hay que referirse aquí a la cuestión del delta del Ebro, a las fuentes sedimentarias locales y a las consecuecias que el distinto régimen de los cauces fluviales tiene para el diámetro de los sedimentos.

El carácter mixto de los sedimentos, con fracciones de arena fina y grava gruesa, determina en gran parte la forma del perfil y su evolución, siendo ésta una peculiaridad muy relevante del tramo norte del óvalo valenciano. Hasta qué punto el delta del Ebro es una fuente sedimentaria del tramo es por otro lado una cuestión fundamental.

2.3 Barreras al transporte y observación empírica de los sedimentos presentes en el entorno de las instalaciones portuarias

Una característica del tramo que estudiamos es la combinación de un transporte neto elevado con la presencia de barreras al transporte, algunas de ellas muy importantes, hasta el punto de que podrían ser una barrera total. Un estudio de los sedimentos en el entorno de estas barreras nos puede dar pistas para determinar las profundidades de cierre reales y su contraste con las que resultan de las formulaciones teóricas. Una mayor profundidad de cierre para el transporte transversal de la que resulta de las formulaciones teóricas es la única que podría explicar que las instalaciones portuarias no fuesen una barreta total, si este es el caso.

3 Conclusiones. Lineas abiertas de investigación

Principalmente, de lo que se trata con la ponencia es de señalar las consecuencias que, por un lado, tiene el que las instalaciones portuarias supongan o no un cierre total al transporte, y, por otro lado, las consecuencias de que el delta del Ebro sea o no la fuente de sedimentos principal para el óvalo valenciano. El conocimiento de estos datos es fundamental para la toma de decisiones estratégicas.

Referencias

CEDEX MITRED "Plan (2021).para la protección del delta del Ebro". https://www.miteco.gob.es/es/costas/participacionpublica/planparalaprotecciondeldeltadelebro j mg signedfe tcm30-522381.pdf [Consulta: 11 de enero de 2022]

MINISTERIO PARA LA TRANSICION ECOLOGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. « Costas y Medio Marino. Protección de la costa. Ecocartografias". https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/default.asp [Consulta: 11 de enero de 2022]





Dinámica sedimentaria en la ría de Avilés

Ma Jesus Martín Soldevilla, Jose Francisco Sanchez, Patricia Martin Gomez, Ana Lloret Capote^a, Laura Ruiz Mateo^a y Olga M^a Sánchez Luzón^b

Estudios de Puertos y Costas (CEDEX). mimartin@cedex.es. jose.f.sanchez@cedex.es. patricia.martin@cedex.es, ana.lloret@cedex.es. laura.ruiz@cedex.es; ^b Autoridad Portuaria de Avilés. osanchez@puertoaviles.com

1. Introducción

La Autoridad Portuaria de Avilés (APAv), para mantener su actividad portuaria, tiene la necesidad de abordar periodicamente el dragado de mantenimiento en el canal de entrada al puerto. En relación con estas actuaciones, la APAv y Puertos del Estado solicitaron al CEDEX la realización de un estudio orientado a la búsqueda de alternativas de gestión del material dragado de acuerdo con las "Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo terrestre".

Una de las tareas de dicho Encargo incluía el análisis de la dinámica sedimentaria en el entorno de la desembocadura de la ría de Avilés. La finalidad de esta tarea era determinar los patrones sedimentarios en la zona citada mediante la modelización hidrodinámica con un modelo numérico acoplado que considerara la evolución simultánea del campo de oleaje, el nivel del mar y las corrientes asociadas a la rotura de las olas, el viento y la propagación de la onda de marea

El objeto de esta ponencia es presentar el esquema de circulación de la ría y sus patrones sedimentarios para, en su caso, plantear distintas alternativas de actuación.

2. Descripción de estudio

La zona de interés de este estudio se ha definido teniendo en cuenta la problemática asociada a los aterramientos en la zona de barra, que obliga a efectuar dragados periódicos de mantenimiento(Fig. 1).

Para la calibración del modelo se han utilizado los datos de corrientes procedentes de la campaña de medidas realizada por el CEDEX en noviembre de 2020 y los niveles del mar registrados por el mareógrafo del puerto de Avilés.

Tanto para la calibración del modelo, como para efectuar las simulaciones en los escenarios referidos, se ha considerado mareas vivas, medias y muertas coincidentes con oleajes de cierta envergadura y vientos de cierta intensidad. En la comparación de las corrientes en toda la columna de agua se han considerado las mismas capas que las empleadas en las medidas

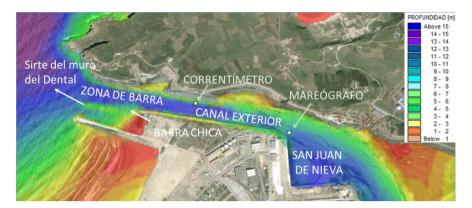


Fig. 1. Puerto de Avilés. Zona de Estudio.

Teniendo en cuenta la información disponible y los resultados suministrados por el modelo en el periodo de simulación de transporte de sedimento, el análisis del patrón sedimentario se ha realizado considerando la variación del nivel del fondo en el periodo de simulación (un total de 6 días). Estos resultados han sido comparados, en términos cualitativos, con la variación de profundidad de la zona de barra y canal exterior obtenida por diferencia de los resultados de las campañas batimétricas realizadas en abril de 2016 y abril de 2019, es decir un periodo de 3 años.

3. Conclusiones

El esquema de circulación de la ría de Avilés y el patrón sedimentario asociado está fundamentalmente condicionado por la rotura del oleaje incidente en los restos de escollera sumergida (Ruiz Seisdedos, 2002) y por la presencia del espigón y tiene un papel fundamental en el arrastre del material depositado en el interior.

Se ha comprobado que la mayor parte del material acumulado en la bocana de entrada proviene del lado mar.

Agradecimientos

Se agradece al Puerto de Avilés, la información suministrada y a Puertos del Estado los datos de oleaje facilitados.

Referencias

RUIZ-SEISDEDOS, My NAVARRO-BIDEGAIN, A (2002). Dique de la bocana del Puerto de Avilés. Una historia de ingeniería marítima. Autoridad Portuaria de Avilés.





Estudio sobre las causas de la pérdida de estabilidad del espigón de la margen derecha de la Ría de Navia (Asturias)

Antonio Tomása, Miriam Jiméneza, Maria F. Álvarez de Eulatea, Verónica Cánovasa, Luis Fernando López^a, Aritz Abalia^a, Javier García Alba^a, Beatriz Rodriguez^a, Gabriel Díaz-Hernandeza, Ernesto Mauricio Gonzáleza, Andrés García, Javier L. Lara^a, César Álvarez^a, César Vidal^a, Raúl Medina^a v Bárbara Monte^b.

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, España, antonio.tomas@unican.es . bDirección General de Infraestructuras - Gobierno del Principado de Asturias, Oviedo, España, barbara.montedonapetry@asturias.org

1. Introducción

El espigón de la margen derecha de la ría de Navia (Asturias), ha sufrido una progresiva evolución de daños desde el año 2016 hasta su colapso en el año 2018. Posteriormente, en el citado año reconstruyó como medida de emergencia, pero en el invierno del 2018-2019 se verificó la falta de estabilidad de la solución adoptada al destruirse parcialmente como consecuencia de los temporales. En este contexto, el Gobierno del Principado de Asturias pretendía reconstruir dicho espigón. Sin embargo, antes de definir la solución constructiva y la tipología óptima para la reconstrucción del mismo, era necesario verificar las causas que generaron su deterioro. Por ello, en el año 2019, el Gobierno del Principado de Asturias solicitó a IHCantabria la realización de un dictamen para definir la metodología de reparación y/o rediseño del espigón de encauzamiento de la margen derecha de la Ría de Navia.



Fig. 1 Plano de situación Ria de Navia.

En dicho dictamen, tras la revisión de toda la información disponible hasta esa fecha, se corroboró que la pérdida de estabilidad del espigón de la margen derecha de la Ría de Navia, producida en el año 2018, fue propiciada por la pérdida de arena que sustenta la cimentación del mismo. Además, también se evidenció un retroceso significativo de la línea de costa y del frente dunar de la plava de Navia entre los años 2014 y 2017. Sin embargo, en dicho dictamen no se encontraron evidencias claras de las causas que han motivado la pérdida de arena que sustenta el espigón, ni hacia dónde ha sido movilizada, por lo que se plantearon una serie de hipótesis razonadas que podrían haber propiciado dichos cambios sedimentarios en los últimos años: (a) Los dragados de mantenimiento para la navegación de la Ría; (b) La reconstrucción del espigón de la margen izquierda; (c) La explotación del embalse de Arbón, situado a unos 14 km de la desembocadura: (d) La desconexión hidráulica entre la Ría v la Poza; y (d) Los temporales de febrero y marzo del 2014.

En este sentido, IHCantabria realizó un análisis crítico y específico de cada una de las hipótesis para verificar o descartar su validez con el fin de determinar las causas más probables de la pérdida de arena. En el presente trabajo se resumen las conclusiones principales obtenidas en el citado análisis.

2. Metodología y trabajos desarrollados

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, IHCantabria realizó los siguientes trabajos específicos (1) Estudio hidráulico de avenidas del río; (2) Análisis histórico de los dragados en la Ría; (3) Estudio de clima marítimo y propagación del oleaje hasta la zona de estudio, analizando el efecto del cambio de tipología del espigón de la margen izquierda, en el oleaje incidente en el espigón de la margen derecha; (4) Estudio hidrodinámico de la Ría para distintos escenarios representativos de los últimos años, considerando tanto el efecto en el corto plazo como en el largo plazo de dos escenarios (con y sin conexión hidráulica de la Poza con la Ría); (5) Estudio morfodinámico de las playas de Navia y Foxos, analizando su evolución durante los últimos años, e incluyendo una campaña de campo con la que caracterizar sus granulometrías; (6) Desarrollo y calibración del modelo de comportamiento morfodinámico del sistema a largo plazo, incorporando de forma holística la interacción y la evolución entre los diferentes elementos funcionales sedimentarios implicados en el comportamiento de equilibrio de la desembocadura (la playa, la bocana, el río y la parte exterior), así como los dragados de mantenimiento y las variaciones históricas de arena evidenciadas en los distintos elementos funcionales del sistema, lo que resultó ser fundamental para calibrar correctamente el modelo de funcionamiento.

Finalmente, una vez identificadas las causas que propiciaron tanto la pérdida de estabilidad del espigón, así como de su posterior reconstrucción, se propuso una metodología específica para diseñar y reconstruir el espigón, la cual se mostrará y explicará en las Jornadas.





La biomasa aérea del ecosistema como parámetro clave para determinar su servicio de protección costera

Maria Maza^a, Javier L. Lara^a, Iñigo J. Losada^a y Fernando Lopez-Arias^a,

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,

- nazame@unican.es lopezjav@unican.es losadai@unican.es
- luis-fernando.lopez@alumnos.unican.es

1. Introducción

La estimación de la disipación de energía del flujo inducida por un ecosistema que tenga en cuenta sus características y las condiciones hidrodinámicas incidentes es crucial si se quieren aplicar medidas de protección costera basadas en ecosistemas. Los modelos analíticos y numéricos utilizados para estimar el servicio de protección proporcionado por ecosistemas costeros vegetados dependen de coeficientes de calibración, como el coeficiente de arrastre. Con el objetivo de encontrar una nuevo método para la estimación de esta atenuación de energía que sea predictivo, este trabajo plantea el estudio de la relación de la atenuación de energía del flujo producida por un campo de vegetación en función de su biomasa aérea, basándose en resultados anteriores, como los presentados en Maza et al. (2015).

2. Ensayos en laboratorio

Los experimentos se realizan en el canal de 20,71 m de largo y 0,58 m de ancho de la Universidad de Cantabria. Para la realización de los ensayos, se seleccionan cuatro especies de vegetación de marisma que se recogen en diferentes estuarios de Cantabria: Spartina maritima, Salicornia sp., Halimione sp. y Juncus sp. Para trasladar la vegetación al laboratorio, se utilizan cajas de 0,19 x 0,29 m en las que se coloca la vegetación recogida con una capa de sedimento de 0.10 m para minimizar el estrés de las plantas y evaluar posteriormente la atenuación de energía producida por el sedimento. En total, se recogen 105 cajas que son llevadas directamente al laboratorio para introducir 94 de ellas entre dos piezas de falso fondo, dando lugar a un campo de 9,05 m de longitud (Figura 1). Para la evaluación de la biomasa aérea, se utilizan las plantas de 5 de estas cajas, así como plantas que se cortan a lo largo de los ensayos. Estos cortes se realizan para evaluar diferentes densidades de campo, y por lo tanto valores de biomasa aérea. El campo se ensaya bajo condiciones de oleaje regular e irregular considerando tres profundidades de agua (h = 0,20, 0,30 y 0,40 m), alturas de ola entre 0,08 y 0,18 m y periodos entre 1,5 y 4 s. La evolución de la altura de ola se mide utilizando 15 sensores de superficie libre capacitivos y se miden las velocidades en el borde frontal y posterior del campo con cuatro velocímetros acústicos Doppler (ADV).

La biomasa aérea del ecosistema como parámetro clave para determinar su servicio de protección costera

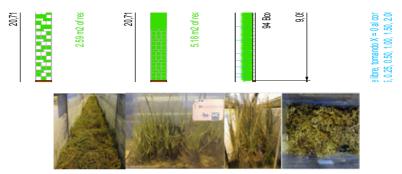


Fig. 1 Esquema de la vista lateral del montaje experimental (panel superior). Los paneles inferiores muestran una vista de los campos de Salicornia sp., Spartina sp., Juncus sp. y Halimione sp.

3. Resultados

El análisis de la atenuación del oleaje se realiza obteniendo el coeficiente de disipación, β , para cada ensavo y definiendo una nueva variable llamada biomasa aérea hidráulica (HB). HB se define como HB = SB/h*H/h*Lv/L, donde H/h es la altura de ola relativa, siendo H la altura de ola y h el calado, Lv/L es la longitud de campo relativa, siendo Lv la longitud del campo y L la longitud de onda, y SB/h la biomasa volumétria,, siendo SB la biomasa aérea. Los resultados dan lugar a la obtención de una relación lineal entre β y HB única para todas las condiciones de vegetación e hidrodinámicas ensayadas, como se muestra en la Figura 2.

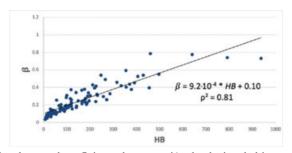


Fig. 2 Relación lineal entre el coeficiente de atenuación de oleaje y la biomasa aérea hidráulica

4. Conclusiones

Las relación obtenida proporciona la base para la inclusión de la biomasa aérea como parámetro clave para estimar la protección costera proporcionada por las diferentes especies de vegetación y representa un cambio de paradigma en la estimación de este servicio.

Referencias

Maza. M., Lara, J.L., Losada, I.J., Ondiviela, B., Trinogga, J., Bouma, T.J. (2015): Large-scale 3-D experiments of wave and current interaction with real vegetation. Part 2: Experimental analysis, Coastal Engineering, ELSEVIER, vol. 106, pp. 73-86.





Ensayos en modelo físico para el estudio de rebases en la segunda plava del Sardinero

Melva Martín-Hidalgo^a v José Francisco Sánchez-González^b

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, melva.martin@cedex.es; ^bjose.f.sanchez@cedex.es.

1. Introducción

Este estudio es una ampliación de un trabajo anterior "Ensayos en Modelo Físico 3D con Fondo móvil de las obras para la corrección del efecto de erosión localizada en la segunda playa del Sardinero (T.M. Santander)", realizado por el CEDEX para la DGCM en febrero de 2019. El objetivo de este primer trabajo fue analizar la eficacia de la solución propuesta en el proyecto de la DGCM "Corrección del efecto de erosión localizada en el extremo oeste de la Segunda playa del Sardinero, T.M. de Santander (Cantabria)". Durante la realización de los ensayos se detectó un aumento considerable de los rebases producidos por los espigones proyectados en el Paseo Manuel García Lago, planteándose varias alternativas a la del Proyecto. La alternativa más efectiva, consistente en situar sobre el paseo, a la altura del espigón más exterior, un parapeto de 80 cm de altura en una longitud de 30 m no fue considerada aceptable por modificar la estética del Paseo.

Por ello, se planteó este nuevo trabajo con el objetivo de profundizar en el estudio de los rebases que producen los espigones proyectados en modelo físico a una mayor escala, buscando alternativas para reducir los citados rebases a valores admisibles. Este estudio se ha realizado mediante un modelo físico 3D, con fondo fijo, a escala 1/10, en un canal de oleaje de 6.5 m de anchura y 45 m de longitud del Laboratorio de Experimentación Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX.

Además de los ensayos en modelo físico se ha estudiado los rebases mediante el modelo numérico SPHERIMENTAL, que emplea el método SPH, como un apoyo al modelo físico, para definir la orientación del modelo físico y analizar las alternativas al Proyecto antes de ensayarlas. Así mismo, la modelización numérica ha permitido ampliar la zona de estudio incluyendo al Espigón nº 2, con el fin de reducir el rebase a lo largo de todo el Paseo.

2. Descripción de los ensavos

Teniendo en cuenta la escala del modelo físico sólo se ha reproducido la parte del Paseo más próxima al Mirador y la zona del Espigón nº1, el más exterior, zona donde se observaron mayores rebases.

En cuanto a los oleajes de ensayo, se consideró una serie de ensayos con alturas de ola crecientes, hasta alcanzar una altura de ola significante máxima en aguas profundas de

HS,Max= 7.5 m y T_P = 16 s. Para tener en cuenta el efecto de la marea, se han considerado dos niveles de pleamar, uno elevado y otro extremo. Finalmente, con respecto a la instrumentación de los ensayos, ha registrado el oleaje, tanto en la zona de generación como en la zona próxima al espigón, para determinar las variaciones de la hidrodinámica en las diferentes situaciones, y se han recogido los volúmenes de agua rebasada mediante 6 depósitos situados a lo largo del Paseo (Fig. 1).

Entre las distintas alternativas analizadas, se probaron modificaciones en el botaolas (mayor tamaño, retranqueado, etc.), pero la más efectiva consistió en la modificación de la geometría del Espigón nº 1, que conservaba la misma planta pero cuya cota de coronación se rebajaba hasta la +4.80 m (referida al cero del Puerto de Santander), e incorporaba un nuevo espigón coronado a la cota +3.00 m y con una geometría en planta similar a la de los otros tres espigones (Fig. 1).



Fig. 1 Modelo físico de la Situación 6, donde se incorpora a la Situación 5C un nuevo espigón coronado a la +0.55 m, a escala de prototipo.

3. Resultados y conclusiones

No obstante los buenos resultados de la configuración ensayada, éstos son parecidos a los obtenidos con la solución propuesta en el estudio anterior al disponer de un espaldón de 80 cm y 30 m de longitud en el Paseo García Lago.

Es importante destacar que la agitación tras el espigón en la situación actual es superior a la de Proyecto y a las otras alternativas estudiadas. La variación de la agitación de las soluciones más recomendables respecto a dicho Proyecto no es significativa, por lo que se considera que también permitirán controlar la erosión en la playa.





Inteligencia artificial al servicio de la protección de la zonas de baño a través del concepto de bandera electrónica: Sistema SOSeas

Javier García-Alba^a, Javier F. Bárcena^a, Luis Pedraz^a, Felipe Fernández^a, Andrés García^a, Marcos Mecías^b, Javier Costas-Veigas^b, María Luisa Sámano^b y David **Szpilman**^c

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, garciajav@unican.es; bUniversidad Europea del Atlántico, Santander, Spain; Brazilian Life Saving Society, Rio de Janerio, Brazil.

El ahogamiento es una de las principales causas de muertes a nivel mundial. Considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) un problema de salud pública, es necesario el aumento de la producción de investigación, desarrollo e innovación en este ámbito. Los informes internacionales confirman que al año mueren alrededor de 372.000 personas ahogadas. Sin embargo, según la OMS (2016): "Existe un amplio margen de incertidumbre en torno a la estimación de la mortalidad por ahogamiento en el mundo. El problema es mucho mayor de lo que parecen indicar las cifras". En este sentido, España es un país con casi 8.000 km de costa, lo que supone, además de un atractivo turístico, un factor de riesgo para todos aquellos usuarios que frecuenten nuestro litoral. Hablando en términos nacionales, en el Informe Preliminar de ahogamientos en España de los años 2017, 2018 y 2019 presentado por la Escuela Segoviana de Socorrismo, se han registrado 542, 470 y 533 muertes respectivamente por ahogamiento.

Por ello, teniendo en cuenta toda esta problemática y el estado del arte existente en sistemas predictivos, dentro del proyecto SOSeas (https://soseas.ihcantabria.com/), financiado a través de la convocatoria User Uptake 2020 del Copernicus Marine Service (CMEMS), se ha generado un sistema de evaluación para predecir el riesgo dinámico de ahogamiento en playas mediante la predicción de bandera electrónica (Figura 1). Esta herramienta se desarrolló usando como sitio piloto las playas del estado de Santa Catarina en Brasil y posteriormente también ha sido implementada en las del Lake Macquarie Council en Australia. Como motor de este sistema se utilizan técnicas de Inteligencia Artificial, en concreto Redes Neuronales de aprendizaje profundo, que son capaces de predecir la bandera electrónica en función del clima marítimo y las características geológicas.

El Servicio SOSeas está proporcionando previsiones de banderas electrónicas mediante redes neuronales de aprendizaje profundo que, en estos momentos, ha conseguido obtener un Tasa de Acierto de 0,87 y 0.97 en la calibración realizada en las playas del estado de Santa Catarina en Brasil y en las del Lake Macquarie Council en Australia, respectivamente.

El servicio SOSeas proporciona un acceso abierto a la información para la prevención de riesgos y de previsión a través de la aplicación multi-dispositivo (Android, IOS, etc.) SOSeas: https://soseasapp.ihcantabria.com/.

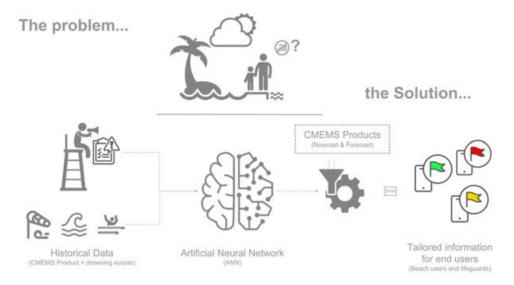


Fig. 1 Esquema conceptual del Servicio SOSeas. Fuente: Elaboración propia.

Referencias

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD (2016). Informe mundial sobre ahogamientos: Prevenir una importante causa de mortalidad. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.





Análisis del desplazamiento de cajones durante la construcción de la 2ª Fase Prolongación Dique Reina Sofía Sur en Las Palmas

Pintado Gorordo, Clara^a; Bordón Guerra, Antonia^b; López Mentado, Araceli^c; Corredor Molguero, Antoniod

^aSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO). C/ Rafael Cabrera 18 Las Palmas de G.C. clara.pintado@ohla-group.com; bAutoridad Portuaria de Las Palmas. Tomás Quevedo Ramírez, s/n Las Palmas de G. C. abordon@palmasport.es; Autoridad Portuaria de Las Palmas. Tomás Quevedo Ramírez, s/n Las Palmas de G. C. alopez@palmasport.es; dSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO). Po de la Castellana 259D, Madrid acorred@ohla-group.com

1. Introducción

Durante la construcción de la 2ª Fase Prolongación Dique Reina Sofía Sur, en Las Palmas, se produjo un temporal durante el cual dos de los cajones que se encontraban fondeados en su posición definitiva y lastrados completamente con agua de mar, fueron desplazados una distancia cercana a los 4 metros el primero y 0.5 metros el segundo. Las dimensiones de los cajones son: 59 m de eslora, 24 m de manga y 29,40 m de puntal.



Fig. 1 Imagen antes- después del desplazamiento de los cajones. Fuente: SATO (2020)

Tras recopilar los datos climáticos existentes del momentos del deslizamiento, se realizó un estudio de las causas que pudieron haber desencadenado dicho fallo. La presentación resume el análisis llevado a cabo y las principales conclusiones extraídas de dicho estudio.

2. Descripción del modo de fallo

En una primera inspección visual, se detectó que los cajones habían sido desplazados de su posición de fondeo, pero no presentaban ninguna variación en la cota de coronación inicial. Se consideró por tanto que el desplazamiento se debió a un deslizamiento de los mismos sobre la banqueta. Durante las inspecciones submarinas, estas sospechas se confirmaron al verse claramente como la banqueta apenas había sufrido daños más allá del arrastre del material del enrase de coronación y la extracción de algunas piezas superficiales de la banqueta de escollera.

3. Datos recopilados

Se investigaron los registros disponibles de los temporales en las diferentes fuentes existentes en la zona, siendo la boya Las Palmas Este la que presentaba una información más cercana a la realidad. En este registro, se observaron unas condiciones excepcionales el día 6 de diciembre. Con las series de marea, altura de ola, periodo y dirección del oleaje pudieron reconstruirse las condiciones climáticas más severas del temporal.

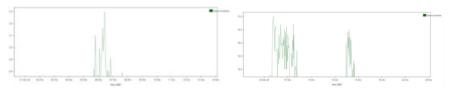


Fig. 2 Registro de Hs y Tp de la boya Las Palmas Este. Fuente: PPEE (2021)

4. Análisis de la estabilidad de los cajones

Considerando las condiciones climáticas anteriores y las condiciones de fondeo de los cajones, se realizó un análisis de los coeficientes de seguridad de estabilidad observándose que el de deslizamiento se encontraba en el entorno de la unidad, confirmando la causa del siniestro. Uno de los aspectos que llamó la atención durante el análisis fue la aparente excepcionalidad del periodo del oleaje. Por esta razón se realizó un análisis de sensibilidad de la seguridad frente al deslizamiento VS el TP del oleaje incidente, observándose una fuerte dependencia del mismo. El lastre necesario para garantizar un coeficiente mínimo de estabilidad se incrementa notablemente según el período de pico considerado en el temporal.

5. Estimación de daños y reparaciones realizadas

Una vez analizados los daños y sus causas, se decidió mantener el cajón nº.2 en su posición, dado que el desplazamiento podría ser absorbido en la superestructura, y reflotar el cajón nº.3 para volver a colocarlo en su posición. La presentación repasa las distintas actuaciones realizadas.

6. Conclusiones

Se ha estudidado el siniestro ocurrido en diciembre de 2020, detallando en el las causas y describiendo las acciones llevadas a cabo para restablecer la situación inicial. Durante este estudio se ha identificado la importancia de los análisis multivariante de clima marítimo para la determinación del riesgo de las diferentes fases de construcción de obras marítimas.





Desarrollo de una herramienta para la gestión de la compuerta en el puerto de Malpica

Javier Sopelana Peralta^a, Miguel Angel Vigo Baz, Juan Antonio Rodriguez Pardo^b, Pedro Urquijo Gómez^b, Juan Taboada^c, Pablo Carracedo García^cy Luis Cea Gómez^d

- ^a Aquática Ingeniería Civil S.L. Areal 42 36201 Vigo, jsopelana@aquaticaingenieria.com
- ^b E.P.E. Portos de Galicia. Consejería del Mar. Xunta de Galicia.
- ^c Meteogalicia. Xunta de Galicia.
- d Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA, Universidade de A Coruña.

1. Introducción

El puerto de Malpica, que en la actualidad es uno de los puertos más importantes de pesca artesanal de Galicia, en el siglo XVII fue uno de los puertos balleneros de Galicia. A partir de 1931 hasta 1985, se construyó en diferentes etapas el dique de abrigo actual dando lugar a dos dársenas. Una de las características especiales de este puerto es la existencia de una compuerta que separa la dársena histórica del resto del puerto. El puerto está localizado en la conocida como "Costa da Morte", al noroeste de la costa Gallega, una de las zonas más energéticas de las costa española.

2. Descripción de la problemática

Desde su construcción el puerto ha sufrido los problemas consecuencia de su alta exposición a las dinámicas marinas, y pese a contar con un gran dique de abrigo, sigue conviviendo con problemas de agitación. Hasta hace unos años la gestión de la agitación en el puerto se llevaba a cabo mediante el uso de la comentada compuerta. Los usuarios del puerto necesitan abrir y cerrar la compuerta en ciertos momentos del día para salir a faenar. En estas ocasiones se genera una mezcla de agitación y elevadas corrientes que dificultan las maniobras de los barcos, llegando a afectar a la seguridad de los barcos en las maniobras de entrada y salida de la dársena interior.

3. Mejoras en la gestión de la compuerta de la dársena interior

Dentro del proyecto MarRISK (Adaptación al cambio climático de la costa de Galicia y norte de Portugal), Meteogalicia como parte de consorcio y Portos de Galicia como stakeholder, proponen llevar a cabo una serie de trabajos encaminados a mejorar la gestión del riesgo por dinámicas marinas en el puerto de Malpica. Dentro de la ponencia la idea es explicar los trabajos llevados a cabo con la finalidad de minimizar el riesgo, entre los que destacan por su carácter innovador:

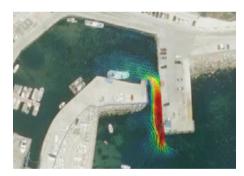
3.1. Campaña de instrumentación

Además del radar MIROS existente en el puerto, durante los meses de febrero a abril de 2020, se ubicarom una serie de sensores de presión en el puerto y un correntímetro en las inmediaciones de la compuerta. Entre las conclusiones de los resultados obtenidos destacan:

- 1) Se ha constatado que el puerto posee mayor agitación por onda larga que por onda corta.
- 2) Se ha llevado a cabo un análisis estadístico de onda larga (además del espectral) que nos ha permitido conocer con exactitud la altura de ola máxima de los eventos resonantes, así como los periodos asociados. 3) Durante la campaña se midieron velocidades asociadas a eventos resonantes de mas de 2 m/s, y se ha observado sincronización con los eventos de amplificación de ondas.

3.2. Sistema de predicción de velocidades asociadas a eventos de onda larga

Como herramienta de ayuda en la gestión de la compuerta, se ha desarrollado un sistema de previsión de onda larga basado en la metodología de Diaz-Hernandez et al (2011) y similar al del SAMOA (Rodríguez et al. 2019), pero con alguna novedad teniendo en cuenta que el predictando es la velocidad de corrientes. Para ello se ha implementado el modelo hidrodinámico IBER (Bladé et al. 2014) que mejora los resultados de velocidades del modelo lineal actual (MSP). Los resultados de la validación son satisfactorios.



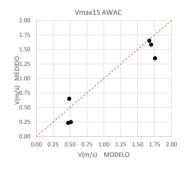


Fig. 1 Campo de velocidades en un evento de onda larga en el puerto de Malpica (izquierda). Validación del modelo con datos reales (derecha).

Referencias

RODRIGUEZ, BEATRIZ; DIAZ-HERNANDEZ, GABRIEL; LARA, JAVIER L; TOMAS, ANTONIO; ÁLVAREZ DE EULATE, MARIA F; MEDINA, RAUL; ÁLVAREZ FANJUL, ENRIQUEB; PEREZ GOMEZ, BEGOÑA, GARCIA-VALDECASAS, JOSE MARIA (2019). "Proyecto SAMOA-2: módulos de agitación, ondas largas y rebase, descripción general". En: XI Jornadas Españolas de Costas y Puertos. Torremolinos, 8 y 9 de mayo de 2019.

G. DÍAZ HERNÁNDEZ, J. A. ARMESTO, F. J. MÉNDEZ, R. MEDINA, I. J. LOSADA (2011). "Metodología para la caracterización numérica de las ondas infragravitatorias en el litoral español". En: XI Jornadas Españolas de Costas y Puertos. Las Palmas de Gran Canaria, 5 y 6 de mayo de 2011.





Aportaciones del CEDEX a la novedades del Código Estructural para el hormigón expuesto a ambiente marino

Pilar Alaejos Gutiérrez^a, Susana Fernández García^b, Gonzalo Pazó Coyola^c. Ana Lope Carvajal^d

^a Directora del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. CEDEX, Pilar Alaejos@cedex.es; b Jefa de Servicio de Durabilidad del Hormigón. Laboratorio Central de Estructuras y

Materiales, CEDEX, sfernandezg@cedex.es; c Jefe de Servicio de Tecnología del Hormigón. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, CEDEX, Gonzalo Pazo@cedex.es.; defe de Área de Planificación de Infraestructuras. Puertos del Estado, alope@PUERTOS.ES

1. Resumen

En noviembre de 2021 entró en vigor el Real Decreto 470/2021, por el que se aprueba el Código Estructural que sustituye a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

La nueva normativa ha incluido modificaciones destinadas a mejorar la durabilidad de las estructuras de hormigón expuestas a ambiente marino. Algunas de estas modificaciones tienen su origen en los trabajos que el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX ha llevado a cabo para Puertos del Estado. Esta comunicación recoge estas mejoras normativas, tratando de explicar su finalidad y los trabajos de investigación que las han justificado.

El Capítulo 8 del Código Estructural incluye las propiedades tecnológicas que deben tener los materiales en estructuras de hormigón. En este capítulo, el artículo 29 indica que, siempre que se justifique técnicamente, el agua de mar podrá utilizarse para el proceso de curado del hormigón en hormigones que van a estar sumergidos en agua (XS2), siempre que no se permita que el hormigón se seque tras el desencofrado.

Esta modificación normativa valida el proceso constructivo de cajones flotantes por encofrados deslizantes (Fig. 1) y tiene su origen en el trabajo experimental que desde 2019 el Laboratorio Central del Cedex ha realizado sobre la influencia que el curado con agua de mar tiene en los procesos de corrosión en el hormigón, trabajo experimental realizado tanto en hormigones fabricados en laboratorio, como en testigos extraidos de cajones flotantes (Fig. 2). Este estudio ha permitido concluir que, en hormigones que cumplen con las exigencias de dosificación XS2, el alcance de curar con agua de mar es acotado, afectando como máximo a 10 mm de recubrimiento.

Igualmente, el artículo 33.1, referente a la composición del hormigón, ha disminuido el contenido total de cloruros que aportan todos los componentes al hormigón armado al 0,2% en peso de cemento (pcem), cuando el hormigón se sitúa en ambiente XS o XD. El estudio en diferentes estructuras afectadas por procesos de corrosión que ha realizado el CEDEX ha demostrado que el límite del 0,4% pcem, previo al Código Estructural, era excesivamente elevado y podía situar al hormigón desde su puesta en obra muy próximo a la despasivación de las armaduras (que se inicia con 0,6% pcem) y, por tanto, muy próximo a que se inicien procesos de corrosión en el hormigón. Este límite está en consonancia con otras normativas (Estados Unidos, Japón) y es técnicamente viable, como demuestra el trabajo experimental realizado por el Cedex en obras portuarias (Fig. 3).



Fig. 1 Construcción de cajón flotante



Fig. 2 Extracción de sondeo en cajón flotante

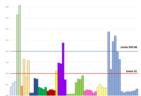


Fig. 3 Cloruros iniciales del hormigón

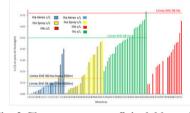


Fig. 2 Cloruros en superficie del hormigón

Asimismo, el anejo 12 del Código Estructural, de carácter informativo, recoge modelos que el autor del proyecto puede utilizar para la estimación de la vida útil de las estructuras y/o elementos de hormigón. Uno de los parámetros fundamentales en el modelo de corrosión propuesto es la concentración de cloruros en la superficie del hormigón, ya que es el parámetro que marca la agresividad del ambiente. El estudio realizado por el CEDEX sobre 13 estructuras portuarias españolas, completado con datos de otras fuentes bibliográficas (Fig. 4), ha permitido ajustar los valores de cloruros en superficie para cada subambiente XS. Además, se han ajustado las divisiones que se hacen del ambiente marino aéreo (XS1), definiendo una zona de spray, próxima a la zona de salpicaduras, con su propio valor de cloruros superficiales.

Finalmente, el Artículo 33.5 del Código Estructural señala expresamente la necesidad de utilizar hormigones de **consistencia fluida** en elementos que estén densamente armados. Esta necesidad se considera que debe hacerse extensiva a los hormigones de los espaldones de hormigón armado en diques, para facilitar así la compactación del hormigón en estas obras, que se ejecutan en condiciones muy desfavorables de trabajo. Los estudios realizados en el CEDEX han demostrado que la utilización de hormigones fluidos en los espaldones ayuda a conseguir un correcto acabado necesario para garantizar su durabilidad en ambiente marino.





Análisis de la resonancia puerto-buque y propuesta de umbrales operativos en la terminal petrolera del Puerto Interior de A Coruña Raquel Costasa, Andrés Figueroa, José Sandea, Humberto Carroa, Christian Soutoa, Enrique Peña^a, Andrés Guerra^b, Enrique Maciñeira^b y Juan Diego Pérez^b

^aUniversidade da Coruña, Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España, praguel.costas@udc.es, andres.figuero@udc.es, iose.sande@udc.es. humberto.fidalgo@udc.es. c.souto@udc.es. enrique.penag@udc.es. ^bAutoridad Portuaria de A Coruña, Avda. de la Marina, 15001 A Coruña, España, © aguerra@puertocoruna.com, per emacine@puertocoruna.com, idperez@puertocoruna.com.

1. Introducción

Las ondas infragravitatorias u onda larga pueden ocasionar resonancia entre la dársena y los movimientos de buque atracado cuando los periodos de oscilación de ambos son análogos. Este acoplamiento deriva en la amplificación de las oscilaciones del barco, pudiendo generar problemas de seguridad y operativos en el atraque. Para reducir este riesgo en el Puerto Interior de A Coruña, se estudiaron los registros de los movimientos de los buques y el oleaje en el dominio frecuencial-temporal en su terminal petrolera. De esta forma se ha desarrollado una metodología de análisis con aplicación de técnicas novedosas para establecer umbrales operativos adaptados, tanto en instalaciones más protegidas como en otras más expuestas.

2. Obtención de datos v análisis

La terminal analizada tiene 4 zonas de atraque para la carga/descarga de graneles líquidos: pantalanes 1 y 2, de menor calado, destinados a buques LPGs y quimiqueros, y los pantalanes 3 y 4 que reciben los petroleros de mayor porte. Durante la campaña de campo se monitorizó el movimiento de vaivén de cinco LPGs de características idénticas (88m de eslora y 3800 TPM), mediante seguimiento por imagen, durante su operación en los pantalanes 1 y 2. Simultáneamente, se registró el oleaje en las proximidades: radar Miros y sensor de presión.

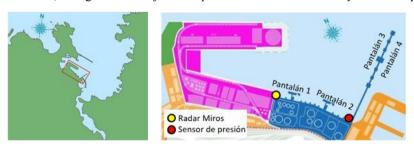


Fig. 1 Localización de los pantalanes y dispositivos de medida del oleaje.

El análisis de la información obtenida en el dominio de la frecuencia se realizó con la transformada rápida de Fourier (FFT). Para la extensión de este análisis al dominio frecuencial-temporal se aplicó la transformada wavelet (WTA). La principal ventaja de esta última es representar paquetes energéticos con diferentes periodos (onda corta, onda larga), identificando variaciones de los periodos y amplitudes de movimientos del barco y oleaje.

3. Resultados y conclusiones

El análisis FFT de los registros de oleaje permitió identificar los periodos de onda larga dominantes en cada pantalán (45s, 65s, 90s, 150s y 260s). Mientras que los valores más altos (≥90s) se mostraban en ambas localizaciones, el pico de 45s afecta únicamente al pantalán 1 y el de 65s al pantalán 2 (más exterior). Por sus características, los buques que operan en estos atraques presentan valores habituales del periodo de oscilación del vaivén entre los 16-48s, dependiendo de la situación de carga, el nivel de marea y la tensión de amarre. Esto hace que exista una mayor probabilidad de resonancia buque-puerto en el pantalán 1, al encontrarse en dicha banda uno de los periodos de onda larga afectados en dicha localización (45s). La aplicación de la WTA al registro del movimiento de vaivén permitió analizar la evolución del periodo oscilatorio durante la operación de carga, así como identificar de forma precisa situaciones de resonancia buque-puerto por el acoplamiento de la frecuencia oscilatoria del buque y el periodo crítico del pantalán (Fig. 2, intervalo 14:00-16:30 horas).

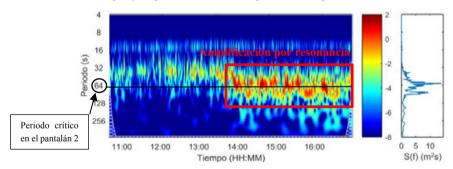


Fig. 2. Transformada wavelet y FFT del movimiento de vaivén de un buque en el pantalán 2.

Durante la campaña de análisis se registraron algunas paradas operativas causadas por situaciones de resonancia puerto-buque similares a la mostrada. El estudio realizado permitió identificar umbrales operativos de la altura de ola significante de la banda 30-65s, establecidos en 0.08m para los LPG atracados en los pantalanes 1 y 2, o los 0.1m para los petroleros atracados en los pantalanes 3 y 4. De esta forma, y con un análisis detallado de los datos de previsión proporcionados por Puertos del Estado y AEMET, se pueden establecer intervalos operativos con mayor seguridad por fenómenos de resonancia u onda larga. A pesar de que estos límites son específicos para las instalaciones de estudio, la aplicación de la metodología es totalmente extrapolable a otros puertos para una óptima toma de decisiones.





Instrumentación de esfuerzos en diques flotantes de hormigón comparativa con resultados experimentales de modelo físico y modelo numérico

Javier Sopelana Peralta a, Fernando López Mera a, Miguel Ángel Vigo a,

- 哆 Enrique Peña González, 📵 José Sande González-Cela, 👨 Andrés Figuero Pérez, Delia Regueira Muñiz b
- [©]Álvaro Rodríguez-Luis^c, [©]Sergio Fernández-Ruano^c, [©]Raul Guanche^c,
- ^a Aquática Ingeniería Civil S.L. Areal 42 36201 Vigo, jsopelana@aquaticaingenieria.com;
- ^b Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA, Universidade de A Coruña
- ^c IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (R.G: raul.guanche@unican.es);

1. RESUMEN

Durante los años 2018 a 2020 y financiado por el programa Conecta PEME de la Axencia Galega de Innovación, las empresas AQUATICA INGENIERIA CIVIL, RONAUTICA QUALITY MARINAS y ADHOCS SMART SOLUTIONS desarrollaron el proyecto "FLOATING CONCRETE. Nuevas metodologías y diseños para la fabricación de pantalanes y rompeolas de hormigón"

Dentro del proyecto se desarrolló una novedosa actividad de instrumentación de los esfuerzos en diques flotantes a escala real. Este trabajo fue desarrollado en el dique de abrigo de las instalaciones de la Cofradía San Francisco en Bouzas (Vigo). Es un dique de 40 m de longitud, conformado por dos piezas de dimensiones 20 x 4 m, cada una de ellas cimentada con dos pilotes, separados de los diques con defensas amortiguadoras en V. La campaña se desarrolló desde el 20 de Noviembre de 2020 al 20 de Febrero de 2021.

Para la adquisición de datos de oleaje se instalaron dos sensores Doppler marca AWAC de Nortek; uno de ellos se dispuso en la zona exterior del dique flotante y otro en la zona interior para caracterizar las dinámicas en la zona expuesta y protegida.

Para la instrumentación de los esfuerzos en los conectores entre diques flotantes se utilizaron 2 células de carga de rango 20 T para ambiente marino Ø=135 mm y una de 50 T de Ø=184 mm. Para su utilización fue necesario construir los módulos con unas cajas de unión especiales, una con 3 tubos (dejando el del medio libre para pasar cables) y otra con 5 tubos, que permita montar una estructura que transmita los esfuerzos desde el neopreno.

Para la instrumentación de los esfuerzos en los pilotes se utilizó en un caso 2 células de carga de rango 20 T para ambiente marino Ø=135 mm, montadas sobre una chapa y, en otro de los pilotes, una célula de 50 T, Ø=184 mm.



Fig. 1 Imagen de la instalación y disposición de las células de carga en los pilotes.

Los resultados obtenidos en la campaña se han analizado y comparado con otras técnicas de medición y cálculo, que se detallan a continuación. En primer lugar con ensayos en modelo físico realizados en las instalaciones del Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC) de la Universidade da Coruña. En estos ensayos se diseñaron los materiales y disposición óptimos de los elementos que configuran el sistema de unión diquepilote. Además, se realizaron simulaciones con el modelo numérico FLODYSS 1.0, desarrollado dentro del propio proyecto FLOATING CONCRETE con la colaboración del Instituto de Hidráulica de Cantabria, para analizar diferentes configuraciones y seleccionar la más apropiada para el caso analizado.

Estas comparaciones han permitido calibrar y validar la metodología de campo utilizado en el proyecto, siendo innovadora en este tipo de estudios complejos, combinando aspectos hidrodinámicos y estructurales. Un aspecto relevante es la viabilidad del trabajo desarrollado para su extrapolación a otras instalaciones. La ponencia analizará los resultados obtenidos y su comparativa.



Refuerzo del manto en diques de abrigo. Aspectos constructivos esenciales

Rafael Torres Samper^a

^a NEOS MARITIME CONSULTING S.L. prafael.torres@neos-mc.com:

1. Introducción

Los diques de abrigo en talud han sido, con diferencia, la tipología de obra de abrigo más utilizada en España y en el mundo. Hay montones de ejemplos de ellos por todo el litoral, desde pequeñas a grandes profundidades, y en muy variadas condiciones de exposición frente al oleaje.

No obstante, la construcción del manto de abrigo de estos diques conlleva una complejidad más que suficiente como para confiar en que normalmente se reproduzcan las condiciones teóricas previstas tanto en la formulación como en los ensayos a escala de laboratorio. Esto puede originar desplazamientos de aquellas piezas o grupos que se ven afectados por defectos de colocación, asientos u otras circunstancias.

Por otra parte, tampoco podemos tener la certeza de que la predicción de clima extremal realizada previamente al proyecto de cada dique, nos garantice que las condiciones de cálculo no se van a superar durante la vida útil de la estructura. En caso de ser así, igualmente nos encontraremos con movimientos relevantes de posiblemente un gran número de elementos a lo largo del dique.

Y, en tercer lugar, es posible que las exigencias de operatividad de una zona abrigada por un dique, cambien a lo largo del tiempo, de forma que allí donde en una situación inicial podíamos admitir un cierto caudal de rebase, nos encontremos con que, por razones asociadas a un cambio de uso, ese rebase ya no sea admisible.

Por tanto, hay al menos tres factores claramente identificados, uno de construcción, otro debido a la estadística o al azar y un tercero debido a la funcionalidad, que pueden provocar la necesidad de acometer una obra de recarga o restablecimiento del manto, bien para seguir cumpliendo con las condiciones de diseño, o bien para modificarlas.

2. Condicionantes

COLOCACIÓN SOBRE UN MANTO YA EXISTENTE

La diferencia entre realizar un correcto plan de vertido para colocar bloques sobre una superficie sensiblemente plana, como es un filtro de escollera, o hacerlo sobre una superficie

Refuerzo del manto en diques de abrigo. Aspectos constructivos esenciales

considerablemente irregular, como suele ser un manto de bloques a restablecer, modifica de forma sustancial el enfoque del diseño de ese plan de vertidos.

Es necesario, por tanto, variar los criterios, partiendo de una realidad menos ideal, y mucho más compleja que en el caso de la construcción.

LIMITACIONES A LOS EQUIPOS A UTILIZAR

Normalmente, aunque desgraciadamente no siempre, el diseño de nuevos diques, se realiza de forma que su ejecución sea compatible con el propio proyecto. Ahora bien, apenas existen casos en los que el proyecto de un dique en talud tenga en cuenta que probablemente en el futuro este puede requerir una actuación de recarga, restablecimiento, o simplemente una pequeña recolocación puntual. Por esta razón, nos encontramos a menudo con que las posibilidades para llevar a cabo estas obras son muy limitadas, desde el punto de vista de procedimiento constructivo y medios a emplear.

Tanto es así, que a lo largo de los últimos años hemos asistido en España a varias obras de este tipo, las cuales han dado lugar a un abanico de soluciones constructivas, apropiadas a cada ocasión, que son una buena muestra de la habilidad e ingenio constructivo desarrollado por la ingeniería española para resolver cada caso.

3. Objeto de la presentación

El objeto de esta presentación es se concreta en el análisis y formas de resolución de los aspectos constructivos esenciales, realizado a partir de varios ejemplos prácticos que forman parte de la experiencia del equipo de Neos Maritime Consulting.

4. Ejemplos

Algunos de los casos referidos analizados son los siguientes:



Fig. 1. Dique Príncipe de Asturias.Gijón



Fig. 2. Dique de san Esteban de Pravia Asturias



Fig. 3. Dique de Llanes Asturias





TESLA 2.0: Un Emulator de Parámetros Meteo-Oceánicos para el Diseño Probabilístico de Obras Marítimas en Climas con Ciclones Tropicales y Extra-**Tropicales**

Fernando J. Méndeza, Laura Cagigalb, Alba Cidc, Alberto Luceñod, Ana Ruedac, Nicolas **Ripoll^f**

a,b.c.e.f Grupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria, España ^dDepartamento de Matemática Aplicada, Universidad de Cantabria ¹ lucenoa@unican.es; all mendezf@unican.es; blo cagigall@unican.es; clo cida@unican.es; ruedaac@unican.es; fripolln@unican.es;

1. Introducción

Para el diseño probabilístico de obras marítimas a Nivel III en costas afectadas por tormentas extratropicales y por ciclones tropicales es necesario contar con metodologías de generación de series sintéticas de Montecarlo que sean capaces de expandir la pequeña fracción de posibles combinaciones de eventos extremos multivariados de oleaje, viento, marea meteorológica y nivel del mar que se tienen registradas en las series históricas, y crear una muestra lo suficientemente grande para un correcto análisis de los eventos extremos con baja probabilidad. Estas series temporales sintéticas deben tener en cuenta la cronología de las series históricas a distintas escalas temporales tanto de las tormentas extratropicales como de los ciclones tropicales y serán esenciales para poder alimentar los modelos hidrodinámicos, morfodinámicos o de impacto que se requieren para hacer un análisis probabilístico, tanto en clima presente como bajo el efecto de distintos escenarios futuros de cambio climático.

2. Metodología y aplicación

Los emuladores basados en el clima han surgido en los últimos años como una alternativa eficiente de generación sintética de eventos multivariados, y acoplados con distintos metamodelos, permiten generar series sintéticas de variables Meteo-Oceánicas a nivel local a un reducido coste computacional (Anderson et al., 2021). En este trabajo se presenta TESLA2.0, una versión actualizada de TESLA (Anderson et al., 2019) para incluir la contribución del oleaje de forma espectral (Cagigal et al., 2021) y el efecto de ciclones tropicales. Con estas mejoras, se consigue crear una metodología global y flexible que extiende su aplicabilidad a aquellos lugares del planeta situados en zonas de generación de ciclones tropicales, y aquellos en donde es común la presencia de un mar de viento y varios swells llegando de direcciones diferentes al mismo tiempo, que no permiten ser caracterizados correctamente por parámetros agregados del oleaje.

El desarrollo de TESLA 2.0 consta de los siguientes pasos: 1) Se aplica un algoritmo para aislar y parametrizar el mar de viento y los swells que llegan a la zona de estudio; 2) Se generan tipos de tiempo diarios basados en campos de presión en la zona de generación del oleaje. 3) Se ajusta un modelo autoregresivo logístico para generar series sintéticas del tipo de tiempo basado en predictores a gran escala como la Oscilación de la Madden Julian y el efecto de la Oscilación de El Niño; 4) Se generan series sintéticas de las distintas variables implicadas mediante una técnica de resampling a partir de observaciones históricas asociadas a cada tipo de tiempo; 5) Se incluyen las codiciones de oleaje y nivel extremales producidas por ciclones tropicales a partir de bases de datos de trazas sintéticas de los mismos.

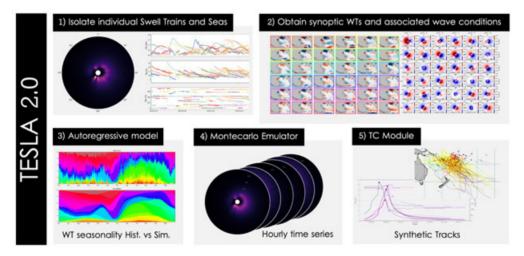


Fig. 1 Esquema de desarrollo de la metodología de TESLA2.0.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Referencias

- Anderson, D. L., Ruggiero, P., Mendez, F. J., Barnard, P. L., Erikson, L. H., O'Neill, A. C., Merrifield, M., Rueda, A., Cagigal, L., & Marra, J. (2021). Projecting climate dependent coastal flood risk with a hybrid statistical dynamical model. Earth's Future, 9, e2021EF002285. https://doi.org/10.1029/2021EF002285
- Cagigal, L., Rueda, A., Ricondo, A., Pérez, J., Ripoll, N., Coco, G., & Méndez, F. J. (2021). Climate-based emulator of distant swell trains and local seas approaching a Pacific atoll. Journal of Geophysical Research: Oceans, 126, e2020JC016919. https:// doi.org/10.1029/2020JC016919
- Anderson, D., Rueda, A., Cagigal, L., Antolinez, J. A. A., Mendez, F. J., & Ruggiero, P. (2019). Time-varying emulator for short and long-term analysis of coastal flood hazard potential. Journal of Geophysical Research: Oceans, 124(12), 9209–9234. https://doi. org/10.1029/2019JC015312





Caracterización de eventos compuestos de lluvia y oleaje extremos en la costa Mediterranea NO

Marc Sanuv Vázguez^a, Jose A. Jiménez Quintana^b

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima (LIM), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), © 0000-0003-2711-5409, marc.sanuv@upc.edu: bLIM-UPC. D 0000-0003-0900-4684, jose.jimenez@upc.edu

El impacto reciente del temporal Gloria a lo largo de la costa Mediterránea española ha puesto de manifiesto las consecuencias que puede tener para el territorio la presentación de eventos extremos compuestos, en los que se verifican simultáneamente amenazas climáticas como el oleaje, nivel de mar, viento, lluvias intensas y episodios de inundación (p.e. Amores et al., 2020). En esta línea, cada vez hay más estudios que destacan la importancia de las inundaciones compuestas en las zonas costeras, perfilándose toda la cuenca mediterránea como *hotspot* para este tipo de eventos (p.e. Bevacqua et al., 2019).

El caso más comúnmente analizado se define por la co-ocurrencia de un impulsor marino (generalmente nivel de mar u oleaje) y uno 'terrestre' (como la lluvia o el caudal de un río) en un punto determinado. Sin embargo, desde la perspectiva de la gestión del riesgo, deben también tomarse en cuenta los eventos compuestos espacialmente (Zscheischler et al., 2020). es decir, amenazas concurrentes de diferentes impulsores climáticos dentro de una ventana de tiempo limitada, que acumulan impactos en ubicaciones espacialmente distantes (pero dentro de la misma región administrativa). Estos pueden desbordar la capacidad de respuesta de los servicios de protección civil, al tener que abordar una situación "inusual" altamente dañina, y deber responder a un gran número de situaciones de emergencia en toda la región al mismo tiempo.

Dado que tradicionalmente las amenazas de lluvia extrema y tormentas de oleaje se han analizado de forma separada para la costa Mediterránea española, el objetivo del presente estudio es la caracterización de los eventos compuestos por estas dos acciones climáticas tomando como zona de estudio el litoral Catalán y sus cuencas asociadas, incluyendo el análisis de los eventos compuestos espacialmente. Para ello, se han empleado datos de precipitación diaria de 69 estaciones meteorológicas AEMET (Agencia Estatal de Meteorología, Ramis et al., 2013) repartidas por las cuencas de estudio, así como datos horarios de características del oleaje en 19 nodos de la base de datos de reanálisis DOW (Downscaled Ocean Waves, IH-Cantabria, Camus et al., 2013) cubriendo todo el litoral.

En primer lugar, para cada estación y nodo, se han loclaizado los eventos extremos de cada variable climática desde 1973 mediante el método de excesos independientes sobre umbral. A partir de éstos, se definen los eventos univariantes para cada cuenca y tramo de costa

asociado. En segundo lugar se han identificado los eventos compuestos tanto a la escala de cuenca (evento compuesto clásico o multivariante) como a escala regional (inclusión de los eventos compuestos espacialmente). Con ello se analiza la distribución espacial y tipología de los eventos compuestos. Finalmente se han caracterizado las funciones de distribución marginales, condicionadas y conjuntas de las variables climáticas a ambas escalas, con las que se analizan las probabilidades de ocurrencia de los eventos compuestos, así como los niveles de correlación de la intensidad de lluvia y del oleaje a las escalas de gestión (regiónes administrativas y protección civil).

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los proyectos M-CostAdapt (CTM2017-83655-C2-1-R) v C3RiskMed (PID2020-113638RB-C21) del MINECO/AEI/FEDER, UE. El primer autor disfruta de una beca Margarita Salas. Los autores agradecen a IH-Cantabria por los datos hidrodinámicos, y a la Agencia Estatal de Meteorología y al Servei Meteorológic de Catalunya por los datos meteorológicos.

Referencias

- AMORES, A., MARCOS, M., CARRIO, D. S., AND GOMEZ-PUJOL, L. (2020): "Coastal impacts of Storm Gloria (January 2020) over the north-western Mediterranean" en Natural Hazards and Earth System Sciences, 20(7), 1955-1968.
- BEVACOUA, E., MARAUN, D., VOUSDOUKAS, M. I., VOUKOUVALAS, E., VRAC, M., MENTASCHI, L., AND WIDMANN, M. (2019): "Higher probability of compound flooding from precipitation and storm surge in Europe under anthropogenic climate change". Science advances, 5(9), eaaw5531.
- CAMUS, P., MENDEZ, F.J., MEDINA, R., TOMAS, A., AND IZAGUIRRE, C. (2013): "High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas". Coast. Eng. 72, 56-68.
- RAMIS C, HOMAR V, AMENGUAL A, ROMERO R, AND ALONSO S. (2013): "Daily precipitation records over mainland Spain and the Balearic Islands". Natural Hazards Earth System Science 13: 2483-2491.
- ZSCHEISCHLER, J., MARTIUS, O., WESTRA, S., ET AL. (2020): "A typology of compound weather and climate events", Nat. Rev. Earth Environ., 1, 333-347, doi: 10.1038/s43017-020-0060-z.





Desarrollo de un hindcast de oleaje espectral de alta resolución en Cantabria: aplicación al recurso surf

Javier Tausía^a, Alba Ricondo^a, Ana Rueda^a, Sonia Castanedo^a, Juan J. González^b v Fernando J. Méndeza

- ^a Geomatics and Ocean Engineering Group, Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Diavier tausia@unican.es; Dalba.ricondo@unican.es; anacristina.rueda@unican.es; sonia.castanedo@unican.es; fernando.mendez@unican.es.
- ^b Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territotrio, Universidad de Cantabria, iuanjose.gleztrueba@unican.es.

1. Introducción

En el presente estudio se ha desarrollado un método de reducción de escala híbrido de alta resolución que permite evaluar con precisión las características espectrales del oleaje incidente en las principales rompientes del litoral cántabro, siendo este replicable en cualquier región costera. Combinando el uso de algoritmos de minería de datos con un modelo numérico de propagación de oleaje se ha construido una base de datos de alta resolución de oleaje espectral a lo largo de la costa de Cantabria. La información de energía espectral reconstruida en puntos cercanos a la costa a lo largo de los 40 años del registro histórico permite realizar diversos estudios de ingeniería costera y portuaria (p. ej. estudio del clima de oleaje en puertos, estudio de la erosión costera y retroceso de acantilados...). En este proyecto, el objetivo es el análisis cuantitativo del recurso surf en la región, desde el punto de vista de la calidad y la surfeabilidad de las olas.

2. Metodología

La información del oleaje en aguas profundas, procedente de un modelo de circulación global de oleaje, se calibra con datos altimétricos de satélite. La transferencia del oleaje de profundidades indefinidas a costa se realiza siguiendo el método híbrido HyWaves descrito en Ricondo el al., (submitted). En la aplicación de esta metodología, un número reducido de estados de mar se selecciona con el algoritmo de clasificación MDA y se propagan con el modelo numérico SWAN. A partir de esta librería de casos independientes y haciendo uso de la técnica de inteprolación RBF, las series históricas de mar de viento y mar de fondo se reconstruyen en puntos espaciados 200 m a lo largo de la costa de Cantabria. Finalmente, la serie histórica reconstruida se ha validado en las boyas costeras de la Virgen del Mar y Santoña (ver Fig.1).

Una vez conocidas las características del oleaje incidente en las rompientes de Cantabria, se define un índice de surfeabilidad basado en las condiciones de oleaje y viento. Este índice clasifica cada estado de mar del registro en una escala de calidad de la ola de 0 a 10.

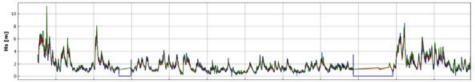


Figura 1. Validación de la altura de ola significante agregada en la boya de la Virgen del Mar, año 2009. En azul, la boya, en rojo, el hindcast y en verde, la reconstrucción espectral del hindcast.

3. Resultados

Obterner un hindcast espectral de alta resolución a lo largo de la costa nos permite establecer un ranking de surfeabilidad espacio-temporal (surf index). En la Fig.2 se pueden observar los resultados del índice de surf en 4 de las rompientes analizadas, donde se puede apreciar a lo largo de un año natural (de izquierda a derecha), la probabilidad de encontrar olas más o menos surfeables. De este modo, playas como el Sardinero o Laredo tienen una estacionalidad muy marcada siendo los meses de invierno los que presentar mejor surfeabilidad. En contraste, las playas de Liencres, Somo y Loredo presentan buenas condiciones de surf a lo largo de todo el año.

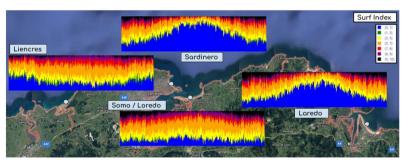


Figura 2. Probabilidad de ocurrencia de olas de distinta calidad en 4 rompientes del litoral.

4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto "Hidrodiversidad, patrimonio azul y desarrollo sostenible: Diagnóstico y propuestas de actuación sobre el surf en Cantabria" (2020), concedido por el Gobierno de Cantabria a través de la Consejería de Universidades, Igualdad, Cultura y Deporte y con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. ARu agradece la financiación de la beca Juan de la Cierva Incorporación IJC2020-043907-1 / MCIN/AEI / 10.13039/501100011033 v de la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR.

Referencias

RICONDO, A., CAGIGAL, L., RUEDA, A., RIPOLL, N., & MÉNDEZ, F. J. (submitted 2022). "HyWaves: Hybrid downscaling of multimodal wave-climate in small Pacific Islands". Ocean Modelling.





Evaluación de los datos de oleaje de proyecciones climáticas en la costa española

María Suárez-Bilbao, Melisa Menéndez, Adrián Acevedo, Marta Ramírez-Pérez, Héctor

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, maria.suarezbilbao@unican.es

1. Introducción

La generación de bases de datos de proyecciones climáticas con una resolución temporal y espacial suficiente para analizar el litoral en detalle es una tarea fundamental para llevar a cabo una adecuada evaluación de los impactos asociados al cambio climático en la costa. En este sentido, surgen diferentes iniciativas nacionales e internacionales que dan lugar a la obtención de bases de datos de proyecciones de oleaje de diferente resolución espacial.

El presente estudio se centra en el análisis de las diferentes bases de datos de proyecciones de oleaje disponibles, lo que incluye una revisión de las señales de cambio que cada base de datos proporciona. En línea con los estudios presentados en el quinto informe (AR5) del IPCC, se analizaron los cambios obtenidos en periodos futuros de 20 años, para el cortomedio plazo (2026-2045) y para el largo plazo (2081-2100), ante dos escenarios de emisión (RCP4.5 y RCP8.5). Debido a la incertidumbre inherente a la evolución futura para cada escenario de cambio climático, se han estimado proyecciones de cambio climático procedentes de varias simulaciones o modelos climáticos, y evaluado el cambio medio así como la robustez en los resultados de cambio. En este trabajo se describen las características de cada base de datos, sus particularidades para su utilización a lo largo de la costa española y las señales de cambio en diferentes parámetros del oleaje obtenidas.

2. Bases de datos disponibles

La variable climática de oleaje no se incluye en las simulaciones de los modelos climáticos generales que se recogen en el IPCC-CMIP. Por ello, las proyecciones climáticas de oleaje se desarrollan a partir de su forzamiento principal (i.e. campos de viento superficiales marinos) que sí proporcionan estos modelos. Las bases de datos disponibles en nuestras costas presentan tres escalas espaciales:

2.1. Proyecciones de oleaje a escala global

Estas bases de datos suelen presentar una resolución espacial entre 0.5-1º (>50km). En esta categoría destaca la iniciativa internacional COWCLiP, que se encarga de reunir las simulaciones de oleaje globales existentes y realiza evaluaciones conjuntas de la magnitud esperada en los cambios, así como una mejor evaluación de la incertidumbre asociada a los

mismos. La información de cambio disponible de estos datos suele ser la altura de ola significante, aunque estudios emergentes han analizado también los cambios en los periodos y dirección media del oleaje.

2.2. Provecciones de oleaje a escala regional

La información procedente de estas bases de datos proporciona información útil a escala nacional, pues su resolución espacial está en torno a los 10km. Se dispone de información en todas las costas españolas de diferentes parámetros del estado de mar. Además, se cuenta con particiones espectrales, lo que hace idóneo su uso para aplicación en técnicas de downscaling costera.

2.3. Proyecciones de oleaje a escala costera

Estas bases de datos tienen como objetivo alcanzar una resolución espacial tal que se consideren los procesos de transformación del oleaje próximos a la costa. Los datos proporcionan series temporales horarias de los parámetros del estado de mar, lo que permite su uso para la evaluación de impactos en playas y puertos. En este trabajo se ha evaluado la base de datos DOW -Proyecciones, con resolución de ~100m, para las regiones de Galicia, Asturias, Cantabria, Murcia y Canarias.

Análisis de los resultados de las proyecciones climáticas de oleaje 3.

El objeto de este estudio es evaluar las bases de datos de oleaje para las tres escalas espaciales, así como las señales de cambio que proporcionan y su incertidumbre asociada. Para ello se ha evaluado su destreza para simular el clima presente mediante comparativa con datos históricos, se describe la corrección del sesgo para su posterior uso en análisis de impactos y se discute la diferente información de señal cambio que proporciona cada escala espacial así como su utilidad en aplicaciones ingenieriles.

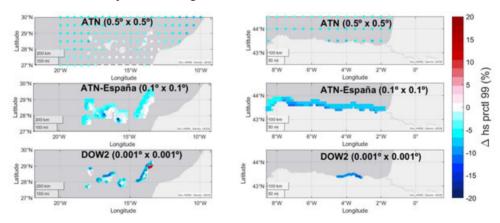


Fig. 1 Cambios en el percentil 99% de la altura de ola significante (Hs) para el largo plazo (2081-2100) del RCP8.5 en las regiones de Canarias (izqda.) y Cantabria (dcha.) en las tres escalas espaciales analizadas. Cambios expresados en tanto por cien respecto a la base de datos histórica.





Predicción estacional de la actividad de ciclones tropicales en el Pacífico Sur

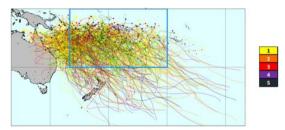
Andrea Pozoa, Sara O. van Vlotenb, Laura Cagigalc v Fernando Méndezd

a,b,c,dGrupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria.

^aandrea.pozo@unican.es, bsara.ovanvloten@unican.es. c laura.cagigal@unican.es, dfernando.mendez@unican.es

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un modelo de predicción estacional de ciclones tropicales (CTs) para un área objetivo en la cuenca del Pacífico Sur; a través de técnicas estadísticas basadas en el clima. Este modelo es de particular interés para predecir el riesgo y la ocurrencia de futuros de CTs en un área donde son el desastre natural más destructivo. Los CTs provocan fuertes vientos y especialmente graves inundaciones, que llevan a numerosos daños materiales y son la causa de mortalidad y lesiones. Por lo tanto, es fundamental hacer una predicción adecuada a escala estacional, que ayudaría a tener una gestión óptima del riesgo de inundación para la preparación de estos eventos y a mejorar la resiliencia de los Pequeños Países Insulares en Desarrollo (SIDS) en el Pacífico Sur.



Trazas de CTs inlcuidas en la base de datos de IBTrACs que atraviesan la zona objetivo.

2. Metodología

Primero, se ha explorado la relación entre la génesis de los CT y dos predictores a gran escala: un tipo de tiempo anual (AWT) que caracteriza la oscilación asociada con el patrón del Niño; y la Oscilación de la Madden-Julian (MJO), para obtener patrones característicos a gran escala.

A continuación, se centra la atención en el papel de la temperatura superficial del mar (SST) y la profundidad de la capa mixta (MLD) como variables predictoras de la actividad de los CTs. Para ello, se desarrolla un modelo de downscaling estadístico que identifica los patrones de SST-MLD a gran escala como las variables predictoras de la tasa de incidencia de actividad ciclónica como predictando. Para el modelo estadístico se ha agrupado la información de SST, MLD y el valor de presión mínima de la traza del cicón en el periodo de 1989-2019, para crear un nuevo índice predictor de la actividad ciclónica. Este índice se divide posteriormente en 49 situaciónes sinópticas o tipos de tiempo, obtenidos combinando tres técnicas de minería de datos: (1) análisis de componentes principales, (2) algoritmo de clasificación k-medias y (3) un criterio de similitud para una visualización intuitiva de los patrones. Condicionado a la situación sinóptica se obtiene el número medio diario de CTs que atraviesan el área objetivo, dividida en celdas de 8x8º (predictando). Esto permite generar, una vez conocidos los campos espaciales del índice, mapas de predicción a diferentes escalas temporales.

3. Resultados

El modelo construido se valida para el año 2020 mediante la comparación de la estimación de la actividad esperada en cuanto al número e intensidad de CTs, frente a los registros históricos de la temporada.

Una vez validado el modelo para un año, se repite el proceso para la predicción estacional de los CTs. En este caso, se ha creado la predicción de CTs para temporadas pasadas a partir de datos de reforecast, observando que el rendimiento del modelo depende en gran medida de la calidad de los datos de predicción, los cuales tienen margen de mejora. Como ejemplo de aplicación, se han utilizado los datos de forecast del día 12 de enero de 2022 y se ha creado la predicción de la actividad de CTs para los próximos 9 meses (Figura 2).

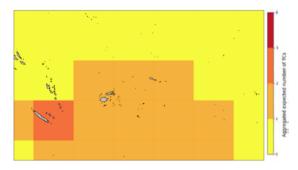


Figura 2. Predicción estacional de la actividad de ciclones tropicales de la próxima temporada a día 12/01/2022

4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.





Desarrollo y validación de la Superficie de Referencia Vertical para Hidrografía (SRVH). Aplicación de una red multipropósito para la medida del Nivel del Mar con técnicas GNSS de alta precisión

José-Manuel Quijano^a, Marcos Larrad^a, Rafael Molina^b, Alberto Rodríguez^b, David Rodríguez^b, Álvaro Campos^b, Begoña Pérez-Gómez^c, José-Antonio Sánchez-Sobrino^d. ^aDpto, Geodesia y Oceanografía, Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), (D. jquide@fn.mde.es; ^bDoto, Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). [D. rafael.molina@upm.es: cÁrea de Medio Físico, Puertos del Estado (PdE), bego@puertos.es; d Servicio de Programas Geodésicos, Instituto Geográfico Nacional (IGN), , jassobrino@mitma.es.

Introducción 1.

El IHM es responsable por R.D. 1071/2007 de 27 de julio de definir la referencia vertical de la cartografía náutica, que debe ser definida y publicada. Esta referencia vertical es calculada en la actualidad a partir de medidas discretas, por lo que no existe una continuidad en la evolución espacial ni tampoco existe una correlación continua con el nivel de referencia de la cartografía terrestre, que sí está ya representado por una superficie continua. El objetivo del proyecto es desarrollar y poner a disposición pública una superfície georreferenciada, en la que quedaría definida la referencia vertical náutica en cualquier punto de las aguas españolas, y cuya responsabilidad de Estado recae en el IHM.

Los resultados de este proyecto son de interés general para el Estado y para la Armada, por sus múltiples aplicaciones, tales como batimetrías, operaciones anfibias, determinación de línea de costa, operaciones y obras portuarias, determinación de cotas de inundación o gestión de catástrofe, entre otras. Esta nueva superficie de referencia vertical para hidrografía permitirá integrar en la misma referencia los datos de la franja marítimo costera y aislar las medidas de los movimientos terrestres

Metodología y Resultados

Para llevar a cabo el proyecto, se determina la necesidad de desarrollar y poner en marcha una nueva generación de equipos de monitorización del nivel del mar de alta precisión, utilizando técnicas GNSS, y la integración de estos datos en un sistema de oceanografía operacional que permitan mediciones del nivel del mar en aguas someras y profundas para materializar la superficie en estas zonas, después de homogeneizar y asimilar todos los datos de mareas válidos para el cálculo de la SRVH.

Desarrollo y validación de la Superficie de Referencia Vertical para Hidrografía (SRVH). Aplicación de una red multipropósito de medida del Nivel del Mar de alta precisión con técnicas GNSS de alta precisión

En 2020, a través de una asistencia técnica llevada a cabo por la UPM, mediante su spin-off Deep Insight, se desarrolla esta nueva tecnología de monitorización multipropósito y de bajo coste, para su instalación en boyas y mareógrafos referidos al elipsoide en tiempo real utilizando técnicas GNSS-PPK.



Fig. 1 Nueva generación de equipos de medida del nivel del mar de alta precisión con técnicas GNSS. Fuente: Deep Insight-IHM (2021)

Esta nueva generación de equipos de monitorización se integra de forma automática en un sistema de oceanografía operacional denominado GuAPETON, que permite la gestión de los equipos y la visualización, publicación y explotación de datos brutos y procesados mediante sistemas automáticos de análisis y procesamiento. Este sistema constituye una herramienta global que facilita la labor del IHM en la materialización de la SRVH.



Fig. 2 Sistema de oceanografía operacional GuAPETON. Fuente: Deep Insight-IHM (2021)

Los nuevos equipos de monitorización han sido validados por el Dpto. Geodesia y Oceanografía del IHM, haciendo comparativas directas con equipos de medida de nivel del mar comerciales en zonas de monitorización controladas. Durante el año 2021, y con previsión de continuar en 2022 y 2023, se ha comenzado un proceso de densificación costera de mareógrafos permanentes de control y el despliegue de equipos en las zonas de trabajos de las unidades hidrográficas, utilizando estas nuevas tecnologías, permitiendo la medición de alturas elipsoidales de los ceros hidrográficos en toda la península.

Referencias

España. R.D. 1071/2007, del 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. BOE, 29 de agosto de 2007, núm. 207, p. 35986-35989



Vigilancia de basura marina y vertidos contaminantes con técnicas de Computer Vision

Morell, Mariano^{a,b}; Portau, Pedro^b; Perelló, Antoni^b; Espino, Manuel^a; Grifoll, Manela; and Garau, Carlosb

^a LIM Laboratori d'Enginveria Marítima, UPC-BarcelonaTech, Barcelona, SPAIN: mariano.nicolas.morell@upc.edu, manuel.espino@upc.edu, manel.grifoll@upc.edu;

Resumen

La basura marina y los derrames de contaminantes son dos problemas ambientales de gran importancia en las aguas portuarias y costeras (Byrnes, 2020) por su impacto en el medio marino v en la economía de las zonas portuarias urbanas y las instalaciones de recreo donde la calidad del agua percibida por los usuarios es un activo importante. El desarrollo de técnicas de monitorización fiables y económicas es un elemento clave para el desarrollo de sistemas de gestión ambiental eficientes.

La computer vision es un conjunto de técnicas de computación relacionadas con el proceso de extracción y análisis de información útil de imágenes realizado automáticamente por un sistema informático. Dichas técnicas implican el desarrollo de herramientas teóricas y algorítmicas para lograr la comprensión visual automática. Las principales técnicas actuales de computer vision están respaldadas por el aprendizaje automático, una aplicación de inteligencia artificial que proporciona a los sistemas la capacidad de aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia sin ser programados explícitamente, mediante redes neuronales convolucionales. En el ámbito de la gestión portuaria, se busca automatizar tareas que los humanos pueden hacer con la inspección visual para realizar una monitorización en tiempo real sin la necesidad de vigilancia humana continua. Las técnicas de computer vision se están introduciendo con éxito para funciones de inspección similares en diversos ámbitos industriales y naturales y, específicamente en aguas marinas tanto para monitorización de basura (Gonçalves, 2020) como de vertidos (Bukin, 2021) con fines de gestión ambiental.

Las pruebas realizadas en imágenes obtenidas en el proyecto SPILLSURVEY en el puerto de Palma de Mallorca ofrecen resultados alentadores sobre el potencial de la monitorización apoyada por computer vision para los sistemas de gestión ambiental portuaria. En este sentido, la aplicación de tecnologías de *computer vision* en la gestión ambiental portuaria se presenta como una opción atractiva en las condiciones actuales ya que los sistemas automatizados son económicos y su eficiencia está aumentando rápidamente en comparación

^b Garau Ingenieros, Palma de Mallorca, SPAIN; info@garauingenieros.es.

con los sistemas de vigilancia humana (Figura 1). Sin embargo, existen varias dificultades técnicas que superar para la implementación de tales tecnologías: restricciones de espacio, requisitos de actividad portuaria, condiciones al aire libre, agitación del agua, etcétera.

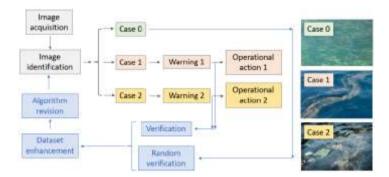


Fig. 1 Esquema del instrumento desarrollado. Fuente: Elaboración propia

En este trabajo se han evaluado las dificultades técnicas en la implementación de dichas tecnologías en instalaciones portuarias y se han establecido los criterios operativos para obtener una herramienta útil de gestión ambiental para la basura marina y los vertidos de contaminantes

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda prestada por Ports de Balears. Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto SPILLSURVEY que recibió financiación de Vicepresidència i Conselleria d'Innovació, Recerca i Turisme del Govern de les Illes Balears a través de la Direcció General d'Innovació i Recerca. Los autores también quieren agradecer a la Secretaria d'Universitats i Recerca del Dpt. d'Economia i Coneixement de la Generalitat de Catalunya (ref. 2014SGR1253), que apoyó a nuestro grupo de investigación.

Referencias

- BUKIN, O; PROSCHENKO, D; KOROVETSKIY, D; CHEKHLENOK, A; YURCHIK, V; y BUKIN, I. (2021). "Development of the Artificial Intelligence and Optical Sensing Methods for Oil Pollution Monitoring of the Sea by Drones" en *Applied Sciences*, 11, 8, 3642.
- BYRNES, T. y DUNN, R. (2020). "Boating-and Shipping-Related Environmental Impacts and Example Management Measures: A Review" en Journal of Marine Science and Engineering, 8, 908.
- GONÇALVES, G; ANDRIOLO, U; PINTO, L; Y DUARTE, D. (2020). "Mapping Marine Litter with Unmanned Aerial Systems: A Showcase Comparison among Manual Image Screening and Machine Learning Techniques" en Marine Pollution Bulletin, 155, 111158.





Identificación de fuentes de basuras marinas en playas en España: aproximación al origen de las basuras marinas encontramos nuestras plavas

Pilar Zorzo Gallegoa, José L. Bucetab, Juan L. Gilc y Marta Martínez-Gild

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX (pilar.zorzo@cedex.es); ^bAsesor técnico (ilbuceta@gmail.com); cSubdirección General para la Protección del Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (jgilgamu@miteco.es); y dSubdirección General para la Protección del Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (mmgil@miteco.es).

1. Introducción

Las basuras marinas suponen uno de los principales problemas ambientales a los que se enfrenta la humanidad y en torno a su problemática existen lagunas de información.

El conocimiento de la procedencia de las basuras marinas que llegan a las playas es clave para poder emprender medidas de gestión adecuadas de esta amenaza para la calidad del medio marino y vigilar su efectividad. Sin embargo, en general es difícil de evaluar ya que si bien muchos de los objetos contabilizados pueden asociarse de manera inequívoca con un determinado origen (un sedal con la pesca o un bastoncillo de algodón con las aguas residuales urbanas), otros muchos pueden no tener un origen único o, incluso, ser imposible de identificar, como es el caso de los objetos fragmentados.

Hasta el momento, la identificación de las diferentes fuentes de basuras marinas en playas por parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en el marco de las Estrategias Marinas de España se ha venido realizando con la metodología propuesta por Van Franker (2013) que considera 4 posibles orígenes (pesca, incluyendo acuicultura; residuos sanitarios y relacionados con las aguas residuales; navegación, incluyendo actividades off-shore, y turismo y actividades recreativas) y asigna a una quinta categoría denominada "otros" todos aquellos objetos que pueden tener más de una fuente o no está clara su procedencia.

Aplicando este enfoque a los datos del Programa de vigilancia de basuras marinas en playas (Programa BM-1) de las Estrategias Marinas para el periodo 2013-2018, resulta que la basura de origen desconocido o que se corresponde con más de una fuente es mayoritaria (50%) (MITECO, 2018). Esto supone un importante grado de indefinición del método de Van Francker (2013) siendo preciso mejorar el método de identificación de fuentes de basuras marinas. Para ello, se ha aplicado la metodología conocida como *Matrix Scoring Technique*, MST (Tudor & Williams, 2004).

2. Materiales y métodos

La técnica MST utiliza una clasificación por probabilidades que incluye las 6 categorías siguientes: muy probable, probable, posible, improbable, muy improbable y no considerado como fuente. Cada categoría se asocia a una probabilidad de que el objeto proceda de una determinada fuente. A cada una de las probabilidades se le asigna una puntuación que permite el cálculo de la proporción sobre el total de las basuras marinas contabilizadas que procede de las diferentes fuentes consideradas ("Sistema E"; Tudor & Williams, 2004).

En la evaluación realizada se han tenido en cuenta 10 fuentes (pesca, acuicultura, aguas residuales, turismo en playa, navegación, agricultura, construcción y demolición, comercio y hostelería, otras actividades en tierra y otras actividades en el mar) y en la tarea de asignación de probabilidades se contó con el criterio de expertos nacionales en basuras marinas que participaron en dos talleres convocados al efecto.

Resultados v discusión

Teniendo en consideración exclusivamente los objetos identificables y aplicando el método MST con el Sistema E de valoración de probabilidades resulta que, para el conjunto de datos correspondiente a la totalidad de playas incluidas en el Programa BM-1 y para el periodo 2013-2018, las cuatro principales fuentes de basuras marinas son, por este orden, el turismo en playa, la pesca, otras actividades en tierra y las aguas residuales.

Si el método se aplica por separado tomando los datos correspondientes a cada demarcación marina española, los resultados obtenidos, a juicio de los autores, resultan de una gran coherencia y vienen a indicar la bondad de este método. Así, por ejemplo, es en las playas de Canarias en las que el uso turístico de las mismas es el mayor responsable de la aparición de basura marina, mientras que los residuos derivados de la pesca aparecen como la principal fuente de basuras en playas del Atlántico, pero no así en el Mediterráneo ni en Canarias.

Referencias

Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) (2018). Programa de seguimiento de basuras marinas en playas. Informe de resultados Periodo 2013-2018. Madrid, 55 pp.

Tudor D., Williams A.T. (2004). Development of a 'Matrix Scoring Technique' to determine litter sources at a Bristol Channel beach. Journal of Coastal Conservation, 9: 119-127.

Van Franeker, J.A. (2013). Survey of methods and data analyses in the Netherlands OSPAR Beach Litter Monitoring program. IMARES, unpublished report, Texel, June 2013, 35 pp.





Procedimientos para la estimación del aporte de microplásticos que llegan al mar a través de los ríos en España

María Plaza-Arroyo^a, Jesús Martínez-Fernández^b y César Gutiérrez-Revilla^c

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, maría.plaza@cedex.es;

jesus.martinez@cedex.es cesar.gutierrez@cedex.es



La Directiva Marco de Estrategias Marinas (DMEM) requiere que los estados miembros desarrollen estrategias efectivas que conduzcan al buen estado ambiental en las aguas de la Unión Europea (UE). Estas estrategias incluyen el desarrollo de programas de medidas que permitan la reducción de la emisión de microplásticos y sus posibles impactos.

Entre las medidas incluidas en dichos programas se incluye la medida BM-14 "Estudio sobre cuantificación de fuentes de microplásticos e identificación de posibles medidas para su reducción en la fuente", para cuyo desarrollo, la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) ha solicitado al CEDEX, la realización de una aproximación al establecimiento de procedimientos para la estimación del aporte de microplásticos que llegan al mar a través de los ríos

Objetivos

Este trabajo tiene como principal objetivo conseguir una estimación de los aportes de microplasticos que llegan al mar desde los ríos españoles, abordando la problemática desde dos perspectivas:

- 1. Estimación teórica, de los aportes de microplásticos al medio marino en una serie de cuencas hidrográficas seleccionadas, aplicando los métodos y criterios descritos en CEDEX (2017), que se detallarán en la presentación.
- 2. Estimación a partir de medidas de campo, para lo cual se han desarrollado diversas metodologías para el muestreo de microplásticos en ríos, que también se describirán en la presentación.

Para la estimación de estos aportes a nivel teórico, se ha procedido al diseño y propuesta de una Red Española de Muestreo de Microplásticos en Ríos (REMMRI), con el objetivo de su posible inclusión en los programas de seguimiento rutinario de microplásticos establecidos por la DGCM en el ámbito de las Estrategias Marinas. Para la estimación teórica de los

aportes de microplásticos al mar a través de cada una de las cuencas hidrográficas que conforman la REMMRI, se han considerado dos fuentes:

- 1) Desgaste de los neumáticos:
- 2) Liberación de fibras en el lavado de prendas sintéticas.

La puesta a punto de los dispositivos de muestreo para la estimación de los aportes de microplasticos a partir de medidas de campo se ha llevado a cabo en el río Ebro, habiéndose diseñado sendos métodos para el muestreo de microplásticos tanto en la superficie (Fig. 1) como en la columna de agua.



Fig 1. Embarcación empleada en la campaña del río Ebro con estructura metálica instalada y red de filtración para superficie

En la ponencia se explicarán, además, los principales resultados obtenidos con sendos procedimientos, a nivel teórico para el conjunto de cuencas y fuentes seleccionadas y en las campañas realizadas en la desembocadura del río Ebro y su correlación con las medidas llevadas a cabo por el CEDEX en diversas zonas de acumulación del Delta del Ebro.

Referencias

- CEDEX, (2017). Estudio sobre identificación de fuentes y estimación de aportes de microplásticos al medio marino, Clave: 23-417-5-001
- CEDEX (2021). Procedimientos para la estimación del aporte de microplásticos que llegan al mar a través de los ríos, Clave : 23-417-5-001 (E.S.T.2017-2021/128)





Análisis experimental del efecto del oleaje en el transporte y dispersión de meso y microplásticos en playas

Paula Núñeza, Alessandro Romanoa, Javier García-Alba, Margot Sáncheza, Andrés P. Mendoza^a, Ana. J. Abascal^a, Andrés García^a, César Vidal^a v Raúl Medina^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, nunezp@unican.es

1. Introducción

El material plástico representa más del 80% de los residuos que llegan al océano (Derraik, 2002). Los residuos de mayor tamaño, macro y mesoplásticos (>5 mm), suponen un importante riesgo para el atrapamiento de la fauna marina (Derraik, 2002), mientras que los microplásticos (<5 mm) incluyen riesgos de ingestión para mamíferos marinos, peces, aves y organismos planctónicos (Galloway et al., 2017), proporcionan un sustrato favorable para el desarrollo de microorganismos indeseables, p.ej., patógenos de pescado (Barnes et al., 2009) y desempeñan un importante papel como portadores de productos químicos tóxicos (Wang et al., 2017). El estado del conocimiento actual sobre los mecanismos que gobiernan el transporte de plásticos presenta margen para amplias mejoras. Un aspecto de estudio de interés actual es aquel que relaciona la hidrodinámica costera y las características (dimensión, forma y densidad) de los fragmentos plásticos (Stocchino et al., 2019; Forsberg et al., 2020 y De Leo et al., 2021). El diseño de experimentos "ad hoc" permitirá adquirir nuevos datos para ampliar el conocimiento disponible y validar modelos predictivos del transporte y distribución de plásticos. Todo ello favorecerá abordar futuros estudios de un modo más eficiente y, por consiguiente, una mejor gestión de la problemática. En este estudio se explora, con base en experimentos de laboratorio, la influencia del oleaje y las corrientes inducidas por el mismo en la distribución de diferentes tipos de residuos plásticos a lo largo de un perfil transversal de playa.

2. Metodología

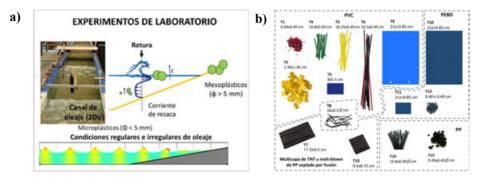


Fig. 1 a) Marco metodológico y b) tipología de los materiales de ensayo.

La metodología utilizada se basa en la realización de ensayos de laboratorio (Fig. 1a). Se utilizó el canal de oleaje 2DV de la ETS de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria, de 20 m de longitud y 0.6 m de anchura. En este canal se construyó una playa recta con fondo fijo y pendiente 1:20 sobre la que se analizó el comportamiento de 15 tipos de plásticos bajo condiciones de oleaje regulares e irregulares. Los residuos objeto de estudio difieren en tamaño (meso y microplásticos), **forma** (elementos rectangulares y cilíndricos de diferentes elongaciones) y densidad (1.34 g/cm3, 1.1 g/cm3, 0.91 g/cm, 0.90 g/cm3 y 0.38 g/cm3) (Fig. 1b).

3. Resultados

Los resultados indican que el tamaño y la forma de los residuos son parámetros clave que determinan su entrada al medio marino. Para los materiales menos elongados, se comprobó que, a menor tamaño de los residuos, mayor era el porcentaje que terminaba en el agua, es decir, mostraban una mayor "tasa de erosión". Para los materiales elongados, se encontró que la tasa de entrada dependía en gran medida de la separación inicial entre los elementos. Si la disposición inicial entre los elementos era muy apilada, formaban enlaces entre sí conformando una nueva unidad elemental que era transportada por el oleaje hacia el límite de run-up. Sin embargo, si los elementos se encontraban separados entre sí, eran capaces de ser transportados hacia medio marino. Una vez en el agua, la densidad y el oleaje son los aspectos clave que determinan la distribución final de los residuos. Durante los ensayos se observó que los materiales con densidad superior a la del agua eran transportados hacia la zona de rompientes donde quedaban acumulados para todas las condiciones de oleaje analizadas. Sin embargo, los materiales con densidad inferior a la del agua se veían arrastrados por las corrientes superficiales onshore y, para las condiciones de oleaje más energéticas, quedaban atrapados en las zonas de surf/playa seca. Cuando las condiciones de oleaje eran moderadas/débiles, estos residuos ocupaban una mayor extensión, abarcando desde la zona de rompientes hasta las zonas de surf/playa seca, donde se contabilizaron las mayores concentraciones.

Referencias

BARNES, D., GALGANI, F., THOMPSON, R., BARLAZ, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Phil. Trans. of the Royal Society B: Biol. Sciences 364(1526), 1985–1998.

DE LEO, A., CUTRONEO, L., SOUS, D., STOCCHINO, A. (2021). Settling Velocity of Microplastics Exposed to Wave Action. Journal of Marine Science and Engineering, 9(2), 142.

DERRAIK, J. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. MPB 44(9), 842–852.

FORSBERG, P. L., SOUS, D., STOCCHINO, A., CHEMIN, R. (2020). Behaviour of plastic litter in nearshore waters: First insights from wind and wave laboratory experiments. MPB, 153, 111023.

GALLOWAY, T., COLE, M., LEWIS, C. (2017). ORE Open Research Exeter. Nat. Ecol. Evol. 1, 116.

STOCCHINO, A., DE LEO, F., BESIO, G. (2019). Sea waves transport of inertial micro-plastics: Mathematical model and applications. Journal of Marine Science and Engineering 7(12), 467.

WANG, W., NDUNGU, A. W., LI, Z., & WANG, J. (2017). Microplastics pollution in inland freshwaters of China: a case study in urban surface waters of Wuhan, China. Sci. of the Tot. Env., 575, 1369-1374.





Análisis numérico y validación de modelo lagrangiano para la dispersión de basuras marinas flotantes en la costa oeste del mar negro

Leidy Maricela Castro Roseroa, Manuel Espino Infantesb y Jose Maria Alsina Torrentc ^a Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Universitat de Barcelona (UB), 🕩0000-0002-9157-9200, lcastrro22@alumnes.ub.edu; b LIM/UPC, 堕 0000-0002-9026-3976, manuel.espino@upc.edu c LIM/UPC, 00000-0002-3055-5379, jose.alsina@upc.edu.

1. Resumen

La contaminación marina causada por desechos plásticos se ha convertido en un tema de interés a nivel mundial por el riesgo que representa para la vida marina y la salud humana. En el Mar Negro, este problema se ha hecho evidente por el gran aporte de desechos que transportan los ríos de varios países en esta cuenca semicerrada.

En los últimos años, se han incrementado los trabajos científicos que buscan recopilar información sobre el comportamiento de los desechos marinos flotantes en el Mar Negro. Desde el conteo y clasificación de estos elementos en costa y mar, hasta su distribución y más recientemente el uso de modelos lagrangianos para identificar patrones de circulación y acumulación de desechos plásticos (Bouzaiene et al., 2021)

LOCATE (Prediction of pLastic hOt-spots in Coastal regions using sATellite derived plastic detection, cleaning data and numErical simulations in a coupled system) es un modelo numérico desarrollado para la predicción de zonas de alta acumulación de desechos plásticos y que ha sido aplicado en zonas costeras como la región litoral de la ciudad de Barcelona. El enfoque costero de este modelo permite que se puedan estudiar procesos relevantes en el transporte de basuras marinas como el "beaching" que aún son pobremente entendidos, por otra parte, su flexibilidad permite que pueda ser adaptado en otras regiones costeras del mundo como en la costa oeste del Mar Negro.

En este trabajo, se propone la configuración y la aplicación del modelo LOCATE con datos de modelos operativos obtenidos de forma libre del CMEMS (Copernicus Marine Service) desarrollados para el dominio regional del Mar Negro. Los datos hidrodinámicos son tomados del modelo de circulación NEMO, v3.6 con una resolución de 1/27° x 1/36° y los datos de deriva de Stokes del modelo espectral de oleaje WAM Cycle 6 con una resolución de 1/36° x 1/27°.

Se realizan simulaciones usando ambos forzantes en conjunto y cada uno por separado para evaluar el aporte de la inclusión de la deriva de Stokes tomada de datos de oleaje. Se

incorpora un análisis de la dispersión en términos de la constante de difusividad. Se hace un enfoque costero en la zona oeste por ser la que presenta mayor riesgo de acumulación según las conclusiones de los últimos trabajos de investigación revisados.

Y finalmente, se comparan dichos resultados con los datos in situ de derivadores rastreados por satélite con el fin de establecer la mejor configuración, observar la concordancia del modelo y validar su uso para la predicción de la dispersión de desechos plásticos en el Mar Negro. Se tienen en cuenta las características de cada derivador para decidir la incorporación de la deriva de Stokes en el modelo, si el tipo de derivador tiene un "drogue" añadido incluir la deriva de Stokes resultará en la sobrestimación de la trayectoria como se observa en la siguiente figura.

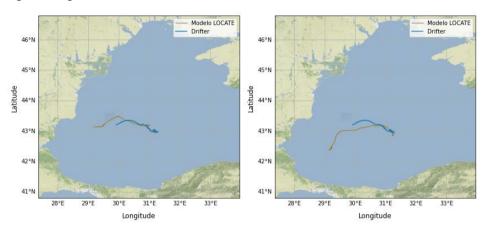


Fig. 1 Comparación de trayectoria resultante del modelo con la trayectoria de derivador SVPB 4674 lanzado el 24 de agosto de 2004. A la izquierda sin incluir la deriva de Stokes y a la derecha incluyendo la deriva de Stokes.

Este trabajo se está desarrollando en el marco del proyecto DOORS (Developing Optimal and Open Research Support for the Black Sea) financiado por la Unión Europea que tiene como objetivo principal la búsqueda de estrategias para mitigar los impactos humanos y del cambio climático en el ecosistema marino del Mar Negro.

Referencias

BOUZAIENE, M., MENNA, M., ELHMAIDI, D., DILMAHAMOD, A. F., POULAIN, P. M. (2021). Spreading of lagrangian particles in the black sea: A comparison between drifters and a high-resolution ocean model. Remote Sensing, 13(13).





Aplicación de la ROM 5.1 en el Puerto de Santander

José A Juanes^a, Beatriz Echavarri-Erasun^a, Ana de los Ríos^a, Francisco Javier Bárcena^a, Andrés García^a, Felipe Fernández^a, Susana Rubio^b, Christian Manrique^b

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, E-mail addresses and ORCID ID: José A. Juanes (juanes)@unican.es) 0000-0003-1825-2858), Beatriz Echavarri (beatriz echavarri @unican.es), Ana de los Ríos (ana.delosrios @unican.es), Fco. Javier Bárcena (javier.barcena@unican.es), Andrés García (andres.garcia@unican.es), Felipe Fernández (felipe,fernandez@unican.es), Susana Rubio (susana@puertosantander.com), Christian Manrique (Christian Manrique@puertosantander.com).

1. Introducción

Desde la aprobación por Puertos del Estado (PdE) de la revisión de la Recomendación de la Calidad de las Aguas Litorales en áreas Portuarias (ROM 5.1-13), este instrumento de gestión ha sido aplicado en una parte importante de los puertos de la red estatal, poniendo en evidencia su capacidad para conjugar adecuadamente los imperativos socio-económicos, legales, técnicos y ambientales en el esquema portuario. Al mismo tiempo ha permitido jugar un papel determinante en la determinación de los requerimientos ambientales requeridos para la evaluación de la calidad de las masas de agua declaradas como "muy modificadas", facilitando la colaboración de las autoridades portuarias en el proceso de planificación hidrológica requerido por la Directiva Marco del Agua. La Autoridad Portuaria de Santander (APS)se adherió a dicho sistema de gestión de la calidad de sus aguas desde su primera fase de implementación. Los nuevos requerimientos ambientales requieren, no obstante, abordar nuevos retos relacionados con otras fuentes contaminantes, aspecto que motivó el interés por proceder a una actualización de la aplicación de dicha Recomendación y a la consideración de nuevos retos. Por ello, se planteó el presente trabajo en el que se abordan ambos aspectos.

2. Metodología

La aplicación de la ROM 5.1 en el Puerto de Santander se ha llevado a cabo mediante el desarrollo de los cuatro programas de actuación en los que se estructura esta herramienta. 1) El programa de Delimitación y Tipificación de las Unidades de Gestión Acuática Portuarias (UGAP) permite ordenar el medio acuático portuario, en función de los usos y actividades que albergan, sus características físicas e hidromorfológicas y sus condiciones hidrodinámicas. 2) El programa de Evaluación y Gestión de Riesgos Ambientales permite la localización y caracterización de las emisiones contaminantes, con el fin de evaluar la incidencia que tienen dichas emisiones sobre las aguas litorales de la zona portuariay proponer, si fuera necesario, las medidas dirigidas a minimizar las repercusiones ambientales

de las citadas emisiones contaminantes. 3) El Programa de Vigilancia de la Calidad Ambiental facilita la información requerida para conocer el estado y la evolución en el tiempo de la calidad de las unidades de gestión establecidas en la zona portuaria. Por último, 4) el Programa de Gestión de Episodios Contaminantes, posibilita la detección y clasificación de los episodios contaminantes ocurridos en la ZSP de cara a coordinar las actuaciones requeridas para minimizar sus efectos. La aplicación se ha llevado a cabo de acuerdo con lo la ROM 5.1-13, utilizando toda la información proporcionada por la APS sobre autorizaciones de vertido, usos portuarios, episodios contaminantes, etc y la información de la Red de Calidad del Litoral de Cantabria del Gobierno de Cantabria, de los años 2010-21.

3. Resultados

La aplicación de los distintos programas de actuación de la ROM 5.1-13 en el Puerto de Santander permitió establecer una nueva delimitación de las UGAP de la Zona de Servicio Portuario (ZSP), incluyendo un total de siete Unidades, seis de las cuales son de transición muy modificadas y una costera natural.

El programa de Evaluación y Gestión de Riesgos Ambientales resultó en la valoración de 89 emisiones puntuales y 4 fuentes potenciales de contaminación difusa. Las emisiones puntuales se han asociado, principalmente, con vertidos de empresas, aguas pluviales v alivios de la red de saneamiento municipal, mientras que todas las emisiones difusas están relacionadas con operaciones de carga y descarga de graneles sólidos. Ninguna de las emisiones identificadas presenta un nivel de riesgo alto, por tanto, se ha considerado que no se requiere la adopción de medidas inmediatas para reducir el riesgo asociado.

El programa de Vigilancia de la Calidad ambiental constató que, durante el periodo analizado, la calidad de la UGAP Costa se ha cumplido de forma reiterada los criterios establecidos. Por su parte, la calidad ambiental de las UGAP de transición muy modificadas también cumplieron, en general, con los criterios de calidad, constatándose una mejoría de la calidad biológica y físico-química de las aguas, salvo en alguna de sus dársenas, en la que se observa una mayor variabilidad, con incumplimientos puntuales en la calidad de sus sedimentos, que compromete temporalmente su calidad global.

Por último, se realizó un análisis de la gestión de 141 episodios contaminantes detectados entre los años 2010 y 2020, siendo el 2019 el año en que se registró un mayor número de episodios, todos ellos gestionados internamente con los medios de la APS.

Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca dentro del Contrato de Investigación para la asistencia en la gestión de las aguas litorales en la zona de servicios de la Autoridad Portuaria de Santander.





Ensayos en modelo físico 3D de agitación y buques atracados de la ampliación de la Dársena de Escombreras

Juan Piñero Coloma a, Antonio Baonza Gonzálezb, Diana de la Lama Jiménez v José María Valdés Fernandez de Alarcón^d

^a CEDEX-CEPYC, , juan.pinero@cedex.es; ^b CEDEX-CEPYC, , Antonio.Baonza@cedex.es, °CEDEX-CEPYC, , diana.delelama@cedex.es y d CEDEX-CEPYC, , jose.M. Valdes@cedex.es.

1. Introducción

La Autoridad Portuaria de Cartagena (APC) tiene prevista la ampliación de la Dársena de Escombreras mediante la construcción de una explanada destinada al tráfico de contenedores. Dicha ampliación se llevará a cabo en tres fases constructivas.



Fig. 1 Modelo físico. Fuente: CEDEX

2. Ensayos de agitación

En los ensayos de agitación se han evaluado las condiciones de agitación en el interior, en la entrada a las dársenas y en una amplia zona del exterior, en un nivel de agua correspondiente a la bajamar. La escala utilizada en los ensayos fue de 1:100 y los oleajes ensayados son los correspondientes al punto SIMAR más cercano (1958-2019)

3. Ensayos de buques atracados

El objetivo principal de los ensayos de comportamiento de buques atracados es conocer el nivel de explotación y operatividad de los muelles. Para los que se han analizado las amplitudes de los movimientos de los buques así como las tensiones en las amarras y las reacciones en las defensas, cuando se encuentran sometidos a las condiciones de agitación generadas por la acción de los oleajes típicos de la zona.



Los ensayos de buques atracados se han llevado a cabo en la Fases constructivas 1 y 3, bajo la acción de los oleajes de los sectores SSW y SW, ambos con periodos de pico Tp = 7 s y Tp = 9 s.

Los tipos de buques ensavados fueron: un Portacontenedores de 294 m de eslora amarrado en el Muelle de Contenedores; un Bulkcarrier de 103 m de eslora amarrado en el Muelle Polivalente y en el Muelle Sur; Un Petrolero de 93 m de eslora amarrado en el Pantalán Bastarreche en el Atraque Norte y en dos situaciones, con paramento permeable (situación actual) y con paramento vertical (no permeable); y un buque tipo LNG de 222 m de eslora amarrado en el Atraque de Metaneros.

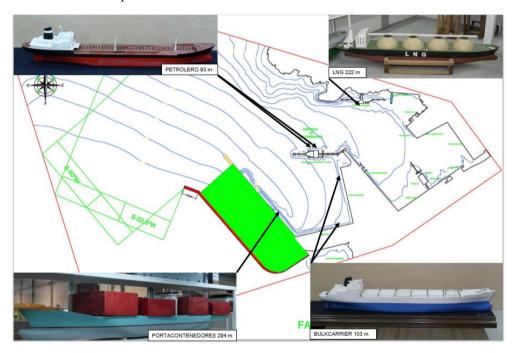


Fig. 2 Buques ensayados y su localización. Fuente: CEDEX

4. Resultados de los ensayos

Una vez realizado los ensayos de agitación se establece que la operatividad en todas las zonas de la dársena de escombreras sigue siendo prácticamente del 100%

Del análisis de los resultados de los ensayos de buques atracados, se deduce que los movimientos horizontales han sido favorables según todos los criterios, ROM y PIANC. Los movimientos verticales han sido poco significativos y los esfuerzos en las amarras y las reacciones en defensas quedan muy por debajo de sus correspondientes cargas de trabajo.





Diques homogéneos de baja cota para la protección de playas y la recuperación de arrecifes de coral

Josep R. Medina^a; M. Esther Gómez-Martín^a; Patricia Mares-Nasarre^a; Mireille Escuderob: Itxaso Odérizb: Edgar Mendozab v Rodolfo Silvab

^aLaboratorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València, jrmedina@upv.es, mgomar00@upv.es, patmana@cam.upv.es, b Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, mescuderoc@iingen.unam.mx, ioderizm@iingen.unam.mx, emendozab@iingen.unam.mx, rsilvac@iingen.unam.mx.

Introducción

El cambio climático y otros procesos antropogénicos están afectando negativamente a una gran variedad de ecosistemas marinos como los arrecifes de coral. En muchas regiones del planeta, el equilibrio de los ecosistemas marinos y el turismo de sol y playa dependen de la salud de los arrecifes de coral, ecosistemas de gran biodiversidad en regresión a escala planetaria desde hace décadas. Los arrecifes de coral generan del orden de mil m³/km² de carbonato cálcico (conchas y restos de animales) que alimentan las playas de forma continuada (Medina et al., 2020) y, además, a corto plazo reducen la energía del oleaje que alcanza la costa durante los temporales (Silva et al., 2016).

Para proteger la playas en zonas de coral en retroceso y replicar el servicio de protección que ofrecen los arrecfifes, Odériz et al. (2018) proponen utilizar diques homogéneos de baja cota (HLCS: Homogeneous Low-Crested Structures) construidos con elementos prefabricados de hormigón. La ventaja de las HLCS radica en su gran permeabilidad, adecuada para la colonización coralina, junto con la facilidad de desmantelamiento y reutilización en caso necesario. Las HLCS pueden construirse con escollera o piezas de hormigón, pueden atraer especies diferentes de peces (como los arrecifes artificiales pesqueros y deportivos) y pueden convertirse en puntos de atracción turística al regenerar el arrecife de coral y los ecosistemas asociados. La Fig. 1 muestra una sección de una HLCS de Cubípodos de cinco capas, Fig. 1(a), y el dique convencional exento (LCS) correspondiente, Fig. 1(b).

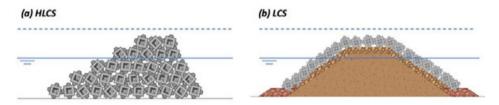


Figura 1. Sección tipo de un dique exento: (a) HLCS de Cubípodos de cinco capas y (b) LCS convencional.

2. Ensavos físicos 2D y ensavos numéricos 3D de colocación

En este estudio se presentan los resultados de ensayos físicos 2D de HLCS de Cubípodos de una, tres y cinco capas (ver Odériz et al., 2018) realizados en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM). Los coeficientes de transmisión son mayores que los correspondientes a diques exentos convencionales de similares características debido a la mayor permeabilidad del núcleo en las HLCS. Además, dado que la energía transmitida depende del francobordo y éste no puede ser modificado cambiando el núcleo, la malla y el proceso de colocación de elementos resultan relevantes para la funcionalidad de la estructura. Para estimar correctamente los coeficentes de capa (ver Keyser and Jacobs, 2020) se han realizado ensayos físicos de construcción realista 3D de HLCS de Cubípodos sobre fondo plano. Las zonas con arrecifes de coral en retroceso pueden ofrecer un sustrato duro, pero raramente es horizontal y resulta conveniente disponer de un método que permita estimar las mallas de colocación idóneas sobre cualquier fondo. Para resolver el problema, Molines et al. (2021) proponen la utilización de un método numérico Bullet Physical Engine (BPE). Este modelo numérico se calibra con los datos de los experimentos físicos de construcción realista sobre fondo horizontal. Las mallas y procedimientos de colocación son críticos para el diseño de estas estructuras y en este estudio se presenta un método numérico, calibrado con ensayos de colocación físicos, para analizar las mallas de colocación de Cubípodos óptimas para diferentes estructuras.

Referencias

- DE KEYSER, K., JACOBS, E., 2020. La literature review on low-crested and submerged structures. MSc. thesis, Ghent University (BE), June 2020.
- MEDINA, J.R., GÓMEZ-MARTÍN, M.E., MARES-NASARRE, P., ESCUDERO, M., ODÉRIZ, I., MENDOZA, E. y SILVA, R. (2020). "Homogeneous low-crested structures for beach protection in coral reef areas" en *Proceedings of virtual Conference* in Coastal Engineering 2020, No 36v(2020): papers.59.
- MOLINES, J, CENTI, R., DI RISIO, M. y MEDINA, J.R. (2021). "Estimation of layer coefficients of Cubipod homogeneous low-crested structures using physical and numerical model placement tests" en Coastal Engineering, ELSEVIER, 168 (2021) 103901.
- ODÉRIZ, I., MENDOZA, E., SILVA, R. and MEDINA, J.R. (2018). "Stability and hydraulic performance of a homogeneous Cubipod low-crested mound breakwater" en Proceedings 7th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastlab 2018), Santander (Spain).
- SILVA, R., MENDOZA, E., MARINO-TAPIA, I., MARTÏNEZ, M.L. y ESCALANTE, E. (2016). "An artificial reef improves coastal protection and provides a base for coral recovery" en Journal of Coastal Research, 75, 467-471.





Ensavos Experimentales para la instalación de una conducción flotante en Blackfriars bajo el desarrollo del Proyecto Thames **Tideway**

Quesadab, César Enamoradob, Enrique de Faragóc

- ^a IHCantabria Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, (sarmientoi@unican.es, guancher@unican.es, david.blanco@unican.es, alvaro.alvarez@unican.es)
- ^b Ferrovial Construcción (figuesada@ferrovial.com, c.enamorado@ferrovial.com).

1. Introducción

Dentro del proyecto Thames Tideway, y más concretamente en la zona de Blackfriars Bridge Foreshore Site (BLABF), la localización del aliviadero en una zona protegida y justo debajo del puente de Blackfriars, impidió la construcción en seco de la conducción de agua (culvert) que va desde el aliviadero hasta el colector principal (Fig1). Teniendo en cuenta todo lo anterior, la decisión adoptada (Ferrovial y Laing O'Rourke), fue la construcción en seco de una conducción flotante a 100m de distancia de su ubicación definitiva. La construcción del culvert (3700 toneladas, 95m eslora, 7m manga, 7m puntal) se llevó a cabo mediante la construcción de un tablestacado ubicado a 100 metros de su posición definitiva. Una vez finalizada su construcción el culvert se flotó y se desplazo hasta su ubicación definitiva, mediante el uso de tres líneas de fondeo operadas a través de tres winches (un en proa y dos en popa)

Bajo el marco de este proyecto, la maniobra de flotado, transporte e instalación de la conducción flotante fue previamente evaluada a partir de un conjunto de ensavos experimentales llevados a cabo en las instalaciones del IHCantabria. Dentro de este trabajo se muestra la metodología seguida para llevar a cabo los ensayos experimentales, así como los resultados mas importantes observados durante la ejecución de las pruebas a escala reducida

2. Metodología

Los ensayos experimentales se llevaron a cabo en las instalaciones del IHCantabria (Fig1). Dada la singularidad del proyecto se construyó un nuevo canal ad-hoc que permitió reproducir fielmente las condiciones hidrodinámicas del rio Támesis. El nuevo canal construido, tenia 7 metros de ancho, 26 metros de largo y 0.75m de alto. El canal se equipo con un sistema de bombeo capaz de reproducir fielmente el ciclo de marea tanto en nivel de agua como en velocidad de las corrientes (diversos instrumentos para la medición de las corrientes y el nivel de agua fueron instalados en el tanque). El tanque también fue equipado

^c Robert West-Proes (EnriqueFarago@robertwest.co.uk).

con un conjunto de ventiladores portátiles capaces de simular las cargas aerodinámicas introducidas por el viento. Por último, el oleaje producido por el alto tránsito de embarcaciones marítimas fue simulado mediante un barco manejado por control remoto.

Los ensayos experimentales fueron llevados a cabo a una escala de 1:25 y todos los elementos fueron escalados aplicando las leyes de semejanza de Froude (Hughes, 1993). El culvert flotante fue diseñado en acero, respetando tanto la geometría exterior como la matriz de masas (centro de gravedad e inercias). Por su parte el sistema de fondeo, fue simulado mediante un cable, muelle y un winche por cada una de las tres líneas. Con el objetivo de simular correctamente la maniobra de instalación del culvert, se reprodujeron a escala de laboratorio todos los elementos que podían tener algún tipo de influencia en las dinámicas del río: Tablestacado, pontonas auxiliares, paredes del río, fenders, pila del puente de Blackfiars, etc. Con relación a la instrumentación, tanto los movimientos del culvert (DoFs) como las tensiones en las líneas fueron monitorizadas durante toda la campaña de ensayos experimentales.

3. Plan de Ensavos

El plan de ensayos estuvo compuesto por diversos ensayos donde se combinaron diferentes condiciones de carga (ciclo de marea, oleaje, viento y corrientes).

Por otra parte, el control de los winches se llevó a cabo siguiendo tres estrategias:

- Implementación de cargas pre definas en el sistema de fondeo: En función de la posición del culvert la fuerza aplicada sobre cada una de las líneas se modificaba automáticamente siguiendo una ley previamente definida
- Operación Manual: Control manual de los winches por parte de los instaladores del culvert flotante.
- Operación Automática: La maniobra fue realizada mediante un sistema de control de posicionamiento dinámico. El culvert siempre mantenía una travectoria pre-definida mientras las cargas de las líneas se modificaban automáticamente para mantener dicha travectoria.

4. Resultados / Conclusiones

La campaña de ensayos experimental permitió validar/mejorar la maniobra de instalación del culvert. Gracias a la implementación del sistema dinámico, la envolvente las tensiones en el sistema de fondeo fue obtenida (cargas máximas y mínimas esperadas para completar la maniobra). Por último, la implementación del sistema de control de winches manual permitió el entrenamiento del equipo de instaladores.

5. Agradecimientos

Los resultados mostrados se engloban dentro del proyecto Thames Tideway. Los autores quieren agradece a Tideway, Ferrovial y Laing O'Rourke por el soporte recibido en esta investigación.

Referencias

S. A. Hughes, Physical Models and laboratory techniques in coastal engineering, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1993.



Análisis de los efectos de escala en ensayos de rebases en modelo físico

José María Valdés Fernández de Alarcóna, Montserrat Vílchez Solísb, José Lozano Pedroche^c, César Gutiérrez Revilla^d, Alberto López Pecharromán

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX), D. jose.m.valdes@cedex.es; ^bMontserrat Vílchez Solís, D, myilchezsolis@gmail.com centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX), D. iose.lozano@cedex.es: dCentro de Estudios de Puertos v Costas (CEDEX). cesar.gutierrez@cedex.es: ^eCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX). alberto.lopez@cedex.es

1. Introducción

Este trabajo de investigación se enmarca dentro de las actividades de I+D+i que se llevan a cabo en el CEDEX para la empresa pública Puertos del Estado. El estudio se llevó a cabo en sus diferentes fases entre los años 2016 a 2019, y consistió básicamente en la realización de ensayos de rebase sobre secciones tipo de diques de abrigo (vertical y en talud) con un doble objetivo:

- Análisis de los diferentes efectos asociados al rebase del oleaje sobre obras de abrigo: tasas de rebase, volúmenes máximos de rebase, impactos de las descargas de agua sobre el lado abrigado.
- Análisis de los efectos de escala en la realización de ensayos en modelo físico para el estudio del comportamiento de estas estructuras frente al rebase.

La presente ponencia tiene como objetivo exponer un resumen de los resultados obtenidos en relación con este segundo punto. Aunque con los métodos empíricos y sobre todo con el desarrollo de los modelos numéricos se han obtenido importantes avances para el estudio de este fenómeno, los ensayos en modelo físico permiten obtener una mayor grado de fiabilidad de estas estructuras frente al rebase.

Los ensayos en modelo físico se han llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Experimentación Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX.

2. Características de los ensayos

Para la realización del estudio se han considerado las dos tipologías principales de diques de abrigo: talud y vertical. En lo que respecta a las condiciones de oleaje de ensayo, se han reproducido diversos estados de mar caracterizados por cuatro periodos de pico (Tp = 8, 11,

14 y 17s) con alturas de ola significante en una rango suficiente para producir situaciones de rebase sobre las estructuras

Con el fin de analizar la influencia del tamaño del modelo en los resultados de los ensayos, éstos se han llavado a cabo para tres escalas diferentes, utilizándose instalaciones de ensayo adecuadas a cada escala:

- Ensavos a escala 1/15 en Canal de Oleaje y Viento para Ensavos a Gran Escala
- Ensayos a escala 1/37,5 en Tanque de Oleaje de 6,5 m de anchura
- Ensayos a escala 1/60 en Canal de Oleaje de 3 m de anchura

La configuración del modelo se mantuvo idéntica en las tres escalas, de manera que pudieran reproducirse las condiciones de propagación del oleaje desde la zona de generación hasta la zona de emplazamiento de la sección de ensayo. Durante los ensayos se tomaron datos relacionados con los efectos producidos por los rebases del oleaje sobre el dique: número de rebases producidos durante la serie temporal de oleaje; volúmenes de agua en cada rebase; volumen total acumulado; impactos producidos por las descargas de agua de rebase sobre el lado abrigado.

A partir de los volúmenes de rebase medidos con diferentes escalas, se obtuvieron resultados acerca de la influencia del tamaño del modelo, observándose que los ensayos realizados a pequeña escala predecían tasas de rebase más reducidas que los ensavos a gran escala. Estas diferencias fueron además más acusadas en el intervalo de descargas de rebase más pequeñas, lo que está relacionado con el concepto de la situación de "inicio del rebase". En la figura 1 se muestran, para el caso de las secciones tipo de dique en talud, los valores de la tasa de rebase y el volumen máximo de rebase obtenidos con cada una de las escalas ensayadas en función del francobordo relativo.

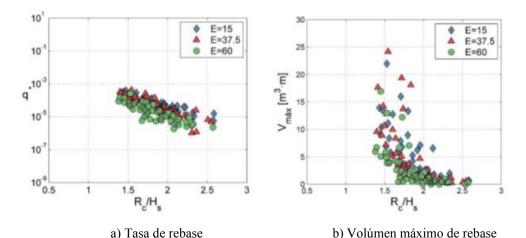


Figura 1.- Resultados de los ensayos





Reflexión, disipación transmisión diques talud. \mathbf{v} en en Condicionantes del método experimental

Pilar Díaz-Carrasco^a, María Clavero^b y Miguel Á. Losada^b

^aDepartamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Sherbrooke, Québec, Canadá, ©0000-0002-9919-6124; pilar diaz carrasco@usherbrooke.ca; bGrupo de Dinámica de Flujos Ambientales, IISTA, Universidad de Granada, mclavero@ugr.es, mlosada@ugr.es.

1. Introducción

El diseño de un dique en talud debe satisfacer que los modos de fallo frente a la seguridad, funcionalidad y operatividad estén acotados durante su vida útil. La mayoría de las fórmulas de diseño están desarrolladas a partir de ensayos en laboratorio. Si su repercusión económica, social y ambiental es relevante, además, el diseño se verifica en el laboratorio (Van der Meer, 1987). En esta ponencia se estudia la transformación de la energía del tren incidente al interaccionar con un dique en talud y su dependencia con los tipos de rotura del oleaje. La experimentación se realizó en el canal de ola-corriente de la UGR con diques en talud homogéneos y permeables, oleaje regular y profundidad constante, h = 0.40 m a pie de dique y pendiente 1:2. A partir de estos datos se discute las limitaciones del laboratorio para representar el oleaje de prototipo.

2. Resultados experimentales: interacción H_{l}/L , h/L y B_{base}/L

En la figura 1 se muestra el espacio muestral de los ensayos realizados en la UGR. Recoge los pares de valores de peralte incidente, H_1/L , y profundidad relativa, h/L. Por colores se representan los tipos de rotura sobre el talud, y las líneas horizontales separan, por rangos de L, el anchura relativa B_{base}/L (siendo B_{base} la base del dique constante). La anchura relativa determina la cuasi-saturación de la reflexión, (Requejo et al., 2002).

En la figura 2 se muestran, en el eje de ordenadas los coeficientes de reflexión y transmisión y la tasa de disipación global (rotura y núcleo) frente al parámetro alternativo de similitud $\chi = \left(\frac{h}{L}\right)\left(\frac{H_{I}}{L}\right)$ (Díaz-Carrasco, 2019), eje de abscisas. Para cada valor de χ la suma de los dos coeficientes y la tasa de disipación global es igual a la unidad. La figura incluye como curva de ajuste funciones sigmoides. Mientras que la mayoría de los resultados se ajustan bastante bien a una curva, los resultados correspondientes a la progresión surging siguen una sigmoide diferente, sensiblemente paralela a la anterior. A pesar de romper en surging existen puntos donde la tasa de disipación es similar a la de las roturas en weak y strong bore.

En la ponencia final se presentará el espacio muestral de las tipologías de dique ensavadas. Se analizará la importancia de los regímenes de flujo (laminar o turbulento) a pie de talud y en el medio poroso y su relación con la transformación de la energía y los tipos de rotura. Además, se discutirá la importancia de ensayar un espacio muestral [h/L, H/L] representativo y ensayar valores de altura de ola relativa H/h menores que los observados en la naturaleza.

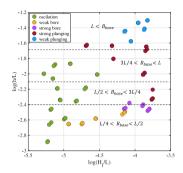


Fig. 1. Espacio muestral [log(h/L), log(H_I/L)]: ensayos dique homogéneo, talud 1:2 (Díaz-Carrasco, 2020).

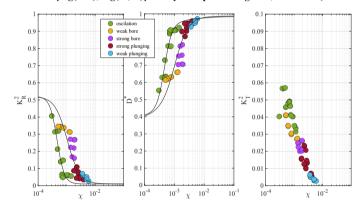


Fig. 2. Transformación de la energía del oleaje y tipos de rotura: ensayos Díaz-Carrasco (2020).

Agradecimientos

Al proyecto ROMpeolas, PID2019-107508GB-I00/SRA/10.13039/501100011033.

Referencias

DIAZ-CARRASCO, P., (2019). Water-wave interaction with mound breakwater: from the seabed to the armor layer. PhD thesis. Biogeochemical fluid dynamics and their applications, U. de Granada.

REQUEJO, S., VIDAL, C. v LOSADA, I.J. (2002). Modelling of wave load and hydraulic performance of vertical peremable structures. Coastal Enginering 46, 249-276.

VAN der MEER, J.W., (1987). Stability of breakwater armor layers design formulae. Coastal. Engineering 11 (3), 219-239.





Estudio de playas tras temporales extremos a través de imágenes de satélite: caso práctico en el litoral de la provincia de Valencia

Patricia Martín Gómeza, Miriam García Olivab y José Francisco Sánchez Gonzálezc ^aCentro de Estudio de Puertos y Costas, CEDEX, , patricia martin@cedex.es; Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, D. Miriam garcia@cedex.es; y Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX. Dose.F.Sanchez@cedex.es.

1. Introducción

En esta ponencia se presentarán los trabajos realizados en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX para el análisis de temporales extremos a través de imágenes de satélite en el marco de la encomienda de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) en la que se ha estudiado la aplicación de técnicas remotas para el seguimiento de la costa. Una de dichas aplicaciones era el estudio del efecto de los temporales en la costa y su evolución tras los mismos.

Del estudio llevado a cabo en el tramo litoral de la provincia de Valencia se presentan a continuación los resultados obtenidos en relación a dos temporales que se produjeron en enero de 2017 y enero 2020 (borrasca Gloria). Para ello se han utilizado líneas de orilla derivadas de las imágenes de satélite, de ahora en adelante SDS (Satellite Derived Shoreline). En concreto, estas líneas han sido obtenidas a partir de las imágenes de satélite obtenidas con los sensores ópticos de los satélites LANDSAT-8 y SENTINEL-2 mediante la herramienta SHOREX (SHOReline Extraction), desearrollada por la Universidad Politécnica de Valencia

2. Datos y metodología

El estudio de la evolución de las playas una vez pasado el temporal se puede realizar mediante técnicas convencionales cuya principal ventaja es la precisión, aunque la resolución temporal es menor y su coste económico es mayor, puesto que se tiene que acotar a zonas pequeñas. Una opción disponible hoy en día es el uso de imágenes de satélite con sensores ópticos que pueden presentar una menor exactitud pero a cambio ofrecen una elevada resolución temporal y una cobertura espacial muy amplia. Por otro lado, presenta desventajas siendo una de ellas la imposibilidad de atravesar la cubierta de nubes.

En este estudio se han analizado los temporales de enero de 2017 y enero de 2020 (borrasca Gloria), ya que tuvieron un fuerte impacto en la costa, siendo en ambos casos eventos que pueden considerarse como extremos.

En cuanto a la información obtenida de imágenes de satélite, el principal problema encontrado ha sido la falta de imágenes disponibles después del temporal de enero de 2017, entre otros motivos porque la cobertura de nubes en la zona de estudio en los tiempos de paso del satélite tras el temporal impidió la obtención de imágenes de las que extraer información durante un gran lapso de tiempo.

El estudio llevado a cabo se ha divido en dos partes. Por un lado, se ha analizado el comportamiento general del ámbito de estudio y por otro lado se han elegido zonas piloto para un estudio de mayor detalle.

El litoral valenciano se ha dividido 51 tramos en función de sus características (morfología, dinámica litoral); estos tramos, a su vez, se han dividido en segmentos de 60 m de longitud. Este tipo de discretización del litoral en dos niveles permite un análisis a diferentes escalas espaciales. Se ha considerado como ámbito general todo el litoral valenciano y las zonas piloto se identifican con alguno de los tramos. Los análisis se han realizado tanto geoespacialmente, como creando un modelo espacio-temporal (MET), que sintetiza toda la información en una gráfica y cuyo proceso de elaboración y explotación se describirá en detalle en la ponencia. Toda la información se ha procesado y analizado utilizando los paquetes de software QGIS y R.

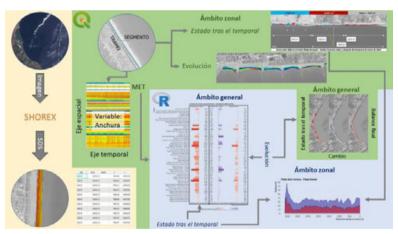


Fig. 1 Resumen de la metodología

3. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que en el caso de temporales extremos se puede estudiar la transformación del litoral tras el paso del temporal y la evolución tras el mismo al menos de forma semicuantitativa. Estos resultados animan a seguir en la elaboración de una metodología que permita obtener datos más precisos y e inmediatos en tiempos posteriores al paso del evento extremo.





Teledetección y evaluación de la dinámica espacio-temporal de líneas de costa en el Delta del Guadalfeo (Granada)

Pedro Otiñar, Pedro Magaña, Marcus Silva, Manuel Cobos y Asunción Baquerizo Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada ᅝ 0000-0002-2149-5642 potinar@ugr.es, 🧓 0000-0002-0223-2425 pmagana@ugr.es, 00000-0002-1575-5145, marcussanta@ugr.es, 00000-0002-5896-3630. mcobosb@ugr.es: 0 0000-0002-3339-0653. abagueri@ugr.es.

1. Introducción

Los avances realizados en las últimas décadas para estimar el comportamiento futuro de la línea de costa no permiten acotar la incertidumbre de las predicciones, debido a la limitada cantidad de datos in situ para la calibración y validación de los modelos. Afortunadamente, la tecnología está proporcionando nuevas fuentes de datos de gran utilidad como los provenientes de la teledetección.

El uso de este tipo de información ha crecido exponencialmente en los últimos años en ingeniería costera ya que, actualmente, su resolución espacial y temporal permiten un análisis más exhaustivo de la dinámica de la línea de costa no sólo para las escalas de tiempo largas, sino también para los cambios a corto plazo asociados a la ocurrencia de eventos de tormenta.

El delta del río Guadalfeo (Granada) es un entorno costero muy alterado, compuesto por material heterogéneo cuya formación geológica reciente está relacionada con la ocurrencia de eventos de lluvia extrema que traen pulsos de sedimentos al sistema, que luego son redistribuidos a lo largo de la costa por dos direcciones alternas -casi opuestas- de procedencia del oleaje (Losada et al., 2011). Desde la construcción de la presa de Rules a principios de siglo a 8 km de su desembocadura, el delta se encuentra gravemente amenazado por la escasez de aporte de sedimentos (Félix et al., 2012).

En este trabajo se presenta una metodología para la teledetección automática de la línea de costa basada en las técnicas conocidas como Satellite Derived Shoreline (SDS) y se muestran los resultados del análisis de la evolución de la costa en el delta del río Guadalfeo a partir de las líneas de costa extraídas de imágenes de distintos satélites.

2. Métodos

Dentro del ámbito de la SDS, se ha implementado un algoritmo en Google Earth Engine a través del cual las imágenes son preprocesadas, co-registradas y finalmente usadas para la detección de la línea de costa.

Para el análisis de los cambios en la línea de costa se han considerado diferentes escalas temporales. La escala interanual permite caracterizar la tendencia del sistema, así como la detección de las secciones o tramos más estables o, por el contrario, más críticos. El carácter estacional se centra en el análisis de la resiliencia del sistema y su comportamiento frente a los agentes forzadores en periodos más y menos energéticos. Por último, se analizan los cambios que se producen a escala de evento, considerando variables como duración, magnitud y dirección de la tormenta. Para cada una de ellas se presentan las tasas de erosión -acreción, así como un análisis probabilístico de su relación con los agentes forzadores.

3. Resultados

En primer lugar se muestra la precisión de las líneas detectadas mediante su comparación con las medidas en campañas de campo. Respecto al análisis de los efectos de cada uno de los agentes en el sistema se aprecia que los problemas de erosión/acumulación a corto-medio plazo se deben no solo a la falta de aportes de sedimento por la construcción de la presa de Rules, sino también al desequilibrio en la alternancia en la dirección de los eventos de tormenta de levante y de poniente. En el congreso se presentará, además, el análisis de la evolución de regeneraciones pasadas, remarcando su carácter efimero.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro del marco de trabajo de los siguientes proyectos: (1) Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático [CONTR2018/66984], y (2) Gestión del riesgo asociado a la erosión e inundación en un escenario de cambio climático y la toma de decisiones sobre concesiones en el dominio público marítimo-terrestre [CONTR2020/194906].

Referencias

FÉLIX, A., BAQUERIZO, A., SANTIAGO, J. M., & LOSADA, M. A. (2012). "Coastal zone management with stochastic multi-criteria analysis". Journal of environmental management, 112, 252-266.

LOSADA, M. A., BAQUERIZO, A., ORTEGA-SÁNCHEZ, M., & ÁVILA, A. (2011). "Coastal evolution, sea level, and assessment of intrinsic uncertainty". Journal of Coastal Research, (59), 218-228.





Avances en la utilización de productos derivados de satélite para la monitorización de la erosión costera en España

Paula Gomes da Silva^a, Jara Martínez Sánchez^a, Raúl Medina^a, Ana García-Flecher^b, Roberto Díaz-Sánchezb, Anne-Laure Beckc, Mohamed Amine Tajic

^{a a}IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, gomesp@unican.es ORCID 0000-0003-4766-8449), jara.martinez@unican.es ORCID 0000-0003-4917-4215) y raul.medina@unican.es O ORCID 0000-0002-0126-2710). bDG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, agfletcher@miteco.es y rdsanchez@miteco.es cArgans Ltd, ALBeck@argans.eu. y amine.taji@acriec.ma.

1. Introducción

En las Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos celebrada en 2019, se presentó el provecto Erosión Costera desde el Espacio (Coastal Erosion from Space – CEFS https://coastalerosion.argans.co.uk). Este proyecto, que entonces acababa de empezar en abril de 2019, tiene por objetivo definir, desarrollar, producir y validar productos y métodos innovadores de observación de la tierra en respuesta a las necesidades de organismos públicos, compañías de ingeniería y otros agentes involucrados en la monitorización de la costa, el diseño o implementación de medidas para la protección de la costa o su gestión. Tras tres años de desarrollos, en la presente comunicación se presentarán los principales resultados alcanzados en el proyecto CEFS, la validación y la aplicación de los productos derivados de satélite al análisis de la erosión costera en la costa española y los retos futuros en términos de monitorización costera a partir de datos de satélite.

2. Desarrollo de productos derivados de satélite en España

El punto de partida del desarrollo de los productos derivados de satélite fueron los requerimientos de varios usuarios finales, quienes identificaron los principales productos necesarios para la monitorización de la costa como líneas instantáneas de la interfaz aguatierra, líneas de costa asociadas a una cota concreta y batimetrías (Figura 1) y determinaron los requisitos necesarios para su utilización de cara al análisis de la erosión costera. El principal usuario final de los productos de satélite en España fue la DG de la Costa y del Mar y también se consultó a usuarios de otras instituciones gubernamentales, centros de investigación y empresas privadas.

Finalmente, los resultados obtenidos en varios sitios piloto en la costa española (el Golfo de Cádiz, el tramo de costa entre Castellón y Sagunto, las playas al sur de Barcelona y la playa de Malgrat en el Delta del Tordera) permitieron evaluar la capacidad de monitorizar los cambios costeros en diversas escalas espaciales (desde cambios locales en escala de playas a cambios regionales en largas extensiones de líneas de costa) y temporales (tras una tormenta o en el largo plazo).



Fig. 1 Ejemplos de los productos derivados de satélite desarrollados para la costa de España.

3. Validación y aplicación a la monitorización de la erosión costera

Los productos desarrollados en cada sitio piloto fueron contrastados con datos medidos en campo, revelando errores de posicionamiento del orden de la mitad del pixel de las imágenes de satélite. El análisis de la utilidad de los productos mostró que pueden ser aplicados para el análisis de cambios en el corto plazo, como la erosión resultante de un temporal, en el medio plazo, como la monitorización de los procesos de rotación de playa, y en el largo plazo, como el análisis de la erosión crónica de la línea de costa. Los datos de batimetría en zonas someras presentaron errores medios menores que 1 m en la profundidad obtenida, por lo que pueden ser aplicados para la identificación cualitativa de las formas del lecho de mayor tamaño (como barras de arena o zanjas de dragado), aunque la detección del fondo se ve muy limitada en situaciones de gran cantidad de sedimento en suspensión en la columna de agua.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la Agencia Espacial Europea (ESA). Los autores agradecen a todos los miembros del consorcio del proyecto Coastal Change from Space su colaboración a lo largo del proyecto. También agradecen a la comunidad de usuarios finales en España todas sus contribuciones.





Levantamiento topográfico de zonas dunares mediante RPAS: Zonas de gran pendiente

Francisco Contreras-de-Villara, Juan José Muñoz-Péreza, Antonio Contreras-de-Villara, Bismarck Jigenaa, Patricia López-Garcíaa,

^aGrupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Universidad de Cádiz, Puerto Real, 11510. Cádiz., juanjose.munoz@uca.es, antonio.contreras@uca.es. francisco.contreras@uca.es. bismarck.jigena@uca.es, patricia.lopezgarcia@uca.es

1. Introducción

El uso actual de sistemas fotogramétricos con drones para la adquisición de datos espaciales en cualquier tipo de ámbito costero tiene el beneficio de un bajo riesgo para el personal que interviene en dicha toma (Barbero et al., 2017), aporta buenas precisiones, aumenta la productividad y disminuyen los costes (Taddia et al., 2020). Todo ello permite la monitorización de más costa y un mayor número de veces. De sobra es conocido el uso y beneficio de esta metodología en zonas de playa con poco desnivel (Contreras, 2020). Sin embargo, su uso en zonas con un desnivel pronunciado (zona de dunas altas y zonas de acantilado) produce grandes distorsiones en los resultados provocando que no se lleguen a las precisiones necesarias (Nesbit et al., 2019).

Esta técnica tiene la dificultad de la alta reflectancia de la arena y su homogeneidad visual. A este tema, ya tratado en estudios anteriores, hay que sumarle la dificultad añadida cuando la playa tiene zonas abruptas o de gran pendiente (caso de zonas de dunas altas o acantilados). En dos fotogramas contiguos el recubrimiento variará en función del desnivel existente entre sus fotocentros. Este hecho incidirá directamente sobre las precisiones obtenidas.

Si bien se ha detectado el problema, hasta el momento no se ha estudiado ninguna solución. Con este estudio pretendemos cubrir esta necesidad, encontrar una metodología óptima que nos permita aplicar la solución cartográfica UAV-SfM en zonas de playas y dunas.

El objetivo del trabajo ha sido introducir la planificación de vuelos tridimensionales (altura variable) y comparar los resultados con los vuelos bidimensionales (altura constante). La metodología de toma de datos cartográficos ha consistido en el empleo de métodos fotogramétricos con aeronaves no tripuladas (drones), en zonas costeras de orografía pronunciada.

El tramo costero elegido por su carácter abrupto, ha sido la duna de Bolonia (Figura 1). Es una zona de especial protección, aporta un valor destacado en los procesos migratorios y se encuentra en buen estado de conservación. La zona de estudio cubre una superficie de 25,7 hectáreas.



Figura 1. Superficie de estudio: Duna de Bolonia (Tarifa, Cádiz)

Bibliografía

- Barbero J.J, L., García-López, S., López-Ramírez, J., A. & Muñoz, "RPAS as a new tool for the study of sand dunes in coastal environments: a case study in the south atlantic area of Spain," 2017.
- Contreras-de-Villar F., Muñoz-Perez J.J., García-Rodríguez F.J, Contreras-de-Villar A., Ruiz-Ortiz V., Lopez, P., Garcia-Lopez, S& Jigena, B "Beach leveling using a remotely piloted aircraft system (Rpas): Problems and solutions," J. Mar. Sci. Eng., vol. 9, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/jmse9010019.
- Nesbit, P.R & Hugenholtz, C.H, "Enhancing UAV-SfM 3D model accuracy in high-relief landscapes by incorporating oblique images," Remote Sens., vol. 11, no. 3, Feb. 2019, doi: 10.3390/rs11030239.
- Taddia, Y., Stecchi, F. & A. Pellegrinelli, "Coastal Mapping Using DJI Phantom 4 RTK in Post-Processing Kinematic Mode," Drones, vol. 4, no. 2, p. 9, 2020, doi: 10.3390/drones4020009.





Análisis de la evolución morfológica de la playa de Zarautz (Gipuzkoa) mediante videometría costera (KOSTASystem) en un contexto de cambio climático

Aritz Abalia^a, Irati Epelde^a, Pedro Liria^a, Manuel González^a, Roland Garnier^a, Julien Madera, Asier Nietoa, Guillem Chusta y Iñaki de Santiagoa

^aAZTI Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), ⁽¹⁾, aabalia@azti.es.

1. Introducción

Con el objetivo de reducir los efectos de la erosión costera a corto, medio y largo plazo en un contexto de cambio climático, es necesario proponer y llevar a cabo medidas y actuaciones. Para cumplir dicho objetivo, el primer paso es comprender el estado y funcionamiento actual de los sistemas sedimentarios. En el presente estudio se muestra el caso piloto de la playa de Zarautz (Gipuzkoa), donde se analiza su evolución morfológica mediante videometría costera.

2. Datos y metodología

Los datos morfológicos de la playa se obtienen mediante la tecnología KOSTASystem (Liria et al., 2021). La estación de videometría ubicada en Zarautz dispone de dos cámaras que cubren la playa emergida e intermareal así como la zona de rotura del oleaje (Fig.1). La resolución espacial de ambas cámaras es, en la zona más cercana (a unos 500 m), de 7 y 30 cm, y en la más lejana (a unos 2400 m), de 30 y 700 cm, en la dirección transversal y longitudinal de la playa, respectivamente. Se dispone de imágenes horarias desde 2010 hasta 2022, y se han analizado un total de 231 imágenes, llevando a cabo un análisis mensual, tanto en condiciones de pleamar como de bajamar.

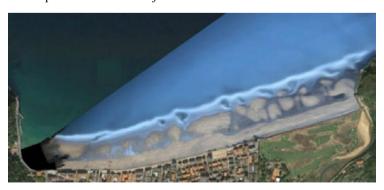


Fig. 1. Imagen ortorectificada de la playa de Zarautz obtenida con la tecnología KOSTASystem.

Los datos de oleaje utilizados en el análisis se obtuvieron mediante propagación del oleaje desde la boya de oleaje de Bilbao-Vizcaya (Puertos del Estado, http://www.puertos.es, 3.08W, 43.63N, 1990-2021) hasta el pie de playa. Los datos de nivel del mar son producto de la serie de marea astronómica del mareógrafo de Pasaia (Diputación Foral de Gipuzkoa, Aranzadi y AZTI, https://www.psmsl.org/data/obtaining/stations/2338.php, 2007-2019).

Mediante el análisis de la evolución de la línea de costa, llevado a cabo a través de las imágenes mensuales, se obtienen los siguientes indicadores morfológicos de la playa: i) área supramareal (área de la playa sobre la pleamar media y bajo el límite de la playa), ii) área intermareal (área de la playa bajo la pleamar media y sobre la bajamar media) y iii) posición de la línea de costa (xyz de la línea de costa en pleamar y bajamar media).

Finalmente, se ha analizado la evolución del estado de la playa, separando la tendencia temporal de la señal estacional en los datos morfológicos mediante la metodología GAMM (Generalized Additive Mixed Models), para relacionarlo con los posibles efectos del cambio climático (Chust et al., 2022) y al efecto, de los eventos extremos del oleaje.

3. Resultados y conclusiones

La respuesta de la playa de Zarautz, a corto y medio plazo, está fuertemente ligada al clima marino. El arenal muestra una estacionalidad marcada, tendencia erosiva en invierno y de acreción en verano, debido a la mayor o menor energía del oleaje incidente. El área supramareal oscila entre 8.000 y 60.000 m², con un mínimo durante el invierno de 2013/2014 y un máximo a finales del verano de 2011.

La tendencia de la playa a largo plazo es erosiva. No obstante, resulta difícil relacionar dicho patrón directamente con el cambio climático debido a la longitud relativamente corta del periodo analizado. La tendencia erosiva de la playa se atribuye al desequilibrio entre la mayor frecuencia e intensidad de los eventos erosivos extremos de los últimos años, frente a la menor tasa de recuperación del arenal en los periodos de baja energía del oleaje.

Referencias

Chust, G. et al., (2022). "Climate regime shifts and biodiversity redistribution in the Bay of Biscay". Science of The Total Environment, 803, 149622.

Liria, P. et al., (2021). "KOSTASystem, a coastal videometry technology: development and applications". En Proceedings of the 9th EuroGOOS International Conference. Shom; Ifremer; EuroGOOS AISBL, May 2021, Brest, France. hal-03329155v1.





Estudios de simulación para programación de accesos de buques a puerto: aplicación a la nueva configuración de la dársena SW del puerto de Palma, Mallorca

José María Grassa Garrido^a, Marta S. Jiménez Saavedra^a, Jorge Nasarre^b.

^aCEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid; jose.m.grassa@cedex.es marta.jimenez@cedex.es; bAutoridad Portuaria de Baleares, Mallorca, jnasarre@portsdebalears.com

1. Introducción

Aunque la disponibilidad de muelles define generalmente la capacidad del puerto, las características de la logística asociada al tráfico en el Puerto de Palma hacen que, aún con niveles reducidos de ocupación de muelles, se puedan producir conflictos en el acceso al puerto, por la coincidencia de operaciones de entrada en una ventana horaria reducida. El estudio de estas situaciones y la propuesta de una programación que permita un tráfico fluido en la nueva configuración de la dársena bajo las condiciones del tráfico actual y el previsible en el horizonte del plan director es el objeto de este trabajo.

2. Metodología

En primer lugar se lleva a cabo un análisis actual a partir de la información facilitada por la Autoridad Portuaria de Baleares y de las características de las operaciones de acceso obtenidas a partir de la base de datos histórica AIS para estudios analíticos(Grassa et al., 2019) generada en el CEDEX con datos de SASEMAR. En este análisis se recurre a la teoría de grafos que permite un análisis semántico de las operaciones (Fig.1) y una valoración estadística de los tiempos de acceso por tipo de buque y muelle.

Para caracterizar las operaciones con la nueva configuración, se lleva a cabo un análisis similar empleando en este caso los resultados de las simulaciones en tiempo real de las maniobras de acceso, para diferentes muelles y buques.

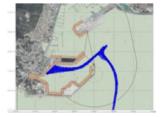


Fig. 1 Acceso buque muelle Paraires datos AIS

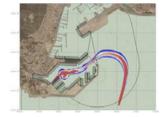
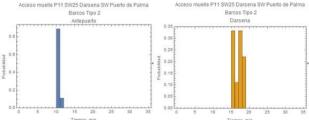


Fig.2 Acceso simulado al muelle P11

Analizando maniobras individuales y también conjuntos de operaciones (Fig.2), aun con limitaciones debidas a las condiciones de simulación, se han obtenido estadísticos previstos para las fases de acceso (Fig. 3), (Tabla 1.).



	Mínimo	Máximo	Medic
Antedársena	10	11	10.11
Dársena	15	18	16.4
Total	25	28	26.55

Tabla 1. Tiempos de acceso

Fig.3 Estadisticos de tiempos de acceso al muelle P11

Posteriormente se aplica un simulador de eventos discretos que funciona con dos reglas de navegación según permita o no la interferencia de algunas operaciones. Como parámetros de funcionamiento el simulador emplea datos tabulados relativos a los atraques de destino y los tiempos medios de ejecución en las operaciones de acceso a antedársena y dársena. El resultado incluye para cada buque tiempo operativo no empleado previo a su llegada y tiempo de espera en las distintas fases. El simulador se emplea para reproducir situaciones actuales y futuras de tráfico y a la vista de los resultados, numéricos y gráficos, permite en sus simulaciones aprovechar mejor los tiempos de inactividad operacional y en su caso, extender los intervalos de llegada para eliminar posibles esperas.

3. Conclusiones

El empleo de datos AIS en situaciones existentes o información equivalente de simulación junto con un grafo de la zona marítima proporciona descripciones concisas de operaciones náuticas para alimentar simuladores de eventos discretos aplicables a estudios de uso de la zona marítima en el diseño portuario y a sus aspectos ambientales. En este caso esa combinación de técnicas ha permitido abordar el estudio del efecto de una modificación del puerto en el desarrollo de las operaciones de acceso y proponer alternativas de programación de tráficos integrando al mayor nivel el estudio de operaciones en el de la propia alternativa.

Referencias

GRASSA GARRIDO, J.M., LLORET CAPOTE, A., MORENO, I., IBAÑEZ. I. y ECHEGOYEN, T.. (2019). "Aplicaciones analíticas de datos AIS: BD histórica, Tráfico Marítimo, y uso de las zonas marítimas de los puertos." en XV Jornadas Españolas de ingeniería de Costas y puertos. Málaga.

RODRIGUE, J.P., COMPTOIS, C. y STACK, B. (2009). Thr geography of transport sistems, 2nd. Routledge.



de la tecnología machine **Aplicación** learning el para dimensionamiento de las operaciones de remolque en un puerto

Gómez Gómez, Antonio^a; Lucio Fernández, David^b; Souto Couceiro, Diego^c; Tomás Sampedro, Antonio^d: García Rodríguez, Julián^e

^a MCVALNERA, agg@mcvalnera.com; ^b IHCantabria, luciod@unican.es; ^c MCVALNERA, dsc@mcvalnera.com; d IHCantabria, tomasan@unican.es; e MCVALNERA, jgr@mcvalnera.com.

El servicio portuario de remolque es uno de los servicios con mayor importancia en el correcto funcionamiento de un puerto. Salvo determinadas excepciones, es imprescindible que la mayoría de buques que entran o salen de aguas abrigadas del puerto hagan uso del servicio, de forma que las operaciones de entrada/salida se desarrollen en condiciones de seguridad y eficiencia. Esta importancia se acentúa cuando se tiene en consideración que es el servicio portuario que presenta tarifas más elevadas, pudiendo suponer para algunos tráficos hasta más del 80 % de los costes de escala asociados a los servicios portuarios.

En este servicio la variable que afecta en mayor medida a los costes del servicio (y por consiguiente a las tarifas) es la amortización o coste de los propios remolcadores, los cuales requieren de inversiones notablemente elevadas. Por ello, es muy interesante para una Autoridad Portuaria y para un puerto, disponer de una herramienta que permita dimensionar y diseñar el servicio de la manera más adecuada y eficiente posible, lo que derivaría en una racionalización de las tarifas y por consiguiente en un incremento de la competitividad.

El dimensionamiento de los medios materiales utilizados en las maniobras de remolque en los puertos españoles (remolcadores), junto con las exigencias de características y número de los mismos, se encuentran determinados en base a la experiencia histórica subjetiva del puerto, considerando la tipología de buques habitual, así como, las condiciones climáticas reinantes. Un correcto dimensionamiento de las necesidades de remolque en el puerto es un aspecto clave no solo para asegurar la ejecución de las operaciones con la confianza de unas condiciones de seguridad adecuadas (y no sobredimensionadas), sino también para incrementar la competitividad económica del puerto.

En este trabajo se ha desarrollado una herramienta predictiva para, aplicando técnicas de machine learning, clasificar, caracterizar y predecir el servicio portuario de remolque. Este proyecto se ha enmarcado en el programa INNOVA 2019 de la Consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio de Cantabria, cofinanciada a través del FEDER 2014-2020 de Cantabria, contando con el apoyo de la Autoridad Portuaria de Santander.

El trabajo ha tenido como objetivo el desarrollo de un marco metodológico para determinar y dimensionar los medios necesarios en cada servicio de remolque con base el histórico de datos, selección de las variables determinantes y aplicación de algoritmos basados en machine learning. Para ello se toma como base el análisis forense del registro de operaciones portuarias producidas en los últimos años. Es decir, de manera resumida, a partir de los resultados de la herramienta se puede inferir el número y características de los remolcadores exigibles en un puerto para que el servicio portuario sea lo más sostenible posible, permitiendo gestionar las operaciones del puerto de manera eficiente, predimensionar y planificar el servicio a futuro y determinar los requisitos de prestación del servicio. De esta manera, la predicción de la flota de remolcadores necesaria para operar el tráfico marítimo se desarrolla al objeto de contribuir a la competitividad, seguridad y optimización de costes en la cadena de suministro. El trabajo ha tenido las siguientes fases diferenciadas:

- 1. Definición de las variables con influencia en el servicio de remolque: buque (tamaño, tipología, carga), portuarias (muelle, atraque, hora, práctico), meteoceanográficas (oleaje, nivel del mar, viento).
- 2. Normalización y pre-proceso de las variables con influencia en el servicio de remolque y creación de las bases de datos.
- 3. Clasificación de las variables con influencia en el servicio de remolque y análisis de la influencia de cada una de las variables determinantes (análisis analítico y cuantitativo y de la significancia univariada).
- 4. Caracterización histórica del servicio y construcción de una metodología de decisión para poder predecir el número de remolcadores y la demanda del servicio sobre eventos a futuro, siguiendo dos técnicas: a) Diagrama de árbol de decisión (observación de datos y definición de reglas de aplicación), b) Programación de algoritmo de inteligencia artificial para *clustering*.
- 5. Caracterización del servicio de remolque en escenarios alternativos. Proyección de la demanda de transporte marítimo a 2050 y 2100, incluyendo dos escenarios futuros de aumento del nivel medio del mar por efecto del cambio climático (RCP4.5 y RCP8.5).
- 6. Diagnóstico y redimensionamiento, evaluando la idoneidad de los medios existentes en el puerto para atender la demanda en el escenario actual y futuros.
- 7. Aplicación y validación de la metodología desarrollada en el proyecto.

Las técnicas aplicadas permiten dar respuesta a cuáles son los requerimientos de servicio de remolque en términos de número de remolcadores, tiro requerido y potencia requerida. Se ha constatado que las principales variables que influyen en el dimensionamiento del servicio son la tipología y el tamaño de buque, es decir, el muelle en el que se atraca/desatraca (orientación y ubicación). La metodología desarrollada ha alcanzado un nivel de precisión del 80 % en la predicción a través del diagrama de árbol de decisión, mientras que el desarrollo y programación del algoritmo de clustering la incrementa hasta el 85%. Finalmente, v con base en las hipótesis adoptadas, el cambio en las dimensiones de las flotas futuras tiene una mayor incidencia que el aumento medio del nivel del mar en el puerto estudiado.





Aplicación de la Inteligencia Artificial a la toma de decisiones en la gestión portuaria: operatividad buque-infraestructura y rebase

Andrés Figuero^a, Humberto Carro^a, José Sande^a, Raquel Costas^a, Christian Souto^a, Alberto Alvarellos^a, Enrique Peña^a, Juan Rabuñal^a, Andrés Guerra^b, Juan Diego Pérez^b ^aUniversidade da Coruña, Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España, andres.figuero@udc.es, humberto.fidalgo@udc.es, enrique.penag@udc.es, D juan.rabunal@udc.es. bAutoridad Portuaria de A Coruña, Avda. de la Marina, 15001 A Coruña, España, 🕩 aguerra@puertocoruna.com, jdperez@puertocoruna.com.

1. Introducción

La globalización de la producción y el consumo, ha fomentado la competencia entre puertos para atraer el mayor número de tráficos a sus instalaciones. En este contexto, disponer de herramientas de ayuda a la toma de decisiones puede suponer un elemento diferencial frente a la competencia. La Autoridad Portuaria de A Coruña ha realizado una apuesta firme por la innovación, trabajando conjuntamente con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidade da Coruña, para el desarrollo de un paquete de herramientas, mediante la aplicación de técnicas propias de la Inteligencia Artificial, capaces de proporcionar predicciones que sirvan como elemento de ayuda a la toma de decisiones en las instalaciones del Puerto Exterior de Punta Langosteira.

2. Generación de la información de partida

El planteamiento para la construcción de los modelos se basaba en la utilización de datos registrados de forzadores océano-meteorológicos, movimientos de buque atracado, incidencias y rebases. Teniendo en cuenta este enfoque, se realizaron cinco campañas de campo (años 2015-2021) para monitorizar tanto los movimientos de los buques como los eventos de rebase. Para ello, se utilizaron equipos de medida inercial, distanciómetros láser y cámaras, instalados en distintas zonas del puerto y en el interior de los buques (Figura 1). Los datos recogidos fueron relacionados con los valores concomitantes de los agentes océano-meteorológicos registrados por los equipos del puerto (boya, mareógrafo y estación meteorológica), dando lugar a las bases de datos utilizadas para obtener las herramientas de predicción (3200 eventos de rebase y más de 2000 horas de monitorización de los movimientos de 77 buques representativos). Durante la última campaña de campo, se instalaron 6 sensores de presión para analizar el fenómeno de la onda larga y su influencia en las operaciones, tanto del muelle principal como del futuro pantalán de petroleros.

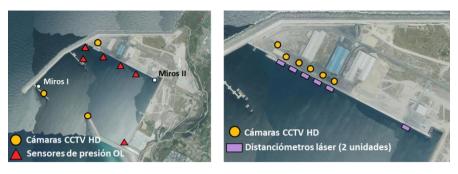


Fig. 1 Equipos de monitorización del rebase, OL (izg.) y movimientos de buque atracado (dcha.)

3. Construcción de los modelos predictivos

Con la información registrada se crearon dos herramientas predictivas utilizando técnicas de aprendizaje Machine Learning: Redes Neuronales Profundas y Random Forest. Dado que los modelos deben funcionar como un sistema de gestión de operatividad, solo se contempló la utilización de variables proporcionadas por el Organismo Público Puertos del Estado y AEMET. De esta manera, la herramienta permite obtener estimaciones de los movimientos o eventos de rebase en un determinado horizonte temporal para la toma de decisiones.

4. Resultados

El resultado más relevante del trabajo realizado es que ambos sistemas son utilizados actualmente de forma operativa por la Autoridad Portuaria. En lo referente a las herramientas de predicción del comportamiento del buque atracado, éstas mostraron un funcionamiento prometedor en términos de RMSE y ajuste (R2), en entrenamiento y validación (Tabla 1). Como resultado adicional, se propuso el criterio de permanencia en el atraque para buques de eslora inferior a 140m en instalaciones del Puerto Exterior de A Coruña, siendo utilizado actualmente como criterio de decisión. En lo que respecta al modelo de rebase, los resultados expresados en la fase de test (un invierno completo), supusieron una mejora notable respecto de los árboles de decisión utilizados en la actualidad para restringir el acceso a las distintas zonas del dique principal (Tabla 1) (http://cma.puertocoruna.com/). Dichos criterios también fueron establecidos a partir del análisis de los datos recogidos en el proyecto, con la inclusión de parámetros influyentes en el fenómeno: viento (velocidad y dirección), zonificación, etc.

Resultados	Bal.	Cab.	Gui.	Alt.	Vai.	Der
R2	1.00	0.99	0.99	0.98	1.00	0.88
RMSE (entr.)	0.04°	0.01°	0.06°	0.01m	0.02m	0.06m
RMSE (val.)	0.20°	0.07°	0.20°	0.06m	0.19m	0.18m

Predicción	Realidad			
rrediccion	Rebase	No rebase		
Rebase	26	42		
No rebase	1	2174		

Tabla 1. Resultados de los modelos predictivos del movimiento del buque (izq) y rebase (dcha).





Nueva metodología hacia caracterización avanzada เเทล multidimensional de la operatividad de buque atracado

Eva Romano Moreno^a, Gabriel Diaz Hernandez^a, Javier L. Lara^a, Antonio Tomás^a ^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

va.romano@unican.es

n gabriel.diaz@unican.es:

iav.lopez@unican.es;

atonio.tomas@unican.es

1. Introducción

La operatividad portuaria en una terminal está fuertemente condicionada por la respuesta del complejo sistema buque amarrado en muelle vs. clima meteo-oceanográfico dentro del puerto. Se trata, por lo tanto, de una coexistencia espacio-temporal de procesos concomitantes altamente multidimensionales, que da lugar a una compleja e intrincada interacción de un alto número de variables, en relación con: a) variables meteooceanográficas (oleaje, viento, nivel del mar, etc.); b) variables relativas a la configuración geométrica y estructural del puerto (respuesta de agitación); c) variables relativas a la configuración del sistema de buque amarrado (geometría, condición de carga, disposición/configuración, tipologías y propiedades de cada elemento que integra el sistema: buque, líneas de amarre, defensas y muelle). Por lo tanto, en la búsqueda de un entendimiento holístico de este sistema, y con el objetivo de identificar y cuantificar los eventos de parada operativa de forma precisa, se requiere contar con un análisis pormenorizado que logre desagregar, analizar y ponderar todos los procesos involucrados.

Por ello, en el presente trabajo se desarrolla una metodología numérico-estadística para una caracterización multidimensional y pormenorizada de la operatividad portuaria, basada en el clima multimodal de agitación y respuesta de buque atracado. En primer lugar, se obtiene una caracterización espectral y desagregada del clima histórico de agitación, en relación con el clima histórico multimodal exterior. Todo ello, a través de una aproximación numérica avanzada, y una identificación de la estadística de los espectros-tipo de agitación frente al muelle. En segundo lugar, se realiza una evaluación numérica de la respuesta del sistema de buque atracado, en sus seis grados de libertad, y relacionada con el clima-forzamiento exterior y en muelle. La aplicación de esta metodología, que se basa fundamentalmente en una caracterización multidimensional de la operatividad portuaria, permite aportar una descripción más precisa de los posibles eventos de parada operativa, frente a métodos actuales, principalmente basados en enfoques monoparamétricos. Asimismo, la metodología puede adquirir especial importancia en la optimización de soluciones y diseños enfocados a maximizar la operatividad de cualquier puerto.

La metodología ha sido aplicada en la dársena de África (Puerto de Las Palmas) donde el clima de oleaje exterior, altamente multimodal, y la configuración portuaria en el campo lejano tienen una gran influencia en una actual sobre-agitación interior de la dársena que fomenta importantes eventos de parada operativa.

2. Metodología

La metodología se basa en:

- i) Caracterización del clima histórico de oleaje exterior, basada en las series históricas de las formas reales de espectros de oleaje en la zona de estudio. Se generan las series históricas de los espectros locales de oleaje (frecuencia-dirección) frente al puerto, mediante una estrategia de downscaling dinámico desde aguas profundas hasta las inmediaciones del puerto, haciendo uso del modelo numérico SWAN.
- ii) Caracterización del clima histórico de agitación, mediante un nuevo producto climático basado en espectros-tipo de agitación, clasificados a partir de una definición espectral (frecuencia-dirección) del clima histórico de agitación en el puerto. Se generan las series históricas de los espectros direccionales de agitación, mediante una estrategia dinámica de propagación del clima espectral exterior al interior de la dársena (modelo MSPv2.0), y posterior reconstrucción espectral-direccional. Se realiza la clasificación de los espectrostipo de agitación representativos, mediante análisis estadístico multivariado.
- iii) Caracterización de la respuesta histórica del buque atracado en muelle (6 grados de libertad), mediante un modelo de inferencia (análisis estadístico multidimensional), basado en modelado numérico con SHIP-MOORINGS (Arcadis) y a partir de la caracterización desagregada del forzamiento obtenida en la fase anterior.

Se trata de una metodología integral para la caracterización histórica de la operatividad portuaria (hindcast), que es directamente extrapolable como sistema operacional de predicción (forecast).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Autoridad Portuaria de Las Palmas, a la empresa Trama Ingenieros, a Naviera de Armas, y a la Universidad Politécnica de Madrid por su colaboración y la información proporcionada; y a la empresa Arcadis por la licencia aportada y la asesoría técnica.





Siflow21. Simulación Predictiva de Capacidad de Canales de Navegación e Infraestructuras Portuarias Basado en Análisis de **Datos AIS**

Carmen Ayusoa, Raúl Redondob, Raúl Atienzac, José Ramón Iribarrend

- ^a Siport21, carmen.ayuso@siport21.com
- ^b Siport21, raul.redondo@siport21.com
- ^c Siport21, raul.atienza@siport21.com
- ^d Siport21, jose.r.iribarren@siport21.com

1. Introducción

Los proyectos de desarrollo de infraestructura portuaria requieren datos fiables para la evaluación coste-beneficio de la inversión y la selección de la mejor alternativa. Un ejemplo destacado son las grandes y costosas obras de dragado de profundización de canales de acceso a puerto. El objetivo del análisis es confirmar que responden a la capacidad prevista del puerto a futuro, junto con su nivel de seguridad/riesgo marítimo, optimizando los recursos dedicados

Se describe una metodología de trabajo que combina un modelo matemático de predicción de tráfico con la evaluación de riesgos náuticos. Como resultado, permite establecer el nivel de seguridad y servicio del canal de navegación o la nueva infraestructura (dársenas y muelles).

Como inicio, se trabaja con los datos AIS de la zona, sobre los que se construye una descripción cuantitativa detallada de los movimientos en el escenario actual: tipología de buques, distribución de tamaños y calados, rutas, velocidades, cruces, estancia en fondeaderos, programación de accesos, estacionalidad, interferencia entre tráficos, ocupación de muelles, etc.

Dado el enorme volumen de datos (millones cada año), el análisis está basado en técnicas Big Data, Data Analytics y DataViz (algoritmos de Inteligencia Artificial para identificar relaciones espacio-temporales entre los diversos tráficos y las condiciones físicas con métodos avanzados de representación).

SiFlow21 es un modelo de simulación predictiva de capacidad portuaria, desarrollo propio de Siport21. Permite cuantificar de manera precisa el movimiento de los buques en la lámina de agua portuaria. Contempla la topología de la zona portuaria (red de canales de acceso,

Siflow21. Simulación Predictiva de Capacidad de Canales De Navegación e Infraestructuras Portuarias Basado En Análisis De Datos AIS

dársenas y muelles), los diversos tráficos con su volumen particular y distribución estacional, las reglas de navegación (DST, prioridades, velocidades máximas, UKC mínimos, asistencia de Prácticos o remolcadores, normas de cruce, ...), las condiciones de marea y el clima marítimo local. Ofrece una gran versatilidad para adaptarse a canales y puertos que pueden llegar a ser muy complejos.

Los módulos del programa describen los distintos componentes del sistema con sus atributos particulares y la interacción entre ellos. Una vez definido el sistema canal-puerto, se lanzan procesos de llegada/salida de buques que responden a las distribuciones estadísticas observadas y siguen las normas de navegación vigentes.

Tras construir el modelo, se calibra con datos reales (extraídos del análisis AIS) y se obtienen KPIs de eficiencia/seguridad definidos ad hoc. A continuación, se describen y cuantifican escenarios de futuro (obras de infraestructura, nuevas terminales, cambio de reglas de navegación, aumento de volumen de tráfico). Los diferentes escenarios se simulan mediante un método aleatorio que cubre periodos típicos de un año, obteniendo los indicadores de calidad y seguridad correspondientes. De este modo, se dispone de una evaluación fiable de la situación futura como base para la toma de decisiones.

Este procedimiento se ha aplicado ya en numerosos casos: Bahía Blanca (Argentina), proyecto de ampliación del canal en un largo estuario con marea y accesos programados, interferencia del tráfico LNG con reserva de canal; Buenaventura (Colombia), costebeneficio de un costoso proyecto de profundización; Río de La Plata-Hidrovía (Argentina), con fuertes limitaciones de calado, nuevos tráficos, aumento de volumen; Río Guadalquivir, optimización de operaciones, incremento de capacidad de la vía sin dragar, reprogramación de maniobras, acceso/espera; Tarragona, nueva terminal sobre el canal de acceso al puerto, evaluación de interferencias y riesgo. Se mostrarán algunas aplicaciones y la utilidad de los resultados obtenidos.



Sistema de Predicción de Inundación Costera debida a Swells **Multimodales**

Laura Cagigal^a, Alba Ricondo^b, Nicolas Ripoll^c, Fernando J. Méndez^d

- a,b,c,d Grupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria, España
- a pagigall@unican.es; b pricondoa@unican.es; ripolln@unican.es; d pricondoa@unican.es;

1. Introducción

El estudio de la predicción de eventos de inundación es especialmente importante en aquellos lugares en los que la población se concentra en cotas muy bajas, como es el caso de las naciones insulares del Pacífico. Además, con el aumento del nivel del mar asociado al cambio climático, se espera que estos eventos de inundación se produzcan cada vez con más intensidad y de forma más frecuente. El sistema híbrido que se presenta a continuación, permite, a un reducido coste computacional, una estimación rápida del riesgo a escala local mediante la combinación de simulación numérica con técnicas estadísticas. Para su aplicación, se han seleccionado los estados de Tonga y Samoa localizados en el Pacífico Sur y caracterizados por un clima de oleaje multimodal, en los que un mar de viento local y múltiples swells originados en distintos puntos del Pacífico concurren al mismo tiempo.

2. Metodología y aplicación

La metodología llevada a cabo para el desarrollo de un sistema híbrido de inundación costera relocalizable a cualquier lugar del mundo, se encuentra representada en la Figura 1 y consta de los siguientes pasos:

- Agregación de la energía multidireccional que llega a la isla de estudio mediante la metodología del "Super-Punto" (Cagigal et al., 2021) que permite evitar el bloqueo de energía producido por la propia presencia de tierra.
- Propagación del espectro direccional a costa mediante un nuevo modelo híbrido, "BinWaves". Este modelo, basado en la superposición lineal de la energía, consiste en la división del espectro de oleaje en todas sus componentes monocromáticas, caracterizadas por una frecuencia y una dirección, para su posterior propagación mediante el modelo numérico SWAN.
- A partir del forecast global de oleaje de CFS (Climate Forecast System from NOAA) y de los coeficientes de propagación obtenidos para cada paquete monocromático de energía, se reconstruye en los nodos del dominio la serie horaria de energía espectral para los próximos 7 días.

Finalmente, se combina la predicción de oleaje espectral generada a escala local (~200 m de resolución) con componentes de storm surge y marea astronómica obtenidos del modelo global de GFS, para crear un índice de nivel total como combinación de las distintas contribuciones (Ecuación 1). Este índice da información de la cota de agua esperada en la costa y puede ser integrado en sistemas de alerta temprana para ayudar en la gestión del riesgo de inundación.

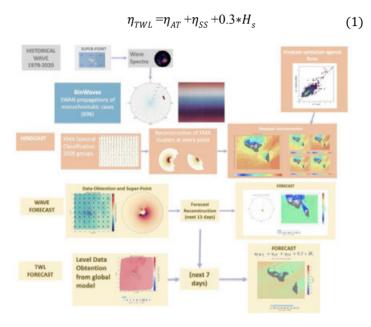


Fig. 1 Esquema de desarrollo de la metodología híbrida de inundación costera.

Además de para generar sistemas de predicción de oleaje, la metodología BinWaves combinada con técnicas estadísticas permite reconstruir oleajes a escala local para largos periodos de tiempo (p. ej. varias décadas de datos históricos, escenarios futuros de proyección de subida de nivel del mar). Esta flexibilidad en la condición del forzamiento ha permitido validar la metodología mediante su comparación con registros de boyas en distintas localizaciones alrededor del mundo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Referencias

Cagigal, L., Rueda, A., Ricondo, A., Pérez, J., Ripoll, N., Coco, G., & Méndez, F. J. (2021). Climate-based emulator of distant swell trains and local seas approaching a Pacific atoll. Journal of Geophysical Research: Oceans, 126, e2020JC016919. https://doi.org/10.1029/2020JC016919





HySwash: Un metamodelo para la estimación de niveles de inundación y caudales de rebase en costas de arrecife de coral

Alba Ricondo^a, Laura Cagigal^b, Ana Rueda^c, Nicolás Ripoll^d y Fernándo Méndez^e

Geomatics and Ocean Engineering Group. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S.I.C.C.P. Universidad de Cantabria, Santander.

a ricondoa @unican.es;

bip cagigall@unican.es;

cruedaac@unican.es;

dripolln@unican.es;

mendezf@unican.es

1. Introducción

En pequeñas islas de Pacífico, las comunidades costeras se encuentran expuestas a episodios de inundación frecuentes causados por eventos compuestos de nivel, oleaje y condiciones atmosféricas (Hoeke et al. 2013). Escenarios futuros de cambio climático proyectan una subida del nivel del mar e intensificación de la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos. En este contexto, el desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) de oleaje es esencial para reducir la exposición de estas regiones vulnerables y apoyar a gestores y planificadores de la costa con herramientas robustas de gestión del riesgo.

Una de las necesidades crecientes en el desarrollo de SAT de inundación es la mejora de las herramientas de modelado en costas bordeadas por arrecife de coral (Winter et al.2020). El uso de metamodelos híbridos de inundación ya ha sido empleado sobre perfiles de arrecife parametrizados (Rueda et al. 2019), reduciendo significativamente el coste computacional del clásico modelado dinámico. Sin embargo, dada la complejidad de los procesos hidrodinámicos de estos sistemas de arrecife, conviene evitar simplificaciones y modelar a alta resolución la transformación del oleaje a lo largo del perfil. Por este motivo, en el presente estudio se propone el uso del metamodelo HySwash (Hybrid Swash) para transformar largas series de condiciones de oleaje en estimaciones precisas de remonte y rebase local con reducido esfuerzo computacional.

2. Metodología y aplicación

HySwash combina 1) segmentación de la costa en perfiles perpendiculares 1D; 2) selección de condiciones oceanográficas y atmosféricas representativas del clima marítimo con el algoritmo MDA de la serie histórica (hindcast) y tras generación sintética, para cubrir eventos no registrados pero plausibles; 3) simulación numérica de los casos seleccionados con el modelo hidrodinámico SWASH 1D; y 4) reconstrucción final de las series de variables de inundación con la técnica de interpolación RBF.

HySwash se ha aplicado en el atolón de Kwajalein y la isla de Guam (República de las Islas Marshall). En la Fig. 1 se presentan algunos de los pasos de desarrollo de la metodología aplicada en Kwajalein. Dada la escasez de datos instrumentales en la zona, el desempeño de HySwash se ha comparado con la simulación dinámica en continuo. La validación positiva demuestra que el metamodelo propuesta puede ser usado para producir estimaciones de niveles realistas y su salida puede ser el forzamiento de un modelo de inundación de alta resolución.

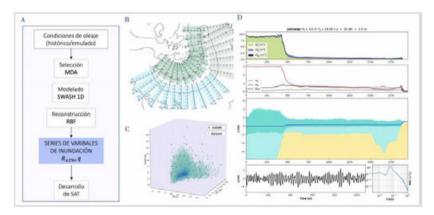


Fig. 1. Aplicación de HySwash en Kwajalein: (A) Metodología; (B) Definición de perfiles; (C) MDA; (D) Simulación SWASH 1D en uno de los perfiles definidos en Kwajalein

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. ARu agradece la financiación de la beca Juan dela Cierva Incorporación IJC2020-043907-I / MCIN/AEI / 10.13039/501100011033 y de la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR. ARi cuenta con una beca predoctoral Concepción Arenal de la Universidad de Cantabria.

Referencias

HOEKE, RON K., et al. "Widespread Inundation of Pacific Islands Triggered by Distant-Source Wind-Waves." Global and Planetary Change, vol. 108, Elsevier B.V., Sept. 2013, pp. 128-38, doi:10.1016/j.gloplacha.2013.06.006.

RUEDA, ANA, et al. "HyCReWW: A Hybrid Coral Reef Wave and Water Level Metamodel." Computers and Geosciences, vol. 127, no. February 2018, Elsevier Ltd, 2019, pp. 85–90, doi:10.1016/j.cageo.2019.03.004.

WINTER, GUNDULA, et al. "Steps to Develop Early Warning Systems and Future Scenarios of Storm Wave-Driven Flooding Along Coral Reef-Lined Coasts." Frontiers in Marine Science, vol. 7, no. March, 2020, pp. 1–8, doi:10.3389/fmars.2020.00199.





Clima de inundación costera por sistemas oscilatorios cuasiestacionarios de onda infragravitatoria en arrecifes de coral

Manuel Zornoza-Aguadoa, Beatriz Pérez-Díaza, Sonia Castanedoa, Laura Cagigala, Gabriel Díaz-Hernández^b, Fernando J. Méndez^a

^aGrupo de Ingenieria Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria; pornozam@unican.es; perezb@unican.es; castanedos@unican.es; cagigall@unican.es; mendezf@unican.es bInstituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria); Ddiazg@unican.es,

La inundación costera por nivel del mar es un fenómeno generado por la interacción de diversas componentes con sus respectivas frecuencias, las cuales, a través de unas simplificaciones, pueden combinarse de manera lineal. A una escala temporal de corto plazo, y partiendo desde el nivel medio del mar local, estas componentes son la marea astronómica, la marea meteorológica, y las variaciones de nivel provocadas por el oleaje (tanto el set-up como las ondas infragravitatorias asociadas al grupo). En islas de arrecifes con cotas bajas, este oleaje de muy baja frecuencia y las ondas infragravitatorias asociadas son un factor relevante en la generación de inundación costera durante eventos de tormenta. Dado que tanto la marea astronómica, que tiene sus componentes bien identificadas, como la marea meteorológica, que puede inducirse localmente a través de simplificaciones como el barómetro inverso, no suponen grandes incertidumbres en este cálculo, el objeto de estudio es la interacción del oleaje con arrecifes de coral y la onda larga asociada a las oscilaciones generadas (Fig. 1), de las cuales se pueden derivar extensiones de inundación en la costa.

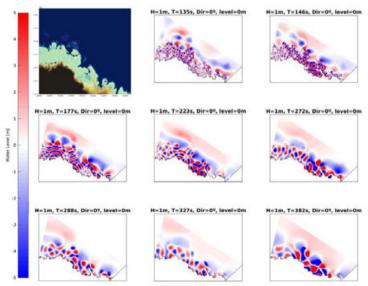


Fig. 1 Batimetría local y superficie libre de los modos de resonancia entre T=50s y T=400s, Apia.

La zona de estudio es Apia, capital del Estado Independiente de Samoa, un país insular de Oceanía. En ella, se identifican los modos de resonancia del oleaje en la geometría existente entre arrecife y costa, mediante el análisis de las variaciones de energía del oleaje en zonas abrigadas de la misma (Fig. 2). Para ello, se emplea la herramienta numérica MSP (Díaz-Hernández et al., 2021), basada en la aproximación elíptica de la mild-slope equation. A su vez, se aplica el modelo numérico XBEACH (Deltares) para la comparación de resultados y la obtención de las componentes de nivel por oleaje. Los forzamientos para los modelos numéricos (oleaje offshore) provienen de algoritmos de selección para big data (Camus et al., 2011), que posteriormente se reconstruyen con funciones de base radial. Los resultados obtenidos de los modelos de oleaje, junto con el resto de componentes del nivel del mar, se acoplan al modelo de inundación LISFLOOD-FP (University of Bristol), de gran eficiencia computacional gracias al uso de una simplificación de las shallow water equations (Bates et al., 2010). El resultado final son mapas de inundación de gran utilidad para la gestión costera.

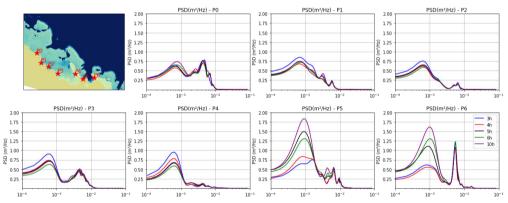


Fig. 2 Sensibilidad del modelo XBEACH al tiempo de simulación: energía por frecuencia en 6 puntos de Apia.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Referencias

BATES P., HORRITT M., FEWTRELL T. (2010). "A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modelling" en Journal of Hydrology, 387, p. 33-45.

CAMUS P., MÉNDEZ F.J., MEDINA R., COFIÑO A.S. (2011) . "Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate" en Coastal Engineering, 58, p. 453-462.

DÍAZ-HERNÁNDEZ G., RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ B., ROMANO-MORENO E., LARA J. (2021). "An improved model for fast and reliable harbour wave agitation assessment" en Coastal Engineering, 170, 104011.





IH-TSUSY: Un sistema avanzado de simulación numérica de tsunamis en tiempo real

Íñigo Aniel-Ouiroga, Omar Gutiérrez, Luis Pedraz, Mauricio González, Felipe Maza, Sergio Padilla, Raúl Medina, Felipe Fernández

IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain. anieli@unican.es. omar.gutierrez@unican.es. pedrazl@unican.es ... mauricio,gonzalez@unican.es , mazaf@unican.es , padillas@unican.es , medinar@unican.es .fernandezf@unican.es

1. Introducción

Los sistemas de alerta por tsunami son una parte fundamental de la gestión de este tipo de eventos naturales extremos. Los sistemas tradicionales están formados por una base de datos de eventos presimulados de tsunami. De esta manera, en caso de terremoto el sistema elige el caso más cercano en magnitud y localización de entre los ya simulados y se evita la simulación en el momento del evento debido a su gran coste y tiempo computacional.

Como complemento a estas bases de datos, y tratando de mejorar sus resultados, hemos desarrollado un sistema de simulación de tsunamis en tiempo real (IH-TSUSY). Este sistema realiza la simulación numérica del tsunami y permite obtener datos como alturas de ola y tiempos de viaje, usando los datos del terremoto real, con la máxima resolución posible. Para reducir el tiempo computacional de la simulación el sistema contiene un modelo numérico en GPU, que permite reducir dicho tiempo en más de un orden de magnitud con respecto a los modelo tradicionales, obteniéndose resultados en apenas 10 minutos. Esta herramienta ha sido desarrollada como un sistema operacional que se presenta a través una aplicación web y aplicación móvil gratuita.

2. Metodología

IH-TSUSY recibe en tiempo real los datos de las características de los terremotos en cualquier lugar del mundo, evalúa si el terremoto puede generar tsunami, y, en caso afirmativo, realiza la simulación numérica, usando para ello las características del terremoto y la topobatimetría mundial.

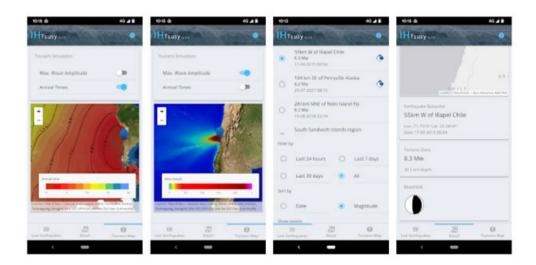
IH-TSUSY obtiene los parámetros necesarios para definir el mecanismo focal del terremoto del sistema de suscripción de la USGS (Servicio geológico de los EEUU). En función de las características del terremoto (magnitud, profundidad focal, localización), se estima la posibilidad de que un tsunami sea efectivamente generado.

El sistema cuenta con una base de datos de topobatimetría mundial construida con GEBCO 2019 y con resolución interpolada superior. Incluye un entramado de mallas anidadas de resolución creciente que permiten alcanzar las zonas costeras con la mejor información batimétrica disponible de forma global.

Estos dos datos (sismotectónica y topobatimetría) sirven de entrada para la simulación numérica del evento de tsunami. El modelo que se aplica es HySEA (de Hyperbolic Systems and Efficient Algorithms, https://edanya.uma.es/hysea/). HySEA es un modelo numérico diseñado específicamente para la simulación de tsunamis. El código resuelve el sistema de ecuaciones de aguas someras no lineales bidimensionales por medio de esquemas en volúmenes finitos. Este modelo está implementado para ser integrado utilizando GPUs para poder así realizar simulaciones en tiempos muy por debajo del tiempo real (FTRT, del inglés Faster Than Real Time).

3. Resultados

Los resutados de alturas de ola y tiempos de viaje pasan a formar parte de un catálogo de eventos que IH-TSUSY incorpora a una Interfaz de Usuario multidispositivo. Así, los resultados están disponibles para todos aquellos usuarios que quieran estar al tanto de un posible tsunami en cualquier localización del Planeta, a través de un aplicación móvil y una aplicación web gratuitas.







Evaluación de la peligrosidad por tsunami en el municipio de Chipiona, Cádiz

Sergio Padilla-Álvarez^{a1}, Ernesto-Mauricio Gonzalez-Rodriguez^{a2}, Íñigo-Aniel Quiroga Zorilla^{a3}, Ignacio Aguirre Averbe ^{a4} y María Merino González-Pardo^{a5}

^a ^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, padillas@unican.es: mauricio.gonzalez@unican.es, inigo.anielquiroga@unican.es, ignacio.aguirre@unican.es y maria.merino@unican.es

1. Introducción

A través del tiempo, la naturaleza ha puesto al hombre en condiciones adversas y extremas. Entre estos se destacan los Tsunamis, fenómenos poco frecuentes pero que pueden provocar un gran número de víctimas.

En España, el Golfo de Cádiz es la zona que se encuentra bajo una mayor amenaza de tsunami, debido a su cercanía a un área sísmica con capacidad para generar este tipo de eventos. En esta zona sísmica, localizada a unos 400 km del cabo de San Vicente, se generó en el año 1755 el evento conocido como "el terremoto y tsunami de Lisboa" (Baptista et al., 2003). El Gobierno Municipal de Chipiona consciente de la situación, se ha visto en la necesidad certificarse con Programas que le permitan minimizar la pérdida de vidas ocasionadas por el embate de un tsunami.

En el presente trabajo se realiza el estudio de la peligrosidad generada por Tsunami mediante un análisis determinista a través de la metologia desarrolada en (Aguirre-Ayerbe et al., 2018), con el objetivo de evaluar la amenaza que puede generar un Tsunami en la costa Atlántica de España, en el municipio de Chipiona a través de mapas de peligrosidad como pilar fundamental del programa Tsunami Ready (UNESCO-IOC, 2015) implementado cientos de poblaciones alrededor del mundo.

2. Metodologia

Los mapas de inundación y peligrosidad están basados en simulaciones de eventos de tsunami mediante ejecuciones de modelo numérico. El proceso metodológico se inicia a partir de unas condiciones de contorno base (Topo-batimetría y fuentes de generación de tsunami), en esta fase también se implica la creación de mallas de propagación a partir de la topo batimetría base, después se procede con la ejecución de un modelo numérico y por último la generación de los mapas deterministas que recogen diferentes variables mediante los resultados obtenidos del paso anterior

3. Resultados

Los resultados (Fig 1), muestran que en la franja litoral se tienen inundaciones del orden de 1 m con máximos de hasta 6 m, se puede observar también la inundación completa del puerto. En el casco urbano se obtuvieron valores alrededor de 1 a 2 m de profundidad de inundación con máximos de hasta 3 m. La longitud de la inundación media es del orden de 1 km, aunque puede llegar a presentarse hasta 1,3 km, abarcando un área de inundación mayor al 90% del casco urbano del municipio. Así pues, los resultados indican que más del 45% del territorio urbano central se encuentra en una situación de peligrosidad "alta". Loos tiempos de arribo están del orden de los 65'~120' minutos, donde alrededor de un 60% del casco urbano se inundará durante las primeras 75' minutos en su caso mas determinista. Los mapas de peligrosidad por tsunamis son el primer paso de preparación del municipio como caso piloto europeo del programa TsunamiReady.

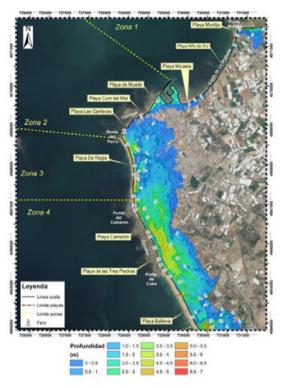


Fig 1. Mapa determinista de la profundidad de inundación para el municipio de Chipiona.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del Gobierno de Cantabria a través del programa Fénix.

Bibliografía

Aguirre-Ayerbe, I., Martínez Sánchez, J., Aniel-Quiroga, Í., González-Riancho, P., Merino, M., Al-Yahyai, S., González, M., & Medina, R. (2018). From tsunami risk assessment to disaster risk reduction-the case of Oman. Hazards Earth Syst. Sci, 18, 2241-2260. https://doi.org/10.5194/nhess-18-2241-2018

Baptista, M. A., Miranda, J. M., Chierici, F., & Zitellini, N. (2003). New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling. Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, 333-340. https://www.nat-hazardsearth-syst-sci.net/3/333/2003/nhess-3-333-2003.pdf

UNESCO-IOC. (2015).*TSUNAMIREADY* GUIDELINES-FUNDAMENTAL. http://www.tsunamiready.noaa.gov/become.html





Vigilancia ambiental del proyecto de extracción de arenas en la Zona II del Puerto de Bilbao: 5 años de seguimiento

Javier Francoa*; Aritz Abaliaa, Juan Balda, María Jesús Belzunce-Segarraa, Raúl Castroa, Estíbaliz Díaza, Irati Epeldea, Joxe Mikel Garmendiaa, Daniel González-Marcob, Manuel Gonzáleza, Ane Iriondoa, Jose A. Jiménezb, Joana Larretaa, Pedro Liria^a, Iratxe Menchaca^a, Iñigo Muxika^a, Germán Rodríguez^a, Agustión Sánchez-Arcillab, Joaquim Sospedrab y Ainhize Uriartea

^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa); *: jafranco@azti.es

^bLaboratori d'Enginyeria Maritima, Universitat Politecnica de Catalunya – BarcelonaTech, C/ Jordi Girona 1-3, Campus Nord Ed. D1, 08034 Barcelona, Spain

1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde, desde 2016, se está construyendo el espigón central. La obra consta de dos fases (la primera va finalizada) y requiere una elevada cantidad de material arenoso de relleno procedente de la Zona II del puerto. Las actuaciones de extracción llevan asociado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras recogidas en el Estudio de Impacto Ambiental. En esta comunicación se presenta la metodología y los resultados más relevantes del PVA del proyecto entre 2016 y 2020.

2. Contenido del Programa de Vigilancia Ambiental

El PVA del proyecto de extracción de arenas del sector norte de la zona II está estructurado sobre los diferentes componentes a estudiar, que son: 1) Calidad de las aguas; 2) Calidad del aire y niveles de ruido (atmosférico y submarino); 3) Caracterización batimétrica de la zona de dragado y zona de influencia; 4) Caracterización bentónica; 5) Caracterización del sedimento superficial; 6) Seguimiento de playas (hidrodinámica y topo-batimetría); 7) Recursos y actividades pesqueras; 8) Seguimiento operativo de las actuaciones de dragado.

3. Ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental

Dependiendo de cada componente, se llevan a cabo campañas previas y posteriores a cada extracción, campañas durante las extracciones o seguimientos generales de la zona. El número de campañas, su frecuencia, el cronograma para su ejecución, las variables a estudiar y la configuración espacial de las mismas varía en función de cada componente. En la Tabla 1 se presenta información resumida del seguimiento.

Componente	Planteamiento general	Cobertura espacial	
Calidad de las aguas	Antes, durante y después de cada extracción	5 estaciones, 3 prof.	
Calidad del aire y ruido atmosférico	Seguimiento continuo	11 puntos	
Rudio submarino	Medidas sin extracción y durante extracción	16-25 puntos	
Batimetría de la zona de extracción	Antes y después de cada extracción	Zona de extracción	
Caracterización bentónica	Antes y después de cada extracción	8-17 estaciones	
Caracterización del sedimento superficial	Antes y después de cada extracción	12-18 estaciones	
Seguimiento de playas	Periodicidad estacional, cada 6 meses	Alternando 3-6 playas	
Recursos pesqueros	Seguimiento continuo	Zona de extracción	
Seguimiento operativo de las extracciones	Durante las extracciones	Zona de extracción y vertido	

Tabla 1. Información del seguimiento de los componentes estudiados en el PVA.

4. Resultados v conclusiones

Las afecciones principales a la calidad de las aguas se relacionan con la pérdida de calidad óptica y con el incremento de la concentración de algunos metales. Tales afecciones han sido moderadas en intensidad, reducidas en extensión y de poca duración, desapareciendo al cesar las actuaciones. No hay impacto significativo en la calidad del aire y en los niveles de ruido debido a las extracciones. Los fondos sedimentarios de la zona mantienen unas comunidades bentónicas diversas. Tales comunidades presentan una alta capacidad de recuperación, en un periodo de meses, tras el impacto de las actuaciones de extracción. Los sedimentos de la zona de extracción y de las zonas de influencia se componen en su mayoría de arenas. Salvo escasas excepciones, los contaminantes presentan concentraciones bajas, tanto en las etapas anteriores como en las posteriores a las extracciones. Hasta el momento no se han detectado cambios significativos en la hidrodinamica, ni en la morfologia de las playas del entorno, si bien el seguimiento de este ultimo componente debe evaluarse a mas largo plazo. En cuanto a las actividades pesqueras, en la zona de extracción faenan muy pocas embarcaciones, todas de pesca artesanal, y con una marcada estacionalidad de la actividad. Las actividades de extracción no tienen un impacto significativo sobre este componente.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, al personal de muestreo y laboratorio de AZTI, a Ekocean, Topolan, Tecnalia Research & Innovation, Iproma, Insub y el Centro Tecnológico Naval y del Mar, por su implicación y colaboración en este trabajo.





La experiencia práctica en la aplicación de bioensayos para determinación de la toxicidad de sedimentos marinos

Francisco José González Alcón^a, Jurgi Arezaga Casares^a, Mario Barrientos Márquez^a, Guillermo Bouza Bouza^a, Koldo Díez-Caballero Murua^a

^a TECNOAMBIENTE; francisco.gonzalez@tecnoambiente.com; jurgi.areizaga@tecnoambiente.com mario.barrientos@tecnoambinete.com; guillermo.bouza@tecnoambiente.com; koldo.diezcaballero@tecnoambiente.com

1. Introducción

Las Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre (CIEM, 2015), introdujeron un elemento que las anteriores Recomendaciones paras la gestión de los materiales de dragado en puertos españoles (CEDEX, 1994), anticipaban pero no concretaban, como es la utilización de bioensayos para testar la toxicidad aguda y crónica de sedimentos marinos.

Concretamente el artículo 19 de las DCMD, establece la necesidad de los mismos en las siguientes circunstancias:

"1. La realización de bioensayos será preceptiva para evaluar la aceptabilidad ambiental del vertido al mar de materiales que, una vez clasificados de acuerdo con el artículo 24, no pertenezcan a las categorías A o B y estén representados por muestras cuya concentración supera, al menos para uno de los contaminantes, el nivel de acción B sin superar en ningún caso el nivel de acción C según se establecen en el artículo 22.

Asimismo, los bioensayos serán de aplicación para evaluar la aceptabilidad ambiental del vertido al mar de materiales que, superando para algún metal o Arsénico el nivel de acción C establecido en el artículo 22, pero sin superar el umbral para la consideración de sedimento no peligroso establecido en el artículo 23, se hubiera justificado adecuadamente el origen geoquímico de tales concentraciones".

El anexo IV, por su parte, desarrolla metodológicamente el procedimiento y las condiciones en las que han de llevarse a cabo tanto los tests en fase líquida en erizo (embriogénesis y crecimiento larvario), como en fase sólida para determinar la toxicidad aguda en anfipodos.

2. Discusión

Tras seis años de puesta en práctica de estas Directrices, se ha realizado una revisión de los resultados de los bioensayos realizados sobre más de 50 muestras de sedimentos de diferentes puertos españoles, tanto del litoral noratlántico, como sudatlántico y mediterráneo,

La experiencia práctica en la aplicación de bioensayos para determinación de la toxicidad de sedimentos marinos

correlancionando sus resultados con las concentraciones de contaminantes químicos (habitualmente metales) que ameritaron su consideración como de Categoría C y dieron lugar a la necesidad de acometer los bioensayos para verificar su aptitud para la posible reubicación en el mar en las mismas condiciones que los de Categoría B.

El estudio analiza, asimismo, los resultados en los casos en que se ha constatado el origen geoquímico de estas concentraciones metálicas, a partir de ensayos de biodisponibilidad, por formar parte los complejos metálicos de la estructura mineralógica de los materiales.

En la comunicación se expondrán los resultados obtenidos a partir del tratamiento de esta serie larga de ensayos, y se establecerán conclusiones acerca de la eficacia de los mismos para detectar situaciones de ecotoxicidad que el Test Previo de Toxicidad, que es obligatorio abordar en la etapa preliminar de la caracterización cuando el porcentaje de finos no supera el 10% o el COT es mayor del 2%, no llega a poder determinar.





Experimentación para el control de la turbidez generada por el vertido de material de dragado en la zona autorizada E8

Fernando López Mera, Jose Cielo Fernández Caballero a, Jurgi Areizaga Casares, Guillermo Bouza Bouza^b y José Manuel Nieto Matamoros, Juan Antonio Rodríguez Pardo^c

1. Resumen

Dentro del Servicio para la Redacción de Estudios Ambientales y redacción de proyectos de Dragado de la Entidad Pública Empresarial PORTOS DE GALICIA, se ha planteado la necesidad de realizar una calibración en campo de la afección generada por el vertido de materiales en la. zona autorizada E8. Para llevarlo cabo. TECNOAMBIENTE AQUÁTICA recibió el encargo de llevar a cabo una campaña de control de la pluma de turbidez generada durante las labores de vertido, del material dragado en los puertos de O Grove, Canido y Carril. Esta experimentación se realizó dividida en 4 campañas, entre los meses de julio y octubre de 2021.

Para realizar este seguimiento de la pluma de vertido se planteó una técnica novedosa, que resultó ser muy apropiada para caracterizar el comportamiento de la pluma de vertido: la realización de perfiles de turbidez con CTD Termosalinógrafo, contando con el apoyo aéreo de aeronave no tripulada.



Fig. 1 Embarcación que ha servido de base en la campaña.

^a Aquática Ingeniería Civil S.L., flopezmera@aquaticaingenieria.com; cielo@aquaticaingenieria.com

^b Tecnoambiente S.L.U. jurgi.areizaga@tecnoambiente.com; guillermo.bouza@tecnoambiente.com ^c Portos de Galicia. jarpardo@portosdegalicia.com; jose.manuel.nieto.matamoros@portosdegalicia.com

Mediante esta técnica, se han podido medir los valores de turbidez asociados al colapso en el fondo de los materiales y a la pluma de turbidez superficial generada por los finos, de cuyo comportamiento se ha extraído una valiosa información. Los valores de turbidez medidos se han contrastado con las imágenes aéreas y los volúmenes vertidos, de manera que se ha comprobado la coherencia entre la cantidad y características del material vertido, las condiciones de meteorológicas, y la evolución de la pluma de turbidez, obteniendo de esta forma una aproximación fiable al comportamiento y destino final de los materiales vertidos.

Estas mediciones han servido asimismo para la validación de las herramientas numéricas utilizadas para la caracterización de la pluma (modelo STFATE), con la que se han obtenido resultados de evolución de la turbidez muy similares a los obtenidos en campo.

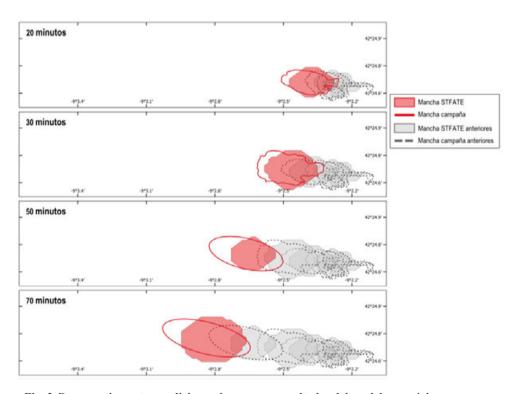


Fig. 2 Comparativa entre mediciones de campo y resultados del modelo numérico.



Análisis de los posibles efectos ambientales de los procesos de dragado en puertos colindantes con zonas protegidas: Puerto de Cartagena

Javier F. Bárcena^a, Javier García-Alba^a, Andrés García^a, Martín J. Jaúregui^b y Pedro Arenasb

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, barcenajf@unican.es; b Autoridad Portuaria de Cartagena, Cartagena, España, martinjp@apc.es.

1. Introducción

Los dragados en puertos colindantes con zonas protegidas presentan una dificultad adicional en su ejecución, ya que dichas actuaciones tienen que garantizar la no afección de las áreas de especial protección aledañas. Por ello, se ha desarrollado una metodología que cubre los diferentes pasos del proceso de dragado y vertido mediante la cual puede comprobarse la afección a las zonas protegidas, aplicándose al caso de un dragado en el Puerto de Cartagena (Figura 1).



Fig. 1 Localización de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

2. Metodología

La metodología desarrollada se ha dividido en 3 apartados diferenciados:

- Estudio del efecto ambiental producido por el dragado en dársenas interiores: Análisis del efecto de las posibles pérdidas de material durante el proceso de dragado en la zona interior de la dársena de Escombreras mediante el acople del sistema IH-Dredge (García-Alba et al, 2014) y el modelo Delft3D.
- Estudio del efecto ambiental producido por el proceso de traslado de material en entornos portuarios. Análisis del efecto de las posibles pérdidas producidas por el proceso de traslado mediante barcaza del material de dragado desde la dársena interior a la dársena exterior de Escombreras (Figura 2).

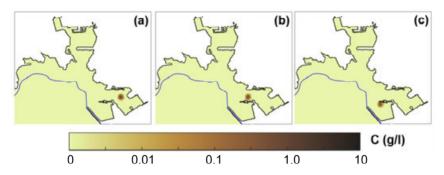


Fig. 2 Distribución espacial de la concentración máxima (g/l) generada por las pérdidas en el recorrido dársena interior-dársena exterior. Fuente: Elaboración propia.

Estudio del efecto ambiental producido por el vertido de material de dragado en zanjas preparadas para el capping: Análisis del efecto ambiental poducido por el vertido del material dragado en una zanja preparada para el capping en la dársena de Escombreras.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por la Autoridad Portuaria de Cartagena a través del contrato para la realización del estudio titulado «Contrato de investigación para el estudio ambiental del efecto de un dragado en el Puerto de Cartagena».

Referencias

GARCÍA-ALBA, J., GÓMEZ, A.G., TINOCO, R.O., SÁMANO, M.L., GARCÍA, A., JUANES, J.A. (2014). "A 3-D model to analyze environmental effects of dredging operations – Application to the Port of Marin, Spain" en Advances in Geosciences, 39, 95-99.





Estado de calidad de las aguas y los sedimentos en una zona afectada por extracciones de arena para rellenos portuarios

María Jesús Belzunce-Segarraª*, Raúl Castroª, Javier Francoª, Manuel Gonzálezª, Joana Larreta^a, Iratxe Menchaca^a, José Germán Rodríguez^a y Oihana Solaun^a ^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa); *: jbelzunce@azti.es

1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde, desde 2016, se está construyendo el espigón central. La obra consta de dos fases (la primera ya finalizada) y requiere una elevada cantidad de material arenoso de relleno procedente de la Zona II del puerto (43° 24,140'N, 3° 6,298'O en su zona central). Las extracciones llevan asociado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras, recogidas en el Estudio de Impacto Ambiental. En el PVA se contempla el análisis del impacto de las extracciones sobre la calidad de las aguas y los sedimentos a diferentes escalas temporales. En esta comunicación se presenta el estudio de ambos compartimentos en el marco del PVA del proyecto entre 2016 y 2020.

2. Materiales y métodos

El estudio se realiza mediante campañas de campo tanto en las situaciones previas a las extracciones como durante las mismas y en las situaciones posteriores. En la Tabla 1 se presenta información de las campañas de muestreo, así como de las diferentes extracciones llevadas a cabo.

En las campañas de aguas se toman datos in situ y muestras de agua con botellas Niskin, en cinco estaciones y tres niveles de profundidad, sobre las variables oceanográficas generales (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, etc.), las características ópticas y materiales en suspensión (transparencia, turbidez, sólidos en suspensión), el estado trófico (clorofila, nutrientes) y la presencia de contaminantes (metales, hidrocarburos, policlorobifenilos, etc.).

En cuanto a los sedimentos, las muestras se toman con una draga oceanográfica tipo van Veen de aproximadamente 0,1 m² de superficie de muestreo. En el laboratorio se determina la composición granulométrica del sedimento, el carbono orgánico total y las concentraciones de diversos contaminantes (metales, hidrocarburos, policlorobifenilos, etc.).

Extracciones		Aguas	Sedimentos			
Número	Volumen (m³)	Fechas	Nº campañas pre-dur-post	Campañas	Fecha	N° estaciones
				Preoperacional	Marzo 2016	12
Primera 5 1	5 10 ⁵	Abril – mayo 2016	1-1-1			
				Post 1ª extracción	Octubre 2016	12
Segunda 1 10	1 10 ⁵	Junio 2017	1-1-1			
				Post 2ª extracción	Octubre 2017	18
Tercera 3	3 10 ⁵	Nov- dic 2017	1-2-1			
				Post 3ª extracción	Mayo 2018	18
Cuarta		Oct 2018 – mar 2019				
		-		Post 4ª extracción		18
				Campaña final	Julio 2020	18

Tabla 1. Información de las extracciones realizadas en la Zona II del puerto de Bilbao y de las campañas de muestreo de sedimentos Pre: pre-extracción; dur: durante la extracción; post: post-extracción.

3. Resultados y conclusiones

En general, se han registrado unas pautas de variabilidad entre estaciones y entre niveles de la columna de agua coherentes con la evolución de las condiciones hidrográficas de la zona durante las épocas en las que se realizaron las campañas. Todas las variables analizadas relativas a las condiciones y características oceanográficas generales presentaron valores normales para la época y zona de estudio. Lo mismo puede decirse de las concentraciones de nutrientes. Turbidez y sólidos en suspensión fueron las variables que en mayor medida mostraron el efecto de las extracciones, sin duda por efecto de la resuspensión de los sedimentos. Respecto a los contaminantes, predominan las concentraciones inferiores a los correspondientes límites de cuantificación. En muy pocos casos se superan las normas de calidad ambiental aplicables a la zona de estudio.

Los sedimentos de la zona de estudio se componen en su mayoría de arenas finas, con presencia significativa de limos en algunas estaciones y zonas muy concretas con presencia de gravas. Se han observado ciertos cambios en el contenido de sedimentos finos tras las extracciones. Las concentraciones de metales pesados y contaminantes orgánicos indican bajos niveles de contaminación.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, al personal de muestreo y de laboratorio de AZTI-Investigación Marina, así como a Ekocean e Iproma.





Ensayos en modelo físico y simulaciones mediante CFDs sobre el provecto de reconstrucción de la baliza del Puerto de Pasaia

Gutiérrez Revilla, Césara; Fernández de Bobadilla Hildebrandt, Ignaciob

^aCEDEX-CEPYC , cesar gutierrez@cedex.es; ^bCEDEX-CEPYC , ignacio fernandez@cedex.es;

1 Introducción

En el año 2019 el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), del Ministerio de Fomento, recibió el encargo por parte del Organismo Público Puertos del Estado y la Autoridad Portuaria de Pasaia (APP) para la realización de un estudio sobre la viabilidad del proyecto de reconstrucción de la Baliza Bancha Oeste del Puerto de Pasaia.

El objetivo principal del estudio, era la verificación del comportamiento estructural de la nueva Baliza proyectada para el acceso al Puerto de Pasaia, frente a la acción de temporales de carácter extremal que puedan alcanzar la zona de emplazamiento de la misma.

El estudio se ha llevó a cabo mediante la realización de ensayos en modelo físico de tipo tridimensional, en las instalaciones del Laboratorio de Experimentación Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX, sometiendo al modelo a las condiciones de oleaje de diseño.

Con la idea de consolidar los resultados del estudio, y con el objeto de validar las herramientas de simulación numérica disponibles en el CEPYC de cara a su uso para este tipo de trabajos, más en concreto softwares de CFD (Computational Fluid Dynamics), se realizaron varias simulaciones númericas de las situaciones que produjerón los mayores esfuerzos detectados durante ensayos.

2 Descripción de la baliza objeto del estudio

La baliza en estudio se proyectó como reconstrucción de la anteriormente existente, la cual falló durante el temporal del 9 de febrero de 2016. La nueva baliza consta de un trípode formado por tres tubos metálicos de sección circular de 800 mm de diámetro anclados a la roca, y un fuste de 120 mm de diámetro. La altura total de la baliza es de 24,82 m, entre la cota -7,62 (anclajes) y la cota +17,2 m. La orientación de la baliza se eligió de forma que una de las patas quedase enfrentada a la dirección de los temporales predominantes de la zona.

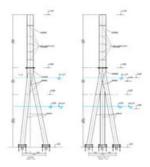


Fig. 1 Dimensioines principales de la baliza.

3 Descripción de los ensavos en modelo físico realizados

Los ensavos se llevaron a cabo sobre el modelo físico construido en el canal de oleaje de gran escala disponiblel en el Laboratorio de Experimentación Marítima del CEPYC, dónde teniendo en cuenta los oleajes a ensayar, las características de la zona del emplazamiento de la baliza y los elementos estructurales de la misma a evaluar, se fijó la escala del modelo en 1:25.

Durante el estudio se sometió al modelo construido a las condiciones de oleaje de diseño, midiéndose los esfuerzos y momentos en los anclajes de las patas debidos a la acción de las olas mediante 3 dinámometros de 6 componentes. Además de los esfuerzos, se midieron las presiones generadas en el fuste y la cota alcanzada por el remonte de las olas sobre éste ("run up").

Durante los ensayos se evaluaron tanto la situación de pleamar como de bajamar, cuyos niveles de agua correspondientes estabán definidos en la documentación del Proyecto de Rehabilitación de la baliza.

4 Descripción de las simulaciones númericas realizadas

Para las simulaciones númericas se utilizó por un lado el software comercial "Fluent", desarrollado por la empresa ANSYS, basado en la técnica de VOF (Volume of Fluid) bajo una aproximación Euleriana del problema, y por otro, el software libre "DualPhysics" desarrollado por un consorcio internacional de instituciones de reconocido prestigo, basado en un planteamiento Lagrangiano del mismo. Dado que las simulaciones se realizaron con la idea de validar las herramientas de CFDs utilizadas mediante su comparación con los resultados obtenidos durante los ensayos, dichas simulaciones fueron realizadas a escala del modelo y, dado su alto costo computacional, unicamenete se realizaron simulaciones de los trenes de olas, dentro de toda la serie temporal de oleaje, que producian los mayores esfuerzos.





Ensayos físicos y numéricos de construcción realista de diques homogéneos de Cubípodos de baja cota de coronación

Jorge Molinesa, M. Esther Gómez-Martína v Josep R. Medinaa

^aInstituto de Transporte y Territorio, Universitat Politècnica de València (UPV), jormollo@upv.es, mgomar00@upv.es, <u>irmedina@upv.es</u>.

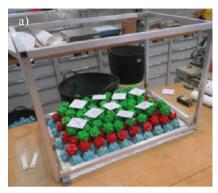
1. Introducción

La degradación continuada de los arrecifes de coral genera un incremento del riesgo económico, social y ambiental en las costas donde los arrecifes de coral son la base de los ecosistemas marinos y la protección de las playas próximas. La acidificación de los océnaos por el Cambio Climático y otras causas antrópicas están aumentando el deterioro de los arrecifes de coral y la vulnerabilidad de las áreas que protegen; en estos entornos se deberán diseñar estrategias de adaptación en el futuro cercano.

Los diques de baja cota de coronación convencionales (LCS) se utilizan habitualmente para proteger las playas del ataque del oleaje (DELOS 2003-2005, Environmental Design of Low Crested Coastal Defence Structures), pero tienen dos problemas frecuentes para su utilización en zonas coralinas: la dificultad de sumistar escollera de gran tamaño y un núcleo relativamente impermeable inadecuado para la colonización coralina. La nueva tipología de diques homogéneos de baja cota de coronación (HLCS) construidos con un único tamaño de pieza (ver Odériz et al., 2018, y Medina et al. 2020), permiten proteger las playas y ofrecer las condiciones propicias para que se regeneren arrecifes de coral en retroceso. Las mallas de colocación de HLCS determinan la altura total de la estructura y el francobordo y, por tanto, su estabilidad hidráulica, la transmisión, la reflexión y la disipación de oleaje. Sin embargo, existen muy pocos estudios analizando la constructibilidad y la caracterización de HLCS (ver Molines et al., 2021). Este estudio presenta una nueva herramienta numérica calibrada para simular la construcción realista de HLCS basada en el software de la industria gaming que representa el movimiento de sólidos rígidos mediante las leyes de la mecáncia newtoniana.

2. Metodología

El coeficiente de capa (ver USACE, 1984) es la relación entre el espesor de una capa de elementos del manto principal y el diámetro nominal, Dn; su estima resulta crítica en el caso de HLCS porque afecta el francobordo y su comportamiento hidráulico. Se han realizado ensayos físicos de construcción realista de HLCS de Cubípodos de 5 capas (ver figura 1a) en el Laboratorio de Puertos y Costas de la Universitat Politècnica de València (LPC-UPV) para medir coeficientes de capa. Los modelos se han construido a mano con mallas triangulares y rectangulares. La altura de cada capa se ha medido con placas rectangulares de 2D_n x 2D_n respecto a una referencia fija. Estos ensayos se han empleado para calibrar y validar el modelo numérico (ver Figura 1b).



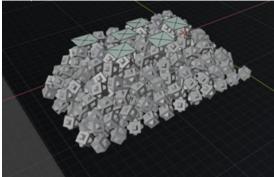


Fig. 1 HLCS de Cubípodos construido en a) LPC-UPV v b) Blender.

3. Conclusiones

El software de sólido rígido es una herramienta capaz de simular la construcción de HLCS; se han obtenido errores relativos en la medición del coeficiente de capa inferiores al 1.04% en la malla triangular y 1.39% en la malla rectangular. Además, el modelo numérico permite realizar ensayos en condiciones similares a las de construcción real del prototipo, donde el fondo con batimetría irregular y la baja visibilidad condicionan la constructibilidad de determinadas mallas y las cotas de coronación obtenidas.

Referencias

MEDINA, J.R., GOMEZ-MARTIN, M.E., MARES-NASARRE, P., ESCUDERO, M., ODERIZ, I., MENDOZA, E., SILVA, R. (2020). Homogeneous Low-Crested Structures for beach protection in coral reef areas. Proc. 36th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, https://doi.org/10.9753/icce.v36v.papers.59.

MOLINES, J., CENTI, R., DI RISIO, M., MEDINA, J.R. (2021). Estimation of layer coefficients of cubipod homogeneous low-crested structures using physical and numerical model placement tests. Coastal Engineering, 168, 103901. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103901

ORDERIZ, I., MENDOZA, E., SILVA, R. AND MEDINA, J.R. (2018). Hydraulic performance of a homogeneous Cubipod low-crested mound breakwater. Proc. of the 7th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastalab18), Santander (Spain), May 22-26, 2018.

USACE (1984). Shore protection manual, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal and Hydraulics Laboratory, Vicksburg, MS





Estrategia HIL en ensayos de turbinas eólicas flotantes en tanque

Tommaso Battistella^a, Javier Sarmiento^a, Sergio Fernández^a, Miguel Somoano^a, Raúl Castañera^a v Raúl Guanche^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ¹ battistellat@unican.es

1. Introducción

El desarrollo de los sistemas eólicos flotantes pasa inevitablemente por ensavos de modelos en escala en entornos controlados. Tales actividades son imprescindibles para evaluar exhaustivamente el comportamiento del sistema analizado y consecuentemente la calibración de las herramientas numéricas asociadas. Uno de los principales retos en estas actividades está relacionado a la dificultad de representar correctamente las cargas aerodinámicas. Una técnica eficiente para eliminar los errores introducidos por la dicha problemática prevé una ejecución de los ensayos de forma híbrida, una estrategia que será ilustrada en este trabajo.

2. Objetivos

Las metodologías de ensayo hibridas, conocidas como ReaTHM (Real-Time Hibrid Model) pueden emplearse para evitar conflictos de escala en ensayos en tanque. Tales conflictos están debidos a la adopción de la ley de escala de Froude, adecuada para representar las fuerzas hidrodinámicas en la estructura, aunque es una escala que subestima el número de Reynolds. por tanto, la generación de la carga aerodinámica.

3. Metodología

La estrategia adoptada en esta metodología también es conocida como HIL (Hardware In the Loop) y consiste en modelar numéricamente parte del sistema analizado, en este caso el rotor de la turbina, enlazando el modelo físico y su contraparte numérica empleando instrumentación específicamente instalada en el entorno del ensayo para ello.

La metodología desarrollada en IHCantabria utiliza un sistema de seguimiento óptico para medir la posición del modelo en su seis grados de libertad, y proporciona la información al módulo aerodinámico (BEM), lo cual calcula la carga aerodinámica libre de discrepancias debidas a conflictos de escala. La carga se reproduce por medio de un array de seis hélices (multifan) instalado en la posición del rotor de la turbina en tiempo real.

La calibración del multifan representa una tarea esencial para asegurar que las cargas aerodinámicas sean reproducidas correctamente. La Fig.1 muestra la precisión de las fuerzas generada. La calibración permite un error máximo igual al 3%.

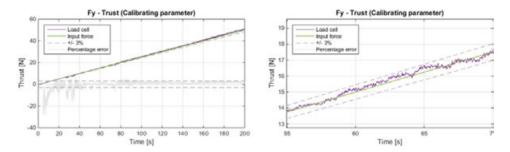


Fig. 1 Resultados calibración multifan. Fuente: Battistella, T. et al. (2018)

4. Ejecución

La metodología hibrida desarrollada en IHCantabria ha sido empleda en distintos ensayos y ha probado ser capaz de representar la carga aerodinámica en diferentes condiciones de operatividad del sistema eólico flotante, incluyendo condiciones de operatividad, extremales y diferentes fallos. La Fig. 2 muestra unos ensayos ejecutados con esta metodología.



Fig. 2 Ensayos campaña TRL+.

Agradecimientos

Raúl Guanche agradece la beca Ramon y Cajal (RYC-2017-23260) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Referencias

BATTISTELLA, T., PARADINAS, D. D. L. D., URBAN, A. M., GARCIA, R. G., (2018). "High fidelity simulation of multi-MW rotor aerodynamics by using a multifan " en International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, vol. 51319, p. V010T09A074. American Society of Mechanical Engineer





Proyecto LIVING PORTS: Reducción de la huella ecológica de los puertos

Carlos Botana Lagarón^a, Gerardo González^a y Jorge Gutiérrez Martínez^b

^aAutoridad Portuaria de Vigo, ggonzalez@apvigo.es; ^bECOncrete Tech LTD

1. Introducción

LIVING PORTS es un proyecto financiado por la Comisión Europea Horizonte 2020 para facilitar una implementación a gran escala en el Puerto de Vigo, Galicia, España. En consonancia con el Acuerdo Verde de la UE, la Directiva Marina y la Estrategia de Biodiversidad para 2030, la eliminación de riesgos y la ampliación de los proyectos de industrialización ambientalmente sensibles es una prioridad urgente. El proyecto LIVING PORTS está diseñado para catalizar un cambio fundamental en las operaciones de la industria de Infraestructura Costera y Marina (ICM) al alejarse de la construcción "gris" obsoleta, hacia una infraestructura inclusiva de la naturaleza con co-beneficios estructurales, ambientales y socioeconómicos.

El proyecto Living Ports aborda este problema mediante la aplicación de la tecnología de ECOncrete. Una tecnología basada en la ciencia diseñada para fomentar la generación de ecosistemas marinos, la biodiversidad, como parte integral de las propias infraestructuras, cumpliendo con todos los estándares de la construcción y alargando la vida útil de la estructura. Mediante la aplicación de esta tecnología, se diseñó un proyecto innovador, que desde una perspectiva holística, implementará dos actuaciones en el Puerto de Vigo. En ellas, mejorará la interacción puerto-ciudad al crear áreas específicas para el esparcimiento de la ciudadanía y divulgación de los valores naturales del litoral portuario. Living Ports se integra en el plan de la Autoridad Portuaria de Vigo para la mejora ecológica del entorno portuario denominado "Peiraos do Solpor". Descripción del provecto

El consorcio que lleva a cabo este proyecto está formado por cuatro socios de tres países: ECOncrete Tech Ltd (israelí) el coordinador del proyecto y proveedor de tecnología para soluciones ICM ecológicas; el Puerto de Vigo, uno de los puertos más verdes de Europa y de los más relevantes en la industria pesquera; el astillero Cardama, empresa española de construcción y reparación de barcos y los Institutos de Ingeniería Civil y Recursos Acuáticos de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU en inglés).

El proyecto tiene una duración total de 36 meses y consiste en una instalación a gran escala de la tecnología de ECOncrete en dos áreas diferentes dentro del Puerto de Vigo. La primera se trata de una dársena, de aguas abrigadas, Portocultura. En esta área se instalarán 310m² de paneles tipo ECO Seawall con sus respectivas áreas de Control (formadas por hormigón

estándar) y un visor submarino diseñado por Cardama. Este visor servirá para observar la flora y fauna marina existentes en el Puerto de Vigo y que colonizará las estructuras instaladas. Se trata de una herramienta de observación y monitorización única con objetivos recreacionales, divulgativos, educacionales y de concienciación ciudadana.



Figura 1. Visor submarino y paneles ECOSeawall en la dársena de Portocultura

La segunda área se encuentra en una zona más expuesta al oleaje, en el paseo de Bouzas, frente a la bocana de la ría de Vigo. En esta área se instalarán 100 unidades de CoastaLock, la primera pieza de hormigón diseñada con principios ecológicos-biológicos para la protección de mantos monocapa de estructuras en talud. Estas piezas se integrarán en el talud de escollera existente en la zona intermareal y sumergida.



Figura 2. Integración de CoastaLock en revestimiento en talud y colonización de las piezas

El proyecto contempla una monitorización de 24 meses tanto estructural como biológica de las piezas instaladas en las dos áreas descritas con anterioridad. Esta monitorización será realizada por DTU. Adicionalmente, se conducirá una monitorización del sonido subacuático en las áreas con y sin piezas ECOncrete que mostrará el impacto de esta tecnología y de la vida marina en el puerto





Protección ecológica en el Puerto de San Diego (USA)

Philippe Leblanc^a, Jorge Gutiérrez Martínez^b

^a Port of San Diego, <u>pleblanc@portofsandiego.org</u> ^b ECOncrete Tech, jorge@econcretetech.com

1. Introducción

El Puerto de San Diego (PSD) está ubicado en el Suroeste de los Estados Unidos de América, en el Estado de California. El PSD, bajo la Incubadora de Economía Azul del Puerto, apoyó a ECOncrete en el desarrollo de un diseño específico para abordar la mejora ecológica del puerto a través de la protección del revestimiento de escollera del área de Harbor Island Park. junto al aeropuerto internacional de San Diego.

El objetivo principal del diseño es proporcionar un manto de protección mejorado ecológicamente que proporciona estabilización de la costa, al mismo tiempo que crea ecosistemas locales bien definidos que imitan las piscinas de rocas naturales. Todo ello mediante un diseño holístico que aborda no sólo los requisitos de enfoque de ingeniería estructural y costera para la estabilización de la costa, sino también la conciencia de la invasión de hábitats marinos nativos al diseñar cualquier infraestructura costera y marina.

El resultado fue el desarrollo de la primera pieza ecológicamente diseñada para protección de mantos de estructuras en talud, el CoastaLock.

2. Diseño v aplicación de la nueva tecnología

El diseño de mejora ecológica de la estructura en talud se materializó en piezas de hormigón biopotenciador, con características multidireccionales, de retención de agua y que funcionan por trabazón y tienen una colocación regular en mantos monocapa sobre el talud. Estas piezas están con una mezcla de hormigón medioambientalmente sensible y baja en carbono adaptada al entorno en el que se instalarán los CoastaLock de este diseño inclusivo de la naturaleza. En total se instalaron 74 CoastaLock en dos áreas diferentes del revestimiento de protección de Harbor Island

El diseño fue realizado en base a los datos existentes de ECOncrete sobre el rendimiento de la unidad ECO Tide Pool (piscina de marea) original que se desarrolló originalmente en 2012, así como de muchas otras unidades y pruebas y resultados obtenidos del desempeño de la tecnología de ECOncrete que desde entonces se han implementado en más de 40 localizaciones diferentes. Estos datos fueron muy valiosos para abordar los objetivos del proyecto. La tecnología de ECOncrete, para mejorar el valor ecológico del hormigón totalmente estructural, se basa en tres aspectos: la composición de los materiales, la complejidad de la superficie y el diseño tridimensional. La combinación de estos tres principios trabajando en sinergia ha demostrado obtener resultados óptimos al combinar la mejora ecológica junto con el rendimiento estructural.

Adicionalmente, más allá de la composición química del hormigón, junto con las superficies complejas y las características del diseño, las piezas CoastaLock brindan un entorno favorable en el que se desarrolla una abundante y rica diversidad de flora y fauna marina.



Figura 1. Instalación en el talud de la protección con CoastaLock (ECOncrete)

Los esfuerzos conjuntos del PSD y ECOncrete para unir sostenibilidad y desarrollo permitieron la adaptación de la infraestructura costera en la Bahía de San Diego frente al cambio climático. Como resultado, se desarrolló una nueva unidad que imita las piscinas de rocas naturales que está hecha de un hormigón biopotenciador que mejora la vida marina y compensa las huellas ecológicas y de carbono.

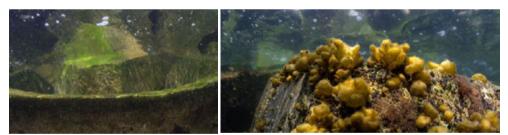


Figura 2. Colonización de las piezas 5 meses después de su instalación

Con el uso de tecnologías y materiales innovadores, podemos adaptar nuestros diseños e infraestructuras a los desafíos actuales del Cambio Climático.

Con este proyecto, el PSD y ECOncrete tienen como objetivo proporcionar un ejemplo de diseño inclusivo de la naturaleza para la protección de la costa y la infraestructura portuaria, proporcionando estabilización de la costa, ayudando frente a inundaciones costeras y mejorando la ecología de las aguas de la bahía.





Colisiones entre buques y cetáceos: Análisis del tráfico marítimo y riesgo asociado en el Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo

Marta S. Jiménez Saavedraa , José María Grassa Garridoa ,Ana Lloret Capotea , Isabel Moreno Arandaa .

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), Madrid, marta.jimenez@cedex.es; jose.m.grassa@cedex.es; jsabel.m.moreno@cedex.es .

1. Introducción

El estudio aquí recogido tiene como objetivo presentar una aproximación al análisis espacial del riesgo de colisiones entre buques y grandes cetáceos. En particular se lleva a cabo en el "Corredor de Migración de Cetáceos en el Mediterráneo" abreviadamente CCM, (RD 699/2018), en el que se ha constatado la presencia de dos especies de grandes cetáceos: el rorcual común (Balaenopetera physalus) y el cachalote (Physeter macrocephalus), que debido a sus características físicas, especialmente su gran tamaño y a las perturbaciones acústicas debidas al tráfico, les hace muy vulnerables a colisiones con buques. Con ello se pretende contribuir a la propuesta de medidas de protección encaminadas a reducir el riesgo de colisión. Paralelamente se espera que este trabajo, encargado por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del MITERD pueda coadyubar al estudio de caracterización de una Zona Marítima Especialmente Sensible (ZMES) transfonteriza por parte de la OMI, en cuyas aguas de jurisdicción francesa, italiana, monegasca y española, se encuentra incluido el CCM, asó como a la definicion de medidas de conservación a incluir en el futuro plan de gestión del AMP CCM.

2. Metodología

Para llegar a un indicador de riesgo de colisión es preciso realizar un análisis de los dos grandes bloques de información involucrados en el estudio. Por un lado datos relativos a tráfico y por otro datos de presencia o avistamientos de individuos. La caracterización del tráfico se lleva a cabo a partir de un análisis de la principales rutas que atraviesan el CCM y del tratamiento de datos AIS de los buques implicados en dicha navegación. Este último permite obtener un conjunto de trayectorias acumuladas en el periodo de análisis. Las diferentes agrupaciones de las mismas permiten obtener estadísticas útiles a los efectos del estudio y caracterizar el tráfico según la tipología de buque o trimestre del año, por ejemplo, siendo la magnitud más relevante la densidad de tráfico espacialmente distribuida, expresada com km recorridos acumulados por unidad de área.

Posteriormente se lleva a cabo un análisis del grado de peligrosidad asociado a esa densidad de tráfico marítimo, a partir de la relación logística entre la velocidad del buque y la letalidad y de una aproximación a un índice de peligrosidad basado en Vaes y Druon. El análisis de riesgo efectuado combina la peligrosidad mencionada, con la exposición asociada a la distribución espacial de los cetáceos. Este análisis de riesgo se realiza en paralelo al de tráfico marítimo manteniendo constante la presencia de forma individual de cada una de las especies en estudio.

3. Conclusiones

El análisis en el CCM sobre el tráfico total pemite identificar aquellas zonas para las que se produce una concentración espacial de individuos y un indicador de peligrosidad alto, el índice más elevado resultante de estos análisis se presenta en el extremo noroccidental del corredor y en las proximidades al puerto de Barcelona, destacándose en menor medida la zona atravesada por las rutas que unen el Levante con las islas Baleares (Fig. 1). La información relativa a la presencia de individuos ponen de manifiesto que los indicadores obtenidos no son comparables entre ambas especies.

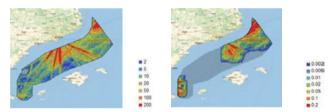


Fig. 1 Riesgo total asociado al Rorcual / Cachalote

El análisis por categoría de buques pone de manifiesto la contribución al riesgo de cada una de ellas y las aguas marítimas en las que éste es susceptible de alcanzar mayores valores. De igual manera pueden estudiarse los efectos estacionales sobre este indicador de riesgo. La flexibilidad de la metodología utilizada permite incorporar no sólo información relativa al tráfico marítimo, sino también aquella relativa a las especies en estudio, áreas de cría por ejemplo. Todo ello facilita la elaboración de un programa de medidas encaminado a reducir el riesgo de colisión entre buques y estos grandes cetáceos.

Referencias

VAES T., DRUON, J.(2013) "Mapping of potential risk of ship strike with fin whales in the Western Mediterranean Sea. A scientific and technical review using the potential habitat of fin whales and the effective vessel density". EUR 25847. Luxembourg (Luxembourg): JRC79841.

VANDERLAAN ASM., TAGGART CT. (2007). "Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed". Mar Mamm Sci 23:144-156





Experiencia en la implantación de un plan de mantenimiento de infraestructuras en la autoridad portuaria de Vigo

Jose Enrique Escolar Piedrasa, Ignacio Velasco Martínezb, Alejandro Taboada Santomil^c, Jose Ramón Docasar Fernández^d

Resumen

La Autoridad Portuaria de Vigo (APV) dentro del proceso de mejora continua y compromiso con la seguridad de los usuarios y trabajadores, está desarrollando la optimización de sus sistemas de mantenimiento de infraestructuras, edificaciones e instalaciones ubicadas en el Área Portuaria. Los principales objetivos establecidos para la creación de su nuevo plan de mantenimiento integral están orientados en tranformar y modernizar el sistema para optimizar sus costes, mejorar la atención a los usuarios, facilitar la gestión y seguimiento de los procedicimientos y realizar una evaluación continua de los mismos.

El nuevo Plan de Mantenimiento establece procedimientos normalizados para administrar las acciones preventivas y correctivas. El comportamiento de las instalaciones y equipos del Puerto serán monitoreados y documentados continuamente, generando constantemente información útil para su retroalimentación y mejora.

Los registros de mantenimiento proporcionan continuidad y dirección. La continuidad depende, en cierto modo, de la implicación de las personas y de la eficiencia y sencillez del método; la dirección la proporciona la buena organización, documentación de los procedimientos y las herramientas de diagnóstico establecidas.

La metodología empleada comienza por la revisión y análisis de la situación actual del Servicio, para detectar las necesidades y prioridades a acometer; como punto de partida para la redacción de un nuevo Plan que optimice la organización, gestión operativa, gestión de materiales, gestión de contratación, procedimientos y sumejora continua.

a Jefe del Área de Planificación e Infraestructuras de la APV (jeescolar@apvigo.es)

^bJefe del Departamento de Conservación de la APV (ivelasco@apvigo.es)

^c Director Departamento de Ingeniería de la Edificación de GOC (alextaboada@gocsa.es)

d Responsale de Área en Ingeniería GOC (jramondocasar@gocsa.es)

Para ello se está implantando una herramienta informática de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), que será de obligado uso de subcontratas, operarios propios y personal a cargo de la gestión y seguimiento del Departamento de Conservación. Se pretende así monitorizar y documentar, en todo momento, las actuaciones desarrolladas, obteniendo indicadores de diagnóstico y rendimiento que permitan evaluar continuamente la calidad del servicio en busca de mejores prácticas.

Para implementar el nuevo Plan se ha procedido a realizar un contrato de servicios para asistir al Departamento de Conservación, que estructura el proceso de implantación del nuevo Plan en las siguientes fases:

- Analisis exhaustivo de la situación actual del Servicio y del personal de mantenimiento dirigido a optimizar la productividad, identificar y cuantificar oportunidades de mejora, unificar, consolidar y estandarizar procedimientos y planes.
- Inspecciones de edificios e infraestructuras portuarias para evaluar el estado de los mismos; como punto de partida del nuevo plan se actualizan planos, inventario, fichas técnicas, y se redactan notas técnicas de las deficiencias o problemáticas detectadas para su reparación inmediata o planificar una actuación de reparación
- Redacción de un nuevo plan de mantenimiento. El plan establece procedimientos normalizados para administrar las acciones, preventivas y correctivas. Recogerá las instrucciones de uso y mantenimiento de cada elemento y el programa de mantenimientos a efectuar, y debe estar en un sistema que esté generando constantemente información útil para su retroalimentación y meiora
- Implantación y planes de formación. El contrato de servicios establece un período de asistencia durante la implantación para durante el primer año de implantación del Plan Integral de Mantenimiento, prestando atención al cumplimiento de los objetivos establecidos y redefiniendo las actuaciones que puedan suponer una mejora de los planteamientos iniciales o de los procedimientos marcados según la filosofía de mejora continua definida en el Plan de Acción.
- Asistencia técnica a la implantación del GMAO
- Mejora continua, donde se definirá en plan de seguimiento para verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos y redefiniendo las actuaciones que puedan suponer una mejora de los planteamientos iniciales o de los procedimientos marcados según la filosofía de mejora continua definida en el Plan de Acción.





Plan general de ports de les Illes Balears

Mateo Barceló Vogta, Cristina Barahona Bellidoa, Fernando López Merab.

- ^a Ports de les Illes Balears, cbarahona@portsib.es
- ^b Aquática Ingeniería Civil S.L., flopezmera@aquaticaingenieria.com

1. El Plan General de Puertos de las Islas Baleares

La ley 6/2014 de 18 de julio reforma la Ley 10/2005 e introduce la figura del Plan General de Puertos de las Illes Balears como nuevo instrumento de planificación territorial estratégica portuaria.

Desde el año 2018 Ports de les Illes Balears ha venido redactando y tramitando este Plan General con el objetivo de responder a los siguientes objetivos generales:

- a) Establecimiento de los criterios generales de ordenación portuaria, fijando las prioridades del sistema portuario y de sus usos..
- b) Estudiar las necesidades del sector náutico en cuanto a las instalaciones de acceso al mar y los servicios complementarios a dicho sector estratégico, con prioridad de la flota pesquera y las actividades comerciales relacionadas con el turismo náutico y actividades de carácter lúdico y deportivo, cuidando especialmente de un mejor reparto territorial de las instalaciones.

Las bases de partida que se han consideran en el estudio son las siguientes:

- Preservar el medio costero balear renunciando a la construcción de cualquier instalación que pueda producir impactos ambientales negativos.
- Aproximar la náutica a todos los ciudadanos, de manera que no se tienda a concentrar la oferta en determinados perfiles adquisitivos ni zonas concretas.
- Desplegar una oferta náutica de calidad y competitiva, que contribuya a que los visitantes puedan disfrutar de los elementos de identidad de las Islas Baleares (paisaje, la historia, climatología, la gastronomía...)
- Atender a la estacionalidad mediante soluciones como campos de boyas o marinas secas.

En base a estos preceptos, el plan enfoca su objetivo en dar servicio a los ciudadanos que quieran navegar, buscando soluciones más allá de la generación de nuevos amarres en lámina de agua. Por ello, se cambia el enfoque tradicional de los estudios de demanda, donde se planificaban las nuevas plazas de amarre en agua en función de la evolución del número de embarcaciones previstas en el mercado en el horizonte temporal del Plan.

En este sentido, el Plan General ha estudiado:

- La creación de campos de bovas de fondeo regulado en aguas advacentes a las portuarias.
- Previsión de una red de marinas secas, fijando su ubicación con criterios de proporcionalidad territorial, en función de la demanda previsible en cada zona y con criterios de preservación medioambiental, mediante la adecuada integración en cada entorno.
- Mejora y ampliación de la red existente de rampas de varada de embarcaciones con remolque, fijando su ubicación y estudiando las necesidades complementarias como las zonas de aparcamiento
- El favorecer el acceso a la náutica y al disfrute de embarcaciones por parte de la ciudadanía, mediante fórmulas distintas a la titularidad de embarcaciones, como pueden ser los clubes de navegación empresas de chárters, multipropiedades, etc. El Plan General se debe constituir como una herramienta ejecutiva de este cambio de tendencia en los hábitos de los navegantes.
- Asimismo, se han tomado determinaciones concretas con respecto a las embarcaciones poco contaminantes (embarcaciones tradicionales de madera, embarcaciones a vela y embarcaciones a propulsión eléctrica), como política de promoción de estas embarcaciones no contaminantes como medida de mitigación del cambio climático.
- c) Determinación de las bases para el desarrollo de unas infraestructuras que posibiliten un transporte marítimo de pasajeros y mercancías de acuerdo con la situación de pluriinsularidad de la Comunidad Autónoma. Fomentar el transporte marítimo interinsular y de corta distancia, así como el transporte turístico de pasajeros.
- d) Llevar a cabo la Evaluación Ambiental Estratégica, buscando integrar los puertos en su entorno urbano y mejorar sus condiciones ambientales, valorando la adecuación de las infraestructuras existentes al cambio climático y a su interacción con el litoral, así como proponiendo medidas mitigadoras del cambio climático. Asimismo, dentro de los documentos ambientales del Plan General se ha desarrollado un novedoso estudio de Capacidad de Carga física del litoral Balear.





Tramitación del pdi del port de Tarragona. Evaluación ambiental estratégica

Borràs i Tous, Joan¹; Hernández Marín, Jordi², Areizaga Casares, Jurgi³, Díez-Caballero Murua, Koldo³, García Barroso, Mercedes ³

¹Autoridad Portuaria de Tarragona. Director de Planificación Portuaria. joan.borras@porttarragona.cat ²Autoridad Portuaria de Tarragona. Responsable Infraestructuras. jordi.hernandez@porttarragona.cat jurgi.areizaga@tecnoambiente.com; koldo.diezcaballero@tecnoambiente.com; 3Tecnoambiente. mercedes.garcia@tecnoambiente.com.

1. Introducción

El PDI 2015-2035 del Puerto de Tarragona tiene como objetivo definir las obras de infraestructura portuarias necesarias para el desarrollo de las actividades del puerto de conformidad con la prognosis de evolución de los tráficos, y se ha materializado en una propuesta de actuaciones por fases a lo largo del periodo 2015-2035.

El PDI se desarrolló bajo el marco legal del RDL 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, y su tramitación Ambiental bajo el marco de le Ley 21/2013 de Evaluación de Impacto Ambiental.

Bases de partida y actuaciones del PDI

Las bases de partida para el diseño de las alternativas del PDI fueron:

- Establecer límite bien definido del ámbito portuario marítimo por el lado Sur que evite interferencias funcionales y ambientales con los ámbitos exteriores adyacentes
- Atención al tráfico de cruceros turísticos, dinamizador del turismo de la zona
- Desarrollo de la zona industrial de Tarragona y demanda de nuevos atraques para productos petrolíferos ubicados en el entorno del pantalán de Repsol.
- El desarrollo futuro de la ZAL en la zona S del puerto demandará nuevos muelles y explanadas orientadas.

3. Principales trámites efectuados

3.1 Tramitación ambiental

El PDI se sometió al procedimiento de evaluación ambiental estratégica ordinaria, y se efectuó una primera fase de consultas del borrador del PDI y del Documento Inicial Estratégico (DIE) en septiembre de 2016. La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio

Ambiente emite en julio de 2017 el Documento de alcance, base para la redacción del Estudio Ambiental Estratégico (EAE).

En mayo de 2019, la versión inicial del PDI y el EAE se someten nuevamente a información pública. Una vez finalizado el periodo de consultas, en enero de 2020, la Autoridad Portuaria de Tarragona envía a Puertos del Estado (PPEE) el expediente para que, como órgano sustantivo, lo traslade al órgano ambiental de MITECO y solicite la resolución de aprobación. En enero de 2022 se ha recibido resolución con condicionantes por parte de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.

3.2 Modificaciones del PDI tras el primer proceso de consultas (sept 2016- marzo 2017)

- Adecuación del borde suroccidental de la zona portuaria con vistas a la restauración de la zona Red Natura 2000 dels Prats de Albinyana, junto al Nuevo Contradique.
- Integración de las actuaciones de protección de las Playas de la Pineda y del Miracle
- Redefinición fases de Desarrollo (6) del PDI por evolución de la demanda de tráficos y de la priorización de actuaciones de corrección de carácter ambiental.
- Modificación nuevo Muelle Baleares para adaptarlo como base de cruceros marítimos, de acuerdo a la actualización de datos de demanda.

3.3 Segundo periodo de Información Pública y Consultas (marzo-julio 2019)

Se recibieron ocho informes de organismos dentro de plazo y siete fuera de él, y ninguna alegación. A destacar que no se han recibido informes de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del MITECO ni del Ayuntamiento de Vila-seca. La propuesta final del PDI no sufrió cambios significativos a raíz de este trámite. En agosto de 2019 se aprobó la modificación de la DEUP.

3.4 Resolución de la DG Calidad y Evaluación Ambiental (enero 2022)

La resolución impone 22 condiciones para la ejecución del plan.

4. Resumen

Tras un largo periodo de estudio y análisis cuyo inicio se remonta al año 2010, el 19 de enero de 2022 la Dirección General de Calidad Ambiental de MITERD formuló la Declaración Ambiental Estratégica del "PDI 2015-2035 del Puerto de Tarragona"





Evaluación del riesgo compuesto a los peligros climáticos a diferentes escalas en la costa mediterránea

Rut Romero-Martína, Isabel Caballero-Leivab, Jose A Jiméneza, M. Carme Llasatb, Montserrat Llasat^b, Tomeu Rigo^c v Herminia Valdemoro^a

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech (rut.romero@upc.edu); bGAMA, Department of Applied Physics, Universitat de Barcelona y cServei Meteorològic de Catalunya.

1. Introducción

La fachada marítima Mediterránea se caracteriza por ser la zona costera española donde la influencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos es más importante, de tal manera que el riesgo costero a peligros naturales está controlado tanto por procesos de origen marino como de origen "terrestre". En consecuencia, la gestión adecuada del riesgo en esta zona requiere disponer de una evaluación de ambas componentes dado que, de lo contrario, se subestimaría el riesgo total a la vez que se desconocería el papel relativo de cada una de ellas, lo que afectaría al diseño de las medidas de adaptación necesarias.

Con el fin de contribuir a la resolución de este problema, en este trabajo se presenta una metodología para caracterizar el riego de la zona costera a los peligros marinos e hidrometeorológicos extremos a partir de la evaluación de una serie de indicadores que cuantifican la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición del sistema teniendo en cuenta ambos dominios. Dicha evaluación se realiza a una escala espacial adecuada a cada uno de los procesos analizados, y es integrada posteriormente a una escala de gestión representativa, que en este caso se ha elegido la escala municipal. Con ello, se puede identificar en términos absolutos y relativos las zonas con mayor riesgo, identificando a su vez tanto la contribución de cada componente como su riesgo acumulado.

El índice de peligrosidad marino está compuesto por una serie de indicadores que cuantifican la contribución de los peligros más representativos en la costa mediterránea a diferentes escalas (episódica, medio y largo plazo), mientras que el indicador de vulnerabilidad incluye variables que miden tanto la capacidad de respuesta como de adaptación natural de la costa a dichos procesos. Con respecto a los procesos hidrometeorológicos, el indicador de peligrosidad cuantifica el papel de la lluvia tanto torrencial como su efecto acumulado, las tormentas convectivas, y los episodios de viento intenso. El indicador de vulnerabilidad en este caso queda controlado por las características del terreno que modulan la respuesta a esos episodios de lluvia, y que condicionan el desarrollo de riadas y episodios de inundación. Finalmente, para caracterizar las consecuencias de ambas componentes, se propone un

indicador de exposición que cuantifica, para una franja representativa de los dominios analizados de la zona costera, los valores en exposición y que representarían el daño posible.

En la figura 1, puede verse el valor del riesgo costero integrado donde se identifica cada municipio con un valor en una escala de 1 (VL, riesgo muy bajo) a 5 (VH, riesgo muy alto). Para el escenario analizado, más del 40 % de los municipios de Cataluña y la Comunidad Valenciana pueden caracterizarse con riesgo alto o muy alto. En el trabajo completo se presentará el método desarrollado, así como los resultados obtenidos de forma detallada.

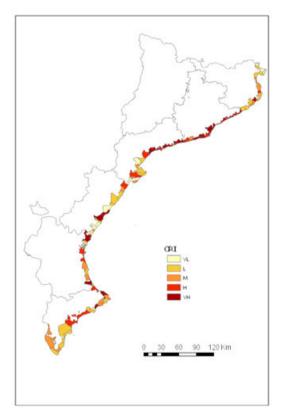


Fig. 1 Índice de riesgo costero compuesto acumulativo (CRI) para municipios costeros de Cataluña y Comunidad Valenciana. Los colores más oscuros representan valores más altos del riesgo (VH), mientras que los colores más claros representan los valores más bajos del riesgo (VL).

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los proyectos M-CostAdapt (CTM2017-83655-C2-1-R, MINECO/AEI/FEDER, UE) y C3RiskMed (PID2020-113638RB-C21/ AEI / 10.13039/501100011033)





Riesgo operativo: Nueva herramienta para la gestión vulnerabilidades en las áreas operativas de interés portuarias dentro del Cuadro Ambiental de Puertos del Estado.

Rafael Molina^a, David Rodríguez^a , Álvaro Campos^a, Marta de Alfonso^b, Susana Pérez^b, Alberto Rodrígueza, José María Terrésc, Javier García-Valdecasasc, José Ma García-Valdecasas^d, Óscar Ballesteros^d, Enrique Álvarez^b, ^aDpto, Ingeniería Civil, Transportes, Urbanismo y Territorio. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 🜔, rafael.molina@upm.es; bÁrea de Medio Físico, Puertos del Estado (PdE), [0], enrique@puertos.es; Oritia&Boreas S.L (O&B), [0], terresnicoli@oritiayboreas.com; dNologin Consulting S.L.

1. Introducción

El Organismo Público de Puertos del Estado (OPPE) lleva años trabajando en el desarrollo de sistemas avanzados de medida y predicción de variables del medio físico con aplicaciones portuarias. En la actualidad el Área de Medio Físico, dentro del programa SAMOA2 (Sistemas de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico a las Autoridades Portuarias) ha llevado a cabo un salto generacional en el esquema de predicción, basado en el incremento de la resolución espacial en la medida y el modelado de variables océano-meteorológicas. El fin de este esfuerzo de desarrollo e implementación es dar valor añadido a la caracterización de alta resolución del medio físico en las áreas operativas de los puertos (AOIs) mediante la gestión de la vulnerabilidad y el riesgo climático. El área de Medio Físico de Puertos del Estado desea dotar al sistema portuario de herramientas que apoyen en la gestión de sus infraestructuras y la optimización de la operativa portuaria.

Metodología v Resultados 2.

Para lograr éste objetivo, durante el proyecto SAMOA 2, se han ejecutado una serie de acciones, alineadas con el programa ROM y la guía del O.P.Puertos del Estado "Conceptos y herramientas probabilísticas para la gestión del riesgo en el ámbito portuario".

En primer lugar, se ha ejecutado un estudio particularizado para cada autoridad portuaria, que ha tenido como resultado la discretización espacial de cada puerto en las áreas operativas de interés que lo conforman (AOIs). Un AOI puede definirse, como un espacio portuario con una misma actividad funcional, que comparte tipologías infraestructurales, medios de manipulación, usos del suelo, etc. y que está sometido de un modo homogéneo por los agentes del medio físico. Este estudio se ha llevado a cabo en coordinación con los agentes responsables de la actividad portuaria de cada puerto, de manera que el conocimiento del

usuario final se ha hecho protagonista durante el estudio y consolidación de atlas de puerto y la herramienta de Riesgo Operativo.

Por otro lado, se han utilizado e integrado los nuevos modelos de predicción de alta resolución desarrollados dentro del proyecto SAMOA2, como fuente de información para la herramienta. Gracias a estos nuevos modelos de alta resolución se ha podido caracterizar cada AOI utilizando los diferentes puntos del modelo que la conforman y representar esta información superficial como descriptores estadísticos representativos de toda el AOI. configurables éstos por el administrador del puerto.

Por último, a finales del año 2021, se publica la herramienta de Riesgo Operativo dentro del Cuadro de Mando ambiental de Puertos del Estado (Fig. 1). Esta aplicación web pone a disposición de toda la comunidad portuaria, un espacio unificado de visualización y gestión de la situación y vulnerabilidades, actuales y futuras, con un horizonte de predicción a 72 horas, de las áreas operativas de interés de cada uno de los puertos que lo han integrado (Barcelona, Cartagena, Granadilla, Huelva, Málaga, Santa Cruz de Tenerife, Tarragona).

En esta ponencia se presentarán las conclusiones obtenidas tras la implantación de la metodología como algunos casos de éxito que avalan la necesidad del desarrollo de estas herramientas que faciliten la gestión del riesgo océnano-meterorológico desde la perspectiva particular de cada actor portuario.

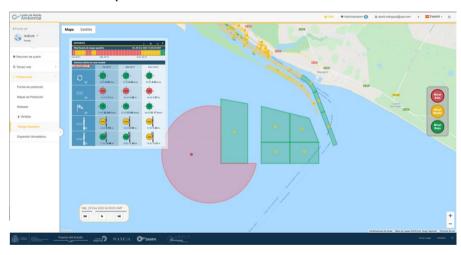


Fig. 1 Ejemplo vista a través de CMA del módulo de riesgo operativo online implantado para la autoridad portuaria de Huelva. Fuente: Cuadro de mando ambiental (CMA) de OPPE (2022)

Referencias

Molina-Sanchez, R., Campos, Á., de Alfonso, M., de los Santos, F. J., Rodríguez-Rubio, P., Pérez-Rubio, S. & Álvarez-Fanjul, E. (2020). Assessing Operability on Berthed Ships. Common Approaches, Present and Future Lines. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 255.





Desarrollo de sistemas operacionales para las operaciones navales fases de planeamiento v predicción: **Proyecto** para SIAAMETOC-OM

Alejandro Ortega Felipe, Gabriel Díaz-Hernández b, Alejandro González Valleb

^aInstituto Hidrográfico de la Marina C/ San Severiano, 3 – 11.007 – Cádiz (España) aortfel@fn.mde.es

bInstituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria), 📵 diazg@unican.es; alejandro.gonzalezv@unican.es

1. Introducción

La Armada Española está potenciando la capacidad del Apoyo Medioambiental para las operaciones Navales y denominadas técnicamente en la doctrina OTAN como apoyo REA (Rapid Environmental Assessment). El apoyo REA consiste en generar la información a partir de disciplinas como la información Meteorológica, Oceanográfica y Geoespacial que sea relevante para las operaciones navales militares en tiempo y forma, para asesorar al mando durante las fases de planeamiento y ejecución de las operaciones. El desarrollo de nuevas metodologías y los avances en modelos numéricos, han permitido que los sistemas operacionales ampliamente empleados en el ámbito civil, también sean aplicables para el apoyo REA de la armada. Para ello deben de estar concebidos con características muy específicas que les confiere de una alta capacitación y singularidad para las operaciones navales. Desde el 2017 el IHM e IHCANTABRIA han trabajando conjuntamente en la definición, desarrollo y aplicabilidad de estrategias de regionalización predictiva para las operaciones navales, y más en concreto, en las operaciones anfibias. Las operaciones anfibias son muy sensibles a las condiciones ambientales por su amplio espectro de unidades participantes y en un ámbito cercano a costa con constantes cambios. Esto obliga a tener alto conocimiento meteoceanográfico de la zona de operaciones. El desarrollo SOPROA (Sistema Operacional de PRedicción para las Operaciones Anfibias) es la versión inicial y ha supuesto el primer banco de pruebas del empleo de sistemas operacionales en las operaciones anfibias desarrolladas por la Armada Española tanto en ámbitos nacionales como internacionales, algunas de ellas dentro del ámbito de la OTAN. El SOPROA ha dado pie al desarrollo del SIAAMETOC-OM (Sistema Integrado de Apovo Automático METeo-OCeanográfico para Operaciones Marítimas), seleccionado dentro del Programa Proyecto Coincidente 2018 de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). Sistema concebido conforme a los requisitos específicos de las operaciones militares como son la automatización, fácil operatividad, certidumbre, relocalización, adaptabilidad y robustez. Estas características junto con la obtención de productos y salidas en tiempos y maneras adecuadas, son las que proporcionan al SIAAMETOC-OM de gran capacidad no existente en ninguna Marina del mundo. Esto hace que sea un proyecto totalmente novedoso y muy ambicioso que une el empleo de complejas metodologías en ingeniería marítima con la simplicidad en el producto final. Sistema SIAAMETOC-OM

El SIAAMETOC-OM es un desarrollo avanzado de los conceptos anteriores que se basan en estrategias de regionalización y espacial del oleaje tanto para la información climática mediante datos de HINDCAST (downscaling híbrido) como predictiva con FORECAST (downscaling dinámico, ver Fig. 1) para tener un conocimiento preciso de la zona de desembarco en datos de corrientes, oleaje y viento tanto climática como predictiva. Para ello, se parte de zonas de aguas profundas offshore y traslada la información a escala regional en el punto de interés. El grado de mejora y modernidad, basada en una interfaz gráfica de usuario (GUI) que simplifica y automatiza los procesos permite que pueda ser empleado por personal de baja cualificación y, por tanto, aplicable en cualquier unidad de la Armada en sus propias operaciones. La parte climática del SIAAMETOC-OM (HIDCAST) está concebida para la fase de planeamiento de las operaciones navales con productos finales de alta calidad y específicos para las operaciones anfibias. Esto permite planear operaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas existentes en una zona lo cual le confiere mayor seguridad para las operaciones tanto para el personal como el material. Por último, el SIAAMETOC-OM tiene un módulo añadido que permite predecir a partir de los datos de predicción de viento y oleaje las condiciones de oleaje dentro de los diques y dotar a las unidades de la Armada de una mejor información para decidir y operar en el momento de los movimientos de embarcaciones tipo LCM1-E. Las salidas se basan en un semáforo rojo-amarillo-verde en función del oleaje en varias partes del dique y los límites operacionales de las embarcaciones.



Fig. 1. Ventana principal, del sistema automático de reguonalizaciónd e oleaje dentro del proyeto SIAAMETOC-OM.





GESTIÓN DE DRAGADOS $\mathbf{E}\mathbf{N}$ LOS **PUERTOS AUTONÓMICOS DE GALICIA**

Juan Antonio Rodríguez Pardo, José Manuel Nieto Matamoros^a y Juan Carlos González Revilla b

^a Portos de Galicia, jarpardo@portosdegalicia.com; jose.manuel.nieto.matamoros@portosdegalicia.com

1. Resumen

La Entidad Pública Empresarial Portos de Galicia gestiona 122 puertos dependientes de la Xunta de Galicia, a lo largo de 1.270 kilómetros de costa. El conjunto de las instalaciones cuenta con más 5 millones de metros cuadrados de lámina abrigada y 31 kilómetros de muelles, desenvolviéndose en ellas actividades relacionadas con la pesca, marisqueo y acuicultura, mercancías, náutico deportivas y de pasaje.

Asegurar la operatividad y competitividad de todas las instalaciones en condiciones adecuadas de seguridad es una necesidad irrenunciable para Portos de Galicia y una línea de trabajo estratégica a corto, medio y largo plazo. En este sentido, es necesario mantener y adecuar los calados para que puedan operar barcos profesionales y buques comerciales que. en muchos casos, son cada vez mayores, de acuerdo con la evolución de la flota.

Todos los puertos se encuentran afectados por la dinámica sedimentaria en mayor o menor medida aunque, si bien algunos tienen una dinámica relativamente estable, otros se encuentran sometidos a una dinámica más intensa, demandando dragados periódicos con una frecuencia de pocos años.

Así, desde el año 2000 se han realizado 57 actuaciones de dragado, en las cuales se han extraído más de 1,3 millones de metros cúbicos de material, de los cuales fueron reutilizados para usos productivos algo más del 50%.

En la mayor parte de los casos se trata de dragados de pequeña entidad (decenas de miles de metros cúbicos), aunque en algunos casos como los puertos de Ribadeo, Burela o Brens (Cee) se han realizado dragados de varios centenares de miles de metros cúbicos.

Actualmente existe necesidad de dragado en 40 puertos, destacando que en 16 de ellos esta demanda es periódica con una frecuencia aproximada inferior a 10 años.

El contexto en el que se desarrollan estos trabajos es muy complejo, con un ámbito territorial muy extenso y diverso, sometido a duras condiciones climáticas y de navegación, con una gran riqueza medioambiental y patrimonial, y con una intensa actividad socioeconómica

^b Tecnombiente S.L.U., jc.gonzalez@tecnoambiente.com

relacionada con los resursos marinos. Todo ello dificulta la gestión de los dragados portuarios, especialmente en lo que respecta al compromiso con la conservación del medio ambiente marino, del patrimonio histórico y los usos legítimos del mar, así como con el cumplimiento de la normativa vigente en la materia, a lo que se añaden las dificultades operativas y administrativas propias de este tipo de actuaciones.

Se requiere, por tanto, un gran esfuerzo técnico, científico y de gestión, para abordar los retos planteados de forma integrada, transversal y continuada en el tiempo.

La comunicación que se presenta expone las estrategias y actuaciones puestas en marcha por Portos de Galicia para acometer las necesidades de dragado del sistema portuario autonómico, bajo la casuística particular del complejo contexto del ámbito geográfico, medioambiental y socioeconómico en el que se desenvuelve la actividad portuaria.



Fig. 1 Bombeo de arena procedente del dragado en el puerto de Viveiro-Celeiro (Lugo)



Fig. 2 Dragado de roca en el puerto de Laxe (A Coruña)





Estado y evolución de las comunidades de macrofauna bentónica de fondo blando en una zona afectada por extracciones de arena

Iñigo Muxika^{a*}, Ángel Borja^a, Javier Franco^a, Joxe Mikel Garmendia^a, Manuel Gonzáleza v José Germán Rodrígueza

^aAZTI-Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa); *: imuxika@azti.es

1. Introducción

El Puerto de Bilbao comenzó en el año 1992 la ampliación y mejora de sus instalaciones, desplazando el grueso de su actividad a la zona exterior del estuario del Nervión, donde, desde 2016, se está construyendo el espigón central. La obra consta de dos fases (la primera ya finalizada) y requiere una elevada cantidad de material arenoso de relleno procedente de la Zona II del puerto. Las actuaciones de extracción llevan asociado un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que garantiza el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras recogidas en el Estudio de Impacto Ambiental. En el PVA se contempla el análisis del impacto de las extracciones sobre las comunidades bentónicas de fondo blando a diferentes escalas temporales, así como el estudio de los procesos de recuperación de las mismas una vez cesan las extracciones. En esta comunicación se presenta el estudio de las comunidades de fondo blando en el marco del PVA del proyecto entre 2016 y 2020.

2. Materiales v métodos

El estudio de las comunidades de fondo blando se realiza mediante muestreo en las situaciones previas a las extracciones y en las posteriores (metodología BACI, del inglés Before-After Control-Impact), lo cual permite comparar el estado de las comunidades en ambas fases y evaluar el impacto de las actuaciones.

Se diseñó una red de muestreo que contemplara tanto la zona de extracciones como el entorno próximo que podría ser afectado y se incluyeron estaciones de referencia, suficientemente alejadas de la zona de actuación y que, previsiblemente, no serían afectadas por los trabajos. En cada campaña se muestreó fauna bentónica y sedimento en 8-17 estaciones con una draga oceanográfica tipo van Veen de ~0,1 m² de superficie. Para la caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de sustrato blando las muestras se tomaron por triplicado y se tamizaron in situ (1 mm de luz de malla. Los organismos retenidos se preservaron en una solución de formaldehido tamponado al 4% en agua de mar. En la Tabla 1 se presenta información de las campañas de muestreo, así como de las diferentes extracciones llevadas a cabo.

Extracciones			Campañas comunidades bentónicas		
Número	Volumen (m ³)	Fechas	Campaña	Fecha	Nº estaciones
			Preoperacional	Marzo 2016	8
Primera	500.000	Abril – mayo 2016			
			Post 1ª extracción	Octubre 2016	8
Segunda	100.000	Junio 2017			
			Post 2ª extracción	Octubre 2017	17
Tercera	300.000	Nov- dic 2017			
			Post 3ª extracción	Mayo 2018	17
Cuarta	7.000.000	Oct 2018 – mar		-	
			Post 4ª extracción	Agosto 2019	17
			Campaña final	Julio 2020	17

Tabla 1. Información de las extracciones y de las campañas de fauna bentónica y sedimento.

En el laboratorio se procedió a la separación, identificación y recuento de los macroinvertebrados bentónicos, y se estimó su biomasa en forma de peso seco. Se evaluaron los principales parámetros estructurales de la comunidad: densidad y biomas totales y específicas, riqueza específica, diversidad de Shannon, diversidad máxima y equitabilidad. Además, se calculó el índice biótico AMBI, que permite clasificar el estado de calidad del medio a partir de la composición de las comunidades del bentos.

3. Resultados y conclusiones

Los parámetros estructurales de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos indican la presencia de comunidades relativamente ricas en la zona de estudio. En general, se registran valores bajos a moderados de densidad y moderados a altos de riqueza específica, con valores de biomasa heterogéneos.

Los organismos oportunistas no tienen una representación importante, siendo dominantes las especies sensibles a la alteración del medio, seguidas por las especies tolerantes y por las indiferentes. Esto da lugar a valores de AMBI indicativos de alteración nula a ligera.

El estado de las comunidades bentónicas en las diferentes campañas de estudio indica que las extracciones llevadas a cabo no han generado un impacto significativo sobre dichas comunidades a las escalas temporales consideradas, lo cual sugiere una alta capacidad de recuperación de este componente biológico.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Autoridad Portuaria de Bilbao, al personal de muestreo y de laboratorio de AZTI-Investigación Marina, así como a Ekocean e Insub.





Aplicación de técnicas de muestreo pasivo para la evaluación avanzada de los niveles de Cd, Pb y Ni en el agua en la vigilancia ambiental de dragados portuarios

Iratxe Menchaca^a, Hugo Carvalhal^b, Maria Jesús Belzunce-Segarra^a, Javier Franco^a, Joana Larreta^a y José Germán Rodríguez^a

^aGestión Ambiental de Mares y Costas, AZTI, Pasaia (Gipuzkoa), imenchaca@azti.es; ^bUniversidad del País Vasco: Facultad de Ciencia y Tecnología, Leioa (Bizkaia).

1. Introducción

Las recomendaciones sobre la evaluación de la calidad de las aguas litorales en áreas portuarias recogidas en la R.O.M. 5.1-13 establecen la necesidad de la evaluación de la calidad química del agua mediante muestreo con botella oceanográfica (esto es, tomando muestras discretas y puntuales). En los últimos años, en el ámbito de la aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000/60/CE) se viene planteando la evaluación del estado químico con metodologías alternativas e innovadoras basadas en el uso de muestreadores pasivos in situ. Estos dispositivos se instalan en el agua durante días o semanas y recogen la información de manera integrada en el tiempo, permitiendo obtener una estima mucho más representativa de la contaminación media que la que se obtendría por los métodos de muestreo convencionales. El objetivo del presente estudio es la aplicación de técnicas de muestreo pasivo de tipo DGT (del inglés Diffusive Gradient in Thin Films) (Fig. 1) para evaluar el posible impacto de un dragado en la calidad del agua.



Fig. 1. Esquema de los diferentes componentes de un muestreador pasivo de tipo DGT

2. Material y métodos

El muestreo consistió en la evaluación de la concentración de metales en el agua, mediante la instalación de dispositivos de muestreo pasivo y la toma simultánea de muestras de agua con botella oceanográfica (Fig. 2), en el entorno de afección del dragado en el Real Club Marítimo del Abra (Getxo, Bizkaia) (Fig. 3), en 5 estaciones, en tres etapas: antes (del 27 de octubre al 2 de noviembre de 2021), durante (del 3 al 6 de enero) y después (del 13 al 19 de enero) de dichas operaciones de dragado (ca. 1.000 m³ de sedimento extraído). Además, en cada uno de los muestreos, se midieron in situ variables hidrográficas: salinidad, temperatura,

oxígeno disuelto y pH (Fig. 2). Se analizaron los metales prioritarios según la DMA (Cd. Ni. Pb) y otros metales específicos (Cu, Co, Zn) en las muestras de agua obtenidas con botella oceanográfica y posteriormente filtradas (< 0,45 µm): concentración de metal disuelto, y en las muestras obtenidas con DGT: concentración de metal lábil. En ambos casos se utilizó la técnica de análisis ICP-MS. Adicionalmente, en las muestras de agua también se determinó el carbono orgánico disuelto, el material particulado en suspensión y la turbidez.



Fig. 2. Muestreo de aguas con botella oceanográfica Niskin, colocación de muestreadores pasivos y medicición de variables hidrográficas in situ.



Fig. 3. Localización de las 5 estaciones y de la zona dragada (polígono rojo) en el Real Club Marítimo del Abra (Getxo, Bizkaia).

3. Resultados y discusión

De acuerdo con la información obtenida, se contrastan las concentraciones de metales obtenidos con las técnicas de muestreo pasivo y las técnicas de muestreo puntual durante las tres etapas del estudio. Además, se discute la posible influencia del dragado, así como de las variables analizadas, en las concentraciones de metales evaluadas.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Autoridad Portuaria de Bilbao.





Construcción del muelle Baleares en el Puerto de Tarragona

Carles Segura Ballesté^a, José Luís Román Antón^b, Oriol Queraltó Domènech^c, Miquel Roset Ramos^d, Aitor Beguiristain Buira^e, Olga Figueras Masana^f

^aDirector de infraestrucuras y conservación, Autoridad Portuaria de Tarragona; ^bJefe de la unidad de proyectos y obras, Autoridad Portuaria de Tarragona; ^cJefe de la unidad de infraestructuras, Autoridad Portuaria de Tarragona; de departamento, FCC Construcción, S.A.; e Jefe de obra, COMSA S.A.U.: Jefa de Producción, FCC Servicios Ciudadanos.

1. Introducción

La Autoridad Portuaria de Tarragona (en adelante APT) inauguró el 29 de octubre de 2021 el muelle Baleares. Un muelle destinado inicialmente a cruceros, donde se han habilitado dos líneas de atraque de 460 m y 240 m respectivamente y una explanada de 4 ha.



Fig. 1. Vista aérea del muelle Baleares una vez finalizadas las obras

Las obras salieron a licitación el 08/12/2019, la formalización del contrato fue el 19/03/2020 y el inicio de las obras se marcó para 16/04/2020, aunque la llegada de la COVID-19 obligó a empezarlas un mes después. La duración total de las obras ha sido de 18 meses y el presupuesto final de inversión ha ascendido a 29.824.133,57 € + IVA.

La empresa adjudicataria de las obras fue la UTE Baleares (FCC Construcción S.A. y COMSA S.A.U., en adelante FCC y COMSA).



Fig. 2. Código QR de acceso a los vídeos del muelle de Baleares en el canal de YouTube de la APT

2. Solución constructiva

Se trata de un muelle de cajones de hormigón armado, apoyados sobre una banqueta de escollera de 100 a 250 kg y un espesor de entre 4 y 5 m, apoyada sobre un fondo de gravas arenosas al que se llegó con un dragado previo mediante draga de succión en marcha.

Se colocaron 11 cajones de 41,85 m de eslora, 16,75 m de manga y 21,30 m de puntal, que una vez rellandos de material procedente de dragado y de préstamo se coronó con una biga de cantil de 5,40 m de ancho y 1,65 m de espesor. La viga de cantil se equipó con bolardos de 200 t, mientras que las defensas de la alineación exterior són tipo escudo SC-1600 y las del muelle interior cilíndricas C-1400 de 2 m de longitud. Tras la viga cantil, la zona de maniobras se ha pavimentado con un firme de 32 cm HF-4,5.

El muelle se conecta al dique de Levante mediante dos diques de cierre en talud construidos con medios marítimos y terrestres, con mantos de 4 t en el dique sur (expuesto al oleaje entrante por la bocana) y de 0,5 a 1,5 t en el dique norte (a resguardo en dársena interior).

La explanada se rellenó con material procedente del dragado de la dársena de Cantabira, ubicada frente al muelle, cruzando el canal de entrada mediante la impulsión por tubería sumergida. Con el mismo material de dragado se realizó una precarga de la explanada.

Finalmente la explanada se habilitó con los servicios necesarios para entrar en explotación, y se pavimentó con un firme de MBC.

3. Gestión de la obra durante la pandemia

Es destacable en esta obra la inevitable afectación de la pandemia de COVID-19 que coincidió con el inicio de las obras. Para poner en contexto debemos tener presente que el 14 de marzo el Gobierno de España decretó el estado de alarma, limitando la libertad de circulación ciudadana a determinados supuestos y decretando el cierre de la mayoría de comercios y la totalidad de los lugares de ocio, educativos y culturales. Se inició entonces la cuarentena en todo el país. Sólo cinco días después, el 19 de marzo se formalizaba la adjudicación de las obras a la UTE Muelle Baleares.

Esta situación requirió que los distintos departamentos de las partes impicadas, APT, FCC y COMSA establecieran los mecanismos jurídicos y administrativos necesarios para poder iniciar las obras, a la vez que el personal técnico elaborase los procedimientos que permitieran garantizar la seguirad del personal de obra. Es importante destacar que si bien los primeros trabajos a realizar fueron los de dragado en zanja, el 25/05/2020, el 20/07/2020 se inició la construcción de los cajones en el cajonero Mar del Aneto con más de 50 personas trabajando a turnos en un espacio reducido.

Gracias a las medidas tomadas, todas las partes podemos estar orgullosas de poder explicar que no se produjo ningún caso de COVID durante las obras.





Construcción de diques exentos. Valleseco, un caso interesante

Rafael Torres Sampera y Javier I. Mora Quinterob

^a NEOS MARITIME CONSULTING S.L. ¹ rafael.torres@neos-mc.com;

1. Introducción

La construcción de un dique de abrigo, en general, es una de las actividades más caracterísiticas dentro del conjunto de las obras marítimas y portuarias. Este pasado boom de de construcción de infraestructura marítima de abrigo en España, ha permitido una evolución y perfeccionamiento de los procedimientos constructivos de diques de todos los tamaños y características.

Los diques de abrigo exentos, es decir, aquellos que, a modo de isla, no tienen conexión con tierra, son un caso particular en el cuál, en función de varios parámentros, los procedimientos constructivos pueden diferir sustancialmente de los de los diques en general.

Las realizaciones habidas útlimamente de esta tipología de diques son son mucho más escasas y por tanto no ha habido un desarrollo tan grande comoe en el caso general.

En marzo de 2020, la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, publica la licitación para al adjudicación del contrato de ejecución de las obras de defensa marítima y ordenación de la Zona de Charcos de área funcional de Valleseco. Las referidas obras de defensa marítima se componen de un pequeño dique de 124 m de longitud que arranaca desde la costa, y tres dique exentos, sensiblmente paralelos a la misma, de longitudes aproximadas 37 m, 97 m y 42 m respectivamente.

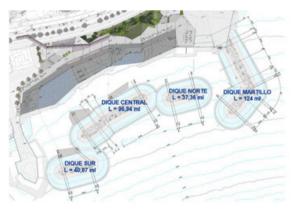


Fig. 1. Valleseco. Ddiques exentos. Planta

^bAUTORIDAD PORTUARIA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE 🔟 jmora@puertosdetenerife.org

Construcción de diques exentos. Valleseco, un caso interesante

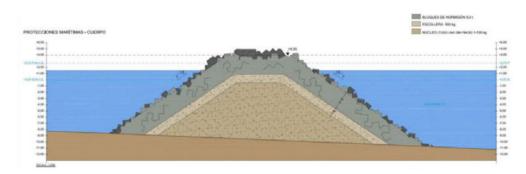


Fig. 2. Valleseco. Diques exentos. Sección tipo

2. Planteamiento de la AP Santa Cruz de Tenerife

Como es habitual, cuando se realiza un proyecto de construcción en general, se tiene la idea clara de cuál es el procedimiento constructivo más adecuado para aquello que estamos proyectando desde el inico. Pero, cuando se proyectan infraestructuras cuyo procedimiento constructivo idóneo no resulta evidente a priori, como puede ser el caso de diques exentos en general y este en particular, la situación se vuelve más complicada tanto para la redacción del propio proyecto, como para la valoración de las obras, como para el trámite de la licitación y selección de la mejor oferta.

Consciente de ello, la APSCT, antes de sacar a concurso la licitación y con el proyecto constructivo previamente redactado, plantea la realización de los siguientes estudios previos:

- a) Análisis comparado y valorado de todos aquellos procedimientos constructivos que razonablmente pueden resultar candidatos a ser el más adecuado:
- b) Estimación de las diferencias entre la solución adoptada en proyecto y las alternativas
- c) Aprovechamiento de las conclusiones alcanzadas para su consideración en la licitación.

3. Alternativas constructivas y conclusiones

Aparte del análisis constructivo detallado de la solución propuesta en el proyecto, otras tres fueron las alternativas constructivas analizadas, valoradas y comparadas entre sí. Los criterios de valoración tuvieron en cuenta aspectos como coste, plazo, riesgo de disponibilidad de quipos, riesgo de averías en la estructura, ocupación de superficies, reutilización de materiales... Finalmente, además del análisis comparado, se realizó un análisis de sensibilidad de la valoración frente a todos estos parámetros para determinar la estabilidad de la comparación frente a ligeras variaciones de los criterios.





Cimentaciones especiales v control de corrosión la en reconstrucción del paseo marítimo en el entorno de la dársena náutica en As Avenidas. Vigo (Pontevedra)

J. Andrés Salvadores González⁽¹⁾, Oscar Gómez Espiño⁽²⁾, Francisco Javier Zubía Fernandez⁽³⁾

1. Introducción

La Autoridad Portuaria de Vigo dentro del proceso de acercamiento del Puerto a la ciudadanía, ha emprendido una serie de inversiones que rehabilitan y humanizan ciertos espacios portuarios de vital importancia para la trama urbana. En esta línea, se acomete la reconstrucción del paseo de As Avenidas, estructura volada sobre la lámina de agua de la Antigua Dársena para embarcaciones deportivas en el Puerto de Vigo.

Como punto de partida, para la recuperación del espacio, se descartó la ejecución de una estructura de gravedad mediante bloques de hormigón ya que en ningún momento se planteó la posibilidad de efectuar un nuevo relleno sobre dicha lámina de água. Además entre los requermimientos del diseño, se encuentran el conservar las dimensiones originales, sin perder espacio portuario y sin aumentar la ocupación de lámina de agua.

En este contexto, el proyecto presenta varias complejidades que han condicionado la solución desde el primer momento.

Por un lado, el paseo de As Avenidas, transcurre por encima del túnel de Orillamar, una de las arterias de tráfico más importantes de la ciudad. Este aspecto limita las cargas que pueden aplicarse encima del mismo, especialmente en lo relacionado con el empleo de maquinaria de gran tonelaje en fase de ejecución de agua.

Por otro lado, las cimentaciones antiguas formadas por parejas de pilotes prefabricados separados cada 5 metros, condicionan el espacio disponible para disponer los nuevos elementos de apovo.

La presencia del talud de escollera con la doble misión de proteger el antiguo colector y disminuir la agitación interior de la dársena, suponen una dificultad adicional ya que dificultan los procesos de perforación.

⁽¹⁾ICCP. Jefe de División de Desarrollo de Inversiones de la Autoridad Portuaria de Vigo: asalvadores@apvigo.es

⁽²⁾ ICCP, Director Proyectos Aquática Ingeniería SL; ogomez@aquaticaingeneiria.com

⁽³⁾ ICCP, Director de Zubía Ingenieros; javier@zubiaingenieros.com

Igualmente, se planteó una ejecución de los trabajos que generase la menor afección al servicio portuario de la Dásrsena, por lo que la ejecución de los trabajos mediante medios marinos se descartó, ejecutándose todos los trabajos desde el lado tierra.

Durante el diseño de la solución se impuso las máximas exigencias en cuanto a durabilidad y control de la corrosión de la estructura, buscando soluciones constructivas encamindas a dicho objetivo.

2. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en una estructura de vigas biapoyadas sobre una zapatacargadero corrida en el lado tierra y parejas de micropilotes con camisa perdida y doble camisa exterior, una de refuerzo frente a pandeo de acero y otra de protección frente a corrosión de PRFV. Todas las armaduras de la estructura, incluidos los micropilotes están conectados entre sí a unos ánodos de sacrificio donde se han establecido puntos de control.

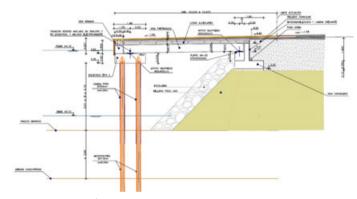


Fig. 1 Sección transversal de la estructura

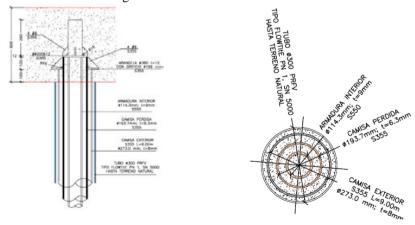


Fig. 2 Detalle del micropilotes tipo:alzado y sección tipo



Pantalanes flotantes para remolcadores, el caso de TangerMed

Francisco Sarrias

Marina System Ibérica SL, o, info@msi1991.com

1. Introducción

Las dársenas comerciales acogen pantalanes flotantes desde hace años para las embarcaciones deportivas, de pesca y de servicio gracias a sus ventajas como elemento reubicable y adaptable al cambio climático.

La dinámica evolución de los tráficos de mercancías ponen presión a flexibilizar el amarre de embarcaciones de mayor tamaño como remolcadores, pesqueros de altura y cargueros de medio tamaño.

El caso de uso que se describe es un ejemplo de la evolución del concepto de pantalán flotante a ese tipo de embarcaciones de mayor porte.



Fig. 1 Carguero amarrado en el Puerto de Donso (Suecia)

2. El caso de los remolcadores de Tanger Med

El Puerto de TangerMed es uno de los más dinámicos del Africa, situado estratégicamente en el estrecho de Gibraltar con una estrategia comercial muy agresiva está consiguiendo un incremento de tráfico excepcional.

Este dinamismo exige un contínuo crecimiento de sus muelles de atraque y sus explanadas de almacenamiento, el puerto está contínuamente ampliándose y las terminales cambian de uso de un año para otro, lo que hace que sea imprescindible flexibilizar la ubicación de los remolcadores y los prácticos del puerto.

Por ello nos solicitaron una solución de pantalanes flotantes capaces de albergar su flota de remolcadores de manera segura.

En la ponencia se describirá la diferentes tipologías estudiadas y cual fue la solución elegida así como las lecciones aprendidas durante el proceso.

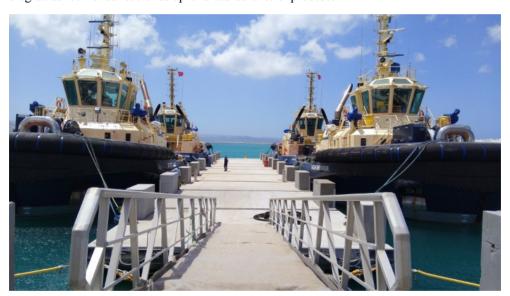


Fig. 3 Remolcadores en TargerMed amarrados en pantalán flotante

3. Conclusión

El uso de pantalanes flotantes en remolcadores y cargueros de mediano tamaño abre un granb banico de posibilidades para el aprovechamiento de espacios inutilizados en dársenas comerciales con una inversión muy reducida.



Inspección visual de espaldones de diques con corrosión: causas del deterioro identificadas v recomendaciones

Víctor D. Lanza Fernándeza, Pilar Alaejos Gutiérrezb, Ana Lope Carvajalc

^a Jefe de Área de Ciencia de Materiales, Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, CEDEX, Victor, Lanza@cedex.es; b Directora del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, CEDEX, Pilar.Alaejos@cedex.es; ^cJefe de Área de Planificación de Infraestructuras. Puertos del Estado, alope@PUERTOS.ES

1. Resumen

Desde el año 2017, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX ha llevado a cabo para Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias el estudio del estado del hormigón en 5 espaldones de diques que, con menos de 20 años de servicio, ya muestran un importante deterioro por patologías de corrosión. Este trabajo ha incluido la inspección visual de las estructuras, ensayos de campo para el análisis del estado actual de corrosión y, finalmente, el estudio de la calidad del hormigón sobre testigos extraídos de los espaldones.

En esta comunicación se muestran los resultados obtenidos a partir de la inspección visual de los espaldones, de la que en una primera aproximación se pueden ya sacar algunas conclusiones. A continuación, se resumen las más significativas, aportando también algunas recomendaciones para evitar en el futuro estos acortamientos de la vida útil.

Respecto a la Geométría de los espaldones estudiados, las bermas de tránsito (Fig. 1) y las esquinas (tanto el canto superior de la viga cantil (Fig. 2) como el canto superior de los espaldones) han sido zonas especialmente sensibles donde el riesgo de corrosión es mayor, por lo que han sufrido un deterioro intenso. También las zonas curvas de los espaldones (Fig. 3) son de dificil ejecución, no consiguiéndose en algunos casos mantener un espesor de recubrimiento que evite la corrosión.

En general, el bajo espesor de recubrimiento no ha sido un defecto en los espaldones de los diques. Ahora bien, aquellos lugares en que se ha producido (Fig. 4), la corrosión se inicia rápidamente, fisurando el recubrimiento y desarrollando una patología en estos puntos.

Durante la colocación del hormigón, se han identificado dos defectos relacionados con la mala compactación del hormigón en el recubrimiento: la falta de compacidad (Fig. 5) y los regueros en superficie. Ambos conllevan la perdida de calidad en el recubrimiento, lo que se termina reflejando en la aparición de patologías en las estructuras.

También durante la ejecución, las deficiencias en el curado se han detectado en la inspección visual por la aparición de fisuras de afogarado (fisuras finas dispuestas en piel de cocodrilo, Fig. 6). Estas fisuras son la muestra última que prueba un curado defectuoso o inexistente. Se hace notar que el hecho de que estas fisuras no aparezcan, cuando el curado no se ha realizado correctamente, no es garantía de haber logrado una adecuada durabilidad, ya que aunque el hormigón no llegue a fisurar, la permeabilidad del recubrimiento puede aumentar y afectar a la durabilidad de la estructura.



Fig. 1 corrosión en la zona baja del espaldón en berma tránsito sin bombeo suficiente



Fig. 2 corrosión en canto superior de la viga cantil



Fig. 3 corrosión en botaolas por falta de recubrimiento



Fig. 4 Corrosión por falta de recubrimiento



Fig. 5 Falta de compacidad del hormigón



Fig. 6 Fisuras de afogarado

Las **principales recomendaciones** derivadas de la inspección visual se pueden resumir en:

- En provecto, simplificar lo máximo posible la geometría del espaldón, utilizando superficies planas sencillas y evitando curvaturas innecesarias, y si se coloca berma de transito, ejecutarla con especial cuidado utilizando una marcada pendiente de bombeo. La utilización de consistencias fluidas se considera recomendable ya que puede ayudar a evitar algunos de los problemas de compacidad.
- Durante la ejecución, mostrar un especial cuidado en la puesta en obra de los acabados en esquina, intensificando el vibrado en estas zonas. Mayor fluidez en el hormigón de estas zonas (mediante superplastificante) puede ayudar a mejorar las terminaciones. También es importante garantizar el espesor del recubrimiento. Durante la colocación, hay que prestar especial atención al proceso de vibrado (vibradores externos de apoyo pueden ser una buena opción). Y finalmente, realizar siempre el curado del hormigón.





Campaña geotécnica marina para la ampliación del Puerto de Barcelona

Amadeu Deu Lozano^a, Xavier Martí Armengol^a, Marcelo Devincenzi Fabetti^b, Miguel Ángel Pindado Rodríguez^c y Ramon Griell Bernadó^c

^aGeociencias y Exploraciones Marítimas (GEM), D, amadeu@gemigeo; ^bControl y Prospecciones Igeotest y ^cAutoritat Portuària de Barcelona (APB)

1. Introducción

El terreno natural del delta del Llobregat ha sido extensamente estudiado a lo largo de los últimos años debido a la gran cantidad de infraestructuras construidas al sur de la ciudad de Barcelona, tales como la terminal T1 del aeropuerto de El Prat o la llegada del tren de alta velocidad. En este sentido, como parte de su estrategia de expansión, la Autoritat Portuària de Barcelona (APB) ha promovido una extensa campaña de investigación geotécnica marina para caracterizar en detalle los sedimentos cuaternarios del delta del Llobregat. El área de investigación está situada al sur del puerto, cerca de la desembocadura del río Llobregat, en una zona resguardada de calados entre 8 y 20 m. Los puntos de investigación están situados desde el extremo norte de la terminal Muelle Prat a lo largo del Muelle de la Energía, cubriendo un área aproximada de 2500 x 220 m.

La campaña de campo fue realizada mediante el uso de dos plataformas auto elevables tipo jack-up con spuds de hasta 45 m de longitud, trabajando de forma simultánea 24/7 a lo largo de más de 7 meses.

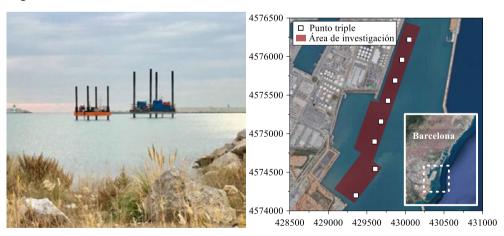


Fig. 1 Imagen de las dos Jack-up durante los trabajos de campo (izquierda) y detalle del área general de investigación y de los puntos triples en los que se focaliza este estudio (derecha)

El alcance final de la investigación geotécnica se resume a continuación:

- 85 sondeos a rotación continua con recuperación de testigo, incluyendo 508 SPT y 412 muestras inalteradas tipo Shelby.
- 103 ensayos CPTU y ensayos de disipación cada 5 m.
- 11 sondeos DMT con ensavos dilatométricos cada 0.5 m.
- Una extensa campaña de ensayos de laboratorio.

La profundidad de investigación media fue de 40m bajo el lecho marino. De entre todos estos ensayos, en 3 localizaciones se realizaron puntos dobles (DMT+CPTU) y en 8 puntos triples (DMT+CPTU+sondeo). Estos ensayos fueron realizados a través de diferentes moon-pools de la plataforma, situados a distancias suficientes como para garantizar la no alteración del suelo entre ensayos y evitando así posicionamientos extra.

2. Metodología y resultados

Este artículo se focaliza en los resultados obtenidos en los ocho puntos triples. Se ha comparado el valor de la densidad aparente del suelo obtenida a partir de ensayos DMT y las propuestas de Robertson & Cabal (2010), Mayne et al. (2010) y Mayne (2014) a partir de CPTU con los resultados de laboratorio. Por otro lado, se han comparado los parámetros intermedios del DMT con aquellos obtenidos a partir de CPTU aplicando las correlaciones propuestas por Robertson (2009) y Ouyang & Mayne (2017). Finalmente, se ha realizado una comparativa en cuanto a la resistencia al corte sin drenaje del terreno natural obtenida a partir de ensayos DMT, CPTU y triaxiales UU. Los resultados de todas estas comparaciones han sido evaluados para los distintos tipos de suelo analizados.

Bibliografía

- MAYNE, P. W., PEUCHEN, J. y BOUWMEESTER, D. (2010). "Soil unit weight estimation from CPTs". 2nd Int. Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach (USA).
- MAYNE, P. (2014). "Interpretation of geotechnical parameters from seismic piezocone tests". Keynote of the 3rd Int. Symposium on Cone Penetration Testing. Las Vegas (USA).
- OUYANG, Z. v MAYNE, P.W. (2017). "Spherical cavity expansion nexus between CPTu and DMT in soft-firm clays". 19th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Eng., Seoul (Korea)
- ROBERTSON, P.K. 2009. "CPT-DMT Correlations". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 135 (11), 151-158.
- ROBERTSON, P.K. y CABAL, K.L. (2010). "Estimating soil unit weight from CPT". 2nd Int. Symposium on cone Penetration Testing. Huntington Beach (USA).





Evolución batimétrica de la playa de la Magdalena (Santander) durante la construcción de las obras de protección en base a imágenes de cámaras

Omar Quetzalcóatl Gutiérrez^a, Aritz Abalia^b, Mauricio González^a, Raúl Medina^a y Verónica Canovasa

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, omar.gutierrez@unican.es; bAZTI Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA) Daabalia@azti.es

1. Introducción

La playa de la Magdalena, localizada a la sombra de la Península de la Magdalena en la Bahía de Santander (Figura 1), es una playa con una larga historia y tradición en la zona. Su uso se remonta a finales del siglo XIX cuando se construyó el Balneario de la Magdalena.

Aun cuando la playa de la Magdalena se encuentra protegida de las principales dinámicas existe una corriente litoral desde el norte hacia el sur producida por los oleajes que alcanzan la playa a través de la bocana de la bahía. La corriente mueve el sedimento en esta dirección y la falta de suficiente apoyo para el perfil en el extremo sur de la playa, provocan que el sedimento se pierda al interior de la bahía. Lo cual provoca que la zona frente al Balneario se quede sin playa seca en los meses de invierno.



Fig. 1 Zona de estudio. Fuente: Abalia-Patiño, A (2020)

Para recuperar las condiciones de la playa, previo a cada temporada estival, se realizaban aportes de arena. En busca de una solución de largo plazo al problema de erosión la Universidad de Cantabria planteó tres soluciones que fueron sometidas al escrutinio público. La solución seleccionada cuenta de dos estucturas (ver Figura 2): la primera es un dique de dos alineaciones (S15°E y S44°W), frente al Balneario de la Magdalena, de aproximadamente 200 metros de longitud cuvo objetivo es impedir la erosión observada frente al balneario; y un segundo dique en el Promontorio de San Martín, de 75 metros de longitud y orientación (N69°E) cuyo objetivo es contener la forma en planta y perfil y evitar que se pierda el sedimento al interior de la bahía. Además de las estructuras, la solución requiere un aporte de 48.000 metros cúbicos de arena para alcanzar la forma en planta de equilibrio final. La duración del proyecto estaba contemplada en 7 meses.

Las obras comenzaron en febrero del 2018 con aportes de arena, en mayo del mismo año se terminó la construcción del dique frente al Balneario. Las obras se detuvieron durante la temporada de verano para evitar molestias a los usuarios de la playa. Posteriormente las obras fueron suspendidas primero temporalmente y luego definitivamente.

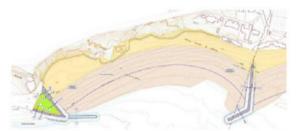


Fig. 2 Solución elegida para la estabilización de las playas Magdalena-Peligros. Fuente: Gobierno de España, Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico

Con el fin de documentar el proceso de constructivo y de estabilización de la playa, el Instituto de Hidraulica de la Universidad de Cantabria (IHCantabria) habilitó una estación de 3 cámaras de video que capturan imágenes de la playa. La captura de imágenes inició en octubre del 2017 (4 meses antes del inicio de las obras) y se mantiene hasta la actualidad por lo que se tiene registro de la situación previa al inicio de las obras, del periodo de construcción y de la evolución de la playa posterior a la interrupción de las obras.

En este trabajo se muestra un análisis de evolución a largo plazo de la batimetría de la playa, en términos de evolución de la línea de costa, variación de volumen de sedimento y evaluación de tasas de transporte. Las líneas de costa y batimetría (incluida parcialmente la batimetría submareal) necesarias para el análisis han sido obtenidas a partir de las imágenes por medio de funciones empíricas ortogonales y un modelo empírico lineal.





La restauración costera como una combinación de intervenciones de ingeniería convencional y verde. Aplicación al caso del Delta del Ebro

Iván Cáceresa, Nuno Caiolab, Carles Ibañezb, Luis Garrotec, Ana Iglesiasc, Antoni Espanya^d, Ana Patrícia García Fletcher^d, Angel Muñoz^d, Antoni Munnè^e, Laura Puértolas^f, David López Gómez^g v Agustín Sánchez-Arcilla^a

^aUniversitat Politècnica de Catalunya, Di.caceres@upc.edu; ^bEURECAT Centre Tecnológic de Catalunya, particular nuno caiola@eurecat.org, carles.ibanez@eurecat.org; Universidad Politécnica de Madrid, Lgarrote@upm.es, ana.iglesias@upm.es; Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico, aespanya@miteco.es, agfletcher@miteco.es, amunoz@miteco.es; eAgencia Catalana de l'Aigua, anmunne@gencat.cat; fAlbirem Sustainability pluertolas@albirem.com; ^gCentro de Estudios Hidrográficos CEDEX D david.lopez@cedex.es

1. Introducción

La degradación que sufren los ecosistemas costeros, junto con la carencia sedimentaria y las presiones antrópicas, hacen que la sostenibilidad de los ecosistemas costeros se vean amenazados en muchos tramos vulnerables (Byraktarov et al. 2020), particularmente en zonas Deltaicas o de marismas (p. ej. el Delta del Ebro).

El proyecto Green Deal de la Unión Europea denominado REST-COAST (abreviatura para restauración costera) abordará las barreras técnicas, económicas, de gobernanza y sociales que existen para conseguir una restauración costera efectiva a gran escala que aporte soluciones de adaptación al clima actual y ayude a reducir los riesgos climáticos de estas zonas inundables.

REST-COAST pretende demostrar que seleccionando y ejecutando a gran escala actuaciones de restauración costera se pueden promover sinergias entre la mejora de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que las restauraciones promueven. El proyecto abordará los problemas en 9 zonas de estudio que comprenden los principales mares regionales de la Unión Europea (Mediterráneo, Báltico, Negro y Atlántico). Estas zonas de estudio incluyen como puntos piloto, el Wadden Sea, el Delta del Ebro y la Laguna de Venecia (Figura 1). En los ambientes costeros el apoyo gubernamental es crucial para cualquier actuación a cualquier escala. En este caso, el apoyo de los gobiernos Alemán, Español e Italiano han sido decisivos para obtener el proyecto y programar las actuaciones previstas para mejorar de la conectividad entre el río y la costa, la re-utilización del sedimento, la restauración de humedales o evitar la erosión en playas de gran dinámica afectadas por las acciones antropogénicas.

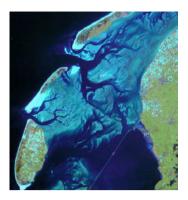




Fig. 1 Los Pilots del Wadden Sea y Delta del Ebro a la izquiera y derecha respectivamente

El proyecto REST-COAST es un proyecto multidisciplinar que incluye a 37 socios de 11 países de la Unión Europea y que realizará un estudio global de los problemas que limitan las restauraciones costeras a gran escala. Entre las principales tareas a realizar dentro del proyecto encontramos: estudiar las opciones de restauración basadas en la naturaleza que se aplican en cada zona de estudio, evaluar los costes y efectos de las diferentes actuaciones, mejorar la predicción de los efectos de las acciones sobre los servicios ecosistémicos, estudiar las soluciones basadas en la naturaleza como bloques para la restauración a mayor escala, estudiar la metodología para analizar las rutas de adaptación ante diferentes escenarios,

Además de estos estudios sobre las actuaciones de restauración costera, el proyecto dedicará diferentes grupos de trabajo para estudiar diferentes formas de financiar y monetizar las actuaciones de restauración a medio y largo término; a estudiar la gobernanza de estas zonas; así como a fomentar la pedagogía y divulgación de lo que representan las restauraciones costeras en cuanto a protección de los ecosistemas marinos y de los servicios que estos ofrecen a la sociedad.

Agradecimientos

El proyecto REST-COAST está financiado por el programa Horizon 2020 de la Union Europea con el acuerdo de subvención nº 101037097.

Referencias

BAYRAKTAROV, E., BRISBANE, S., HAGGER, V., SMITH, C.S., WILSON, K.A., LOVELOCK, C., GILLIES, C., STEVEN, A.D.L. and SAUNDERS, M.I. (2020). Priorities and Motivations of Marine Coastal Restoration Research. Frontiers in Marine Science, Vol. 7, Art. 484.





Una revisión crítica de la gestión de las arenas en la costa de Cádiz después de 30 años

Gregorio Gómez Pina

Grupo de Investigación de Ingeniería Costera de la Univ. de Cádiz, Puerto Real, 11510, Cádiz, gregoriogpina@yahoo.es Profesor Visitante Escuela Técnica Superior de ICCYP de Algeciras (UCA). Ex-Jefe de la Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico

1. Introducción

Las playas son ríos de arena que fluyen de una forma natural, de acuerdo con la dinámica que ejerce el oleaje, dentro de su zona de rotura (principalmente). Cuando se altera este equilibrio, por distintos motivos (presas, puertos, diques, espigones, canales de navegación, cambios en las desembocaduras, ocupaciones de dunas litorales, extracciones de arena, muros, ...), las playas se ven afectadas en mayor o menor grado. Para restaurar (parcial y temporalmente) dichas playas, sometidas a un proceso natural erosivo, en general, sólo hay dos soluciones: i) aportando arena solamente; ii) aportanto arena y construyendo obras de contención, cuando sean necesarias. (Sin entrar a analizar la solución de retirada de esas edificaciones, diques, etc, en este artículo).

En el litoral gaditano se cuenta con 30 años de experiencia en la gestión de sus arenas, necesarias para llevar a cabo distintas formas de paliar la erosión costera, con los siguientes tipos de actuaciones: a) regeneraciones de playas, b) realimentaciones de playas, c) transvases de arena para restitución del transporte longitudinal bloqueado (by-pass/backpass), d) reperfilados y nivelación de arenas, e) "scraping", dentro de las propias playas, f) refuerzo de cordones dunares, g) conservación y mantenimiento, h) obras de emergencia por temporales extraordinarios.

La procedencia de las arenas provienen de estos tres medios (Gómez Pina, 2021):

- Marino (81%): Placer Meca, S. Jacinto + bocanas puertos + canales navegación
- Marítimo terrestre (17%): Desembocaduras ríos y estuarios + dunas móviles
- Terrestre (2%): Canteras

2. Objetivo

El objetivo de este artículo es el de realizar una revisión crítica de la gestión de las arenas necesarias para realizar las diversas actuaciones costeras llevadas a cabo en el litoral gaditano, tras 30 años. Es de destacar que la gestión de las arenas en el litoral de Cádiz, realizada a través de la Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico, ha sido muy grande e intensa, en cuanto al número de actuaciones realizadas y volumen aportado. A título ilustrativo, cabe decir que el número de expedientes administrativos asociados a estas actuaciones fue de unos 160 y que el volumen de arena total aportado fue del orden de 13.615.000 m³. Esta última cifra equivaldría físicamente a casi 2km de altura de arena en un campo de fútbol (Gómez Pina, 2021). En este artículo se analizarán críticamente la gestión de las arenas llevada a cabo durante 30 años: tipología de las arenas, procedencia, comportamiento, aspectos técnicos, económicos, sociales y medioambientales.

A título ilustrativo, se presentan en la Fig. 1 los volúmenes extraídos y sus distintas procedencias:

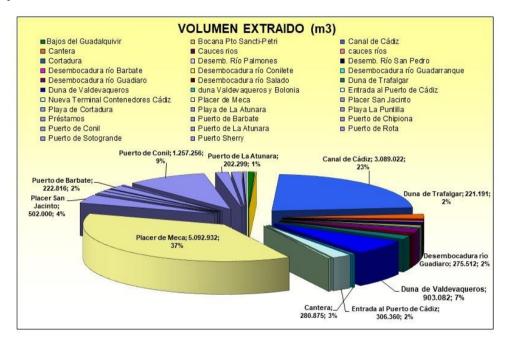


Fig.1: Volúmenes (m³) y procedencia de las arenas utilizadas en las diferentes actuaciones en el litoral gaditano. Fuente: Demarcación de Costas de Andalucía Atlántico, actualizada a abril de 2021. Presentado en Gómez Pina G (2021).

Referencias

GÓMEZ PINA, G., (2021) "La Gestión de las arenas en el litoral gaditano. Experiencias". I Jornadas de la gestión de las Arenas, 29 de abril y 11 de mayo 2021. Asociación Técnica de Puertos y Costas.





Regeneración o mantenimiento. ¿Son la solución a la erosión costera?: Caso de estudio Playa de Poniente (Benidorm)

Ignacio Toledo Sepulcrea, José Ignacio Pagán Conesaa, Isabel López Úbedaa v Luis Aragonés Pomaresa

^aUniversidad de Alicante, Dpto, de Ingeniería Civil, , nacho.toledo@ua.es, jipagan@ua.es, lopez.ubeda@ua.es, laragones@ua.es.

1. Introducción

En esta investigación se ha estudiado el comportamiento morfológico de la Playa de Poniente de Benidorm, donde se llevó a cabo una regeneración en 1991. Para ello se ha realizado un análisis de la evolución de la línea de costa y un estudio del clima marítimo. El estudio se ha dividido en cuatro periodos (antes, durante y después de la regeneración): 1956 a 1990, 1990-1992 (alimentación de la playa), 1992-2007 y 2007-2021. A partir de los resultados obtenidos, se analizará cuáles son las causas de la erosión que sufre la playa. El objetivo final es poder seleccionar la mejor solución a este problema (regeneración o mantenimiento), así como ofrecer las garantías necesarias que permitan mantener la biocenosis del área de trabajo.

2. Análisis por periodos

Los oleajes incidentes al área de estudio son aproximadamente un 60% de los oleajes totales según la orientación de la playa. Del análisis de los resultados por periodos se desprende que:

2.1. Periodo 1956-1990

Existe una evidente erosión de la zona este de la playa, donde los retrocesos de la línea de costa superan los 20 m (0.6 m/año) de ancho de playa, mientras que en la zona oeste las pérdidas son menores (0.24 m/año). Esto da a pensar que, además de un transporte transversal de los sedimentos, existe un importante transporte longitudinal que lleva el material de la zona este a la zona oeste de la playa. Durante este periodo la dirección ESE es la más frecuente en la playa (40.8%) y la que provoca las mayores alturas de ola ($H_{s,12} = 2.77 \text{ m}$).

2.2. Periodo 1990-1992

La erosión sufrida fue la causa de que en 1991 se llevara a cabo una regeneración en la zona este de la playa. Se incrementó la superficie de la playa en 115.000 m² y se ganaron hasta 80 m en algunos transectos de la mitad este. En este periodo la dirección ESE es la más frecuente (43.7%) y la que genera las mayores alturas de ola ($H_{s,12} = 2.78$ m).

2.3. Periodo 1992-2007

Tras dicha alimentación, se incrementó el proceso erosivo. En este periodo, se observa una tasa erosiva media superior a 2 m/año en toda la mitad este, destacando perifles con pérdidas de hasta 3.5 m/año (52 m de ancho). Sin embargo, en la zona oeste se aprecian acreciones de hasta 1,4 m/año. Por tanto, se confirma que existe un alto transporte longitudinal de sedimentos del este al oeste. Durante este periodo la dirección ESE sigue siendo la más frecuente en la playa (39.9%) y la que provoca las mayores alturas de ola ($H_{s,12} = 2.92 \text{ m}$).

2.4. Periodo 2007-2021

Para este periodo analizado se frenan las tendencias erosivas. En la zona este los retrocesos no superan los 0,7 m/año, siendo inferior a 10 m en todos los puntos, mientras que la zona este se manietiene estable, con una pequeña acreción de 6401 m². Esta explicación hay que encontrarla en el clima marítimo. Existe un cambio fundamental en la entrada de los oleajes incidentes en la playa. La dirección del oleaje que genera las mayores alturas de ola pasa a ser el SSW, que duplica su $H_{s,12}$ (1.44 m vs 2.86 m) y su frecuencia (10.31% vs 22.24%) respecto al anterior periodo. Esta situación origina un cambio en el flujo medio del oleaje deteniendo el transporte longitudinal de sedimentos y, por tanto, el basculamiento de la playa.

3. ¿Qué solución acometer para paliar la erosión costera?

La regeneración de 1991 fue una de las causas del comportamiento de la playa. El exceso de material vertido inundó la Posidonia Oceanica presente. Por ello, desapareció el efecto estabilizador del perfil de playa, evolucionando hacia uno de mayor pendiente (Aragonés, 2015). Por tanto, la regeneración es necesaria dado el proceso erosivo de los temporales del ESE, siempre que se trate de un aporte limitado para mantener la biocenosis de la zona. El cambio en la dirección de los temporales permite una estabilización de la zona. Sin embargo, el transporte longitudinal producido en el periodo 1992-2007 indica que es necesario un trasvase de material del oeste al este secuencialmente. Esto permitiría mantener las condiciones operativas de la playa tanto para defensa del litoral, como para uso recreativo.

Agradecimientos

Proyecto SCORE financiado por la Comisión Europea y a la Universidad de Alicante.

Referencias

ARAGONÉS POMARES, L., GARCÍA BARBA, J., GARCÍA BLEDA, E., LÓPEZ ÚBEDA, I., SERRA PERIS, J. C. (2015). "Beach nourishment on Posidonia oceanica: Case study of Poniente Beach (Benidorm, Spain)" en Ocean Engineering. vol 107, p. 1-12





Interacciones tierra-mar del cambio climático en costas y puertos

Miriam García-Olivaa y José Francisco Sánchez Gonzálezb

^aCentro de Estudio de Puertos y Costas, CEDEX, [D], miriam.garcia@cedex.es; ^bCentro de Estudio de Puertos y Costas, CEDEX, , Jose.F.Sanchez@cedex.es

1. Introducción

En esta ponencia se resume una parte de los trabajos encargados al Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX por la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) en el desarrollo de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM). En concreto, se presentará el análisis llevado a cabo sobre la modificación de condiciones naturales en el mar, derivadas del cambio climático, con repercusiones en tierra, y viceversa, describiendo la metodología seguida así como los resultados sobre interacciones relevantes identificadas en las Demarcaciones Marinas que atañen directamente a las actividades portuarias y costeras.

Este trabajo ofrece una herramienta de previsión de los problemas derivados del cambio climático en la zona litoral y portuaria que permite la priorización de actuaciones y la optimización de resultados y uso de recursos, bajo la perspectiva de una gestión integrada.

2. Metodología y resultados

En la primera fase del análisis, se definieron los agentes causantes de presiones en cuanto al efecto del cambio climático y las actividades afectadas con las que confluyen en los ámbitos marino y terrestre de cada Demarcación. A continuación, se recopilaron los datos de interés disponibles con el fin de caracterizar espacialmente los aspectos anteriores mediante procesado en sistemas de información geográfica. Esto permitió llevar a cabo un solape entre las condiciones causantes y las zonas donde se producen impactos y analizar la relevancia de estas interacciones respecto a la situación global de cada Demarcación. Las interacciones más significativas fueron descritas mediante datos cuantitativos y de localización. Por último, se describieron también las herramientas de planificación (normativa, estrategias, etc.) existentes en la actualidad que abordan los temas de cada interacción.

De los resultados así obtenidos, se explicarán las consecuencias sobre el litoral y los puertos, algunas de las cuales se han recuadrado en las Figuras 1 y 2, a modo de ejemplo.

Referencias

MITERD, (2021). Planes de Ordenación del Espacio Marítimo - III. Diagnóstico – A. Demarcación Marina Noratlántica.

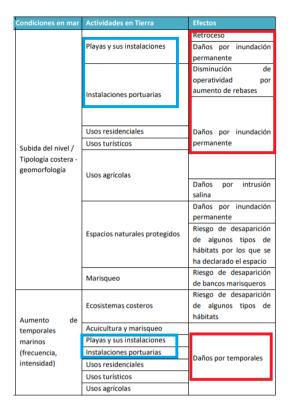


Fig. 1 Interacciones relevantes mar-tierra del cambio climático. Fuente: MITERD, (2021)

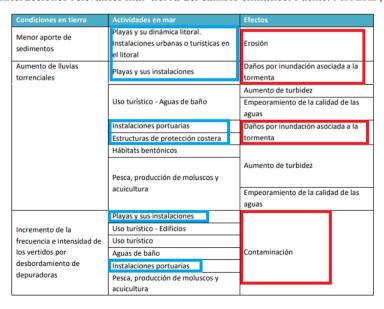


Fig. 2 Interacciones relevantes tierra-mar del cambio climático. MITERD, (2021)





Gestión de playas basado en las TIC en tiempos de COVID

Antonio Omar Cerdán Céspedes, Virgilio Gilart Iglesias, Diego Marcos Jorquera y Luis Aragonés Pomares.

Universidad de Alicante, C/ San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig – Alicante

1. Introducción

Con la aparición sobrevenida de la pandemia producida por el SARS-CoV-2 se ha hecho patente la necesidad de realizar acciones específicas en la gestión de los espacios públicos incluidas las costas y playas. Este proyecto tiene como objetivo mejorar la gestión actual de las playas, proponiendo un nuevo sistema basado en índices de calidad (KBQI) (Palazón, 2018) que a través de las TIC (dispositivos IoT, visión artificial, sistemas expertos y aplicaciones web y móviles) permita a gestores, administraciones y ciudadanos acceder a toda la información referente a las playas de forma precisa, fiable y en tiempo real. Para ello este trabajo se centrará en tres objetivos principales:

- Obtener la capacidad de ocupación que tiene la playa.
- Analizar la distribución y clasificación por edad de los usuarios en la playa.
- Asegurar el distanciamiento social necesario dentro de la misma.

2. Sistema de Gestión

A partir de los objetivos planteados se va diseñar un sistema de monitorización en tiempo real que permitirá el cálculo del índice de saturación de la playa (*ISaturación*). Este indicador representa la densidad de usuarios que están en la playa (o un sector de la misma) en un determinado instante y es la base para el cálculo de otros índices de gestión. El sistema se basa en un modelo que sectoriza la playa en diversas zonas, una por cada acceso a la playa, y, mediante un sistema de monitorización basado en cámaras y visión artificial, realiza un conteo de las entradas y salidas, lo cual permite estimar la saturación de cada sector. El modelo se complementa con un conjunto de aplicaciones web y móviles (Figura 1.C) que permiten acceder a la información recogida, y estimar, mediante GPS, el distanciamiento entre ciudadanos

2.1. Sectorización

Para la sectorización de las playas, se ha implementado una herramienta web (Figura 1.B) basada en mapas cartográficos, que permite al gestor establecer la superficie de la playa, identificando la línea de costa, las rutas y pasos de la zona seca a la zona húmeda, la superficie de concesiones y la sectorización de la playa.

2.2. Conteo y clasificación de usuarios

El sistema de monitorización y conteo de personas mediante cámaras propuesto tiene los siguientes objetivos:

- Identificar las personas que entran y salen por cada acceso de una playa.
- Estimar la edad de las personas. Esto servirá como base para una buena planificación en la gestión, ya que muchos índices son dependientes del número de niños o personas mayores que acceden a las playas.
- Proporcionar anonimato a los usuarios en todo momento.

Para su validación, se ha desarrollado un prototipo basado en hardware de bajo coste, mediante dispositivos IoT, visión artificial (OpenCV,2020) y "machine learning" de código abierto, y un modelo pre-entrenado de red neuronal convolucional (Tal,2015)(Hassner,2015).

La implementación se ha llevado a cabo haciendo uso de una Raspberry-pi 4 de 8GB de RAM junto con el módulo de cámara HQ y el Intel NCS2 (Figura 1.A).

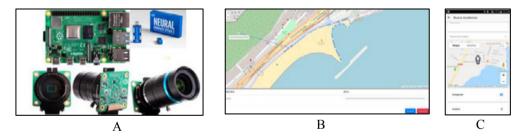


Fig .1 Prototipos del sistema de gestión

Agradecimientos

Al Proyecto SCORE financiado por la Comisión Europea y a la Universidad de Alicante.

Referencias

Intel , OpenCV < https://opencv.org/ > [Consulta: 10 de junio 2021]

Levi G. y Hassner T., 2015. "Age and Gender Classification using Convolutional Neural Networks" IEEE. En *CVPR* 2015. The Open University of Israel. 9.

PALAZÓN, A. (2013). Índices para la gestión de playas. Tésis Doctoral. Alicante: Universidad de Alicante, < http://hdl.handle.net/10045/86387 > [Consulta: 10 de junio 2021]



Progresión del daño de diques en talud. Crítica de la fórmula de Van der Meer

M. Claveroa, Pilar Díaz-Carrascob v Miguel A. Losadac

- ^{a, c} Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, IISTA, Universidad de Granada, ⁽¹⁾, ^amclavero@ugr.es; c mlosada@ugr.es.
- ^bDepartamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Sherbrooke. Ouebec. Canadá. pilar.diaz.carrasco@usherbrooke.ca;

1. Introducción

El reto de proteger las propiedades ubicadas en la costa de los efectos, entre otros, del calentamiento global y de su ocupación inadecuada, pasa necesariamente por cuantificar su incertidumbre intrínseca y epistémica. Los riesgos asociados a la incertidumbre epistémica, es decir, a las fórmulas de cálculo de las variables y parámetros de diseño raramente se consideran. La evolución del daño, las estrategias de reparación y el análisis de costes formulan y resuelven el sistema dual de optimización técnica-económica (ROM) y económico-financiera (MEIPOR) de las infraestructuras marítimas, ROM 1.1-2018. Desde 1988, la fórmula mas utilizada para calcular el peso de las piezas del manto exterior es la de Van der Meer (1987). El objetivo de esta ponencia es analizar la fiabilidad de esta fórmula, los factores que condicionan su aplicación al diseño de diques de escolleras y su imposibilidad de predecir la evolución del daño en un temporal de forma arbitraria.

2. Reanálisis de los resultados experimentales de Van der Meer (1988)

En la figura 1 se muestra el espacio muestral de tres tipologías con pendiente 1:2. Las tres tipologías se ensayaron en tandas de mil olas, espectro PM, periodo constante (en la figura h/L constante) e incrementos de altura de ola, (en la figura H/L creciente). Cada tanda se identifica con un número y la tipología con un color (núcleo impermeable, núcleo permeable y dique homogéneo). En la figura 2 (a) y (b) se representa la progresión del daño observado en un manto de escollera sobre núcleo permeable y del dique homogéneo, al incrementar la altura de ola incidente, (número de estabilidad $N_s=H_1/(D_{n50} \Delta_s)$, o el peralte H_1/L). Δ_s es el peso específico relativo de la roca y D_{n50} un diámetro nominal de las piezas. En todos los casos la progresión depende de h/L. El mismo resultado se obtiene para otras tipologías, entre ellas manto sobe núcleo impermeable, (Losada, 2021). En la ponencia se presentarán el peso de la pieza y de la evolución del daño calculados por la fórmula de Van der Meer y se cotejarán con los valores experimentales observados. Del resultado de estas y otras comparaciones se recomienda reconsiderar y limitar la aplicación de la fórmula.

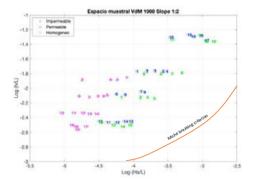


Fig. 1 Espacio muestral de la experimentación de Van der Meer en diques en talud 1:2

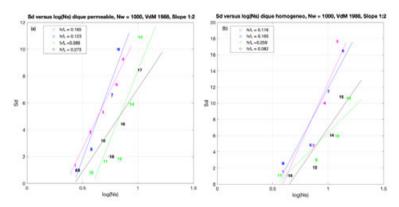


Fig. 2 Evolución del daño en manto de escollera sobre núcleo permeable y dique homogéneo Agradecimientos

Al proyecto ROMpeolas, PID2019-107508GB-I00/SRA/10.13039/501100011033.

Referencias

LOSADA, M.A., (2021). Method to asses the interplay of slope, relative water depth, wave steepness and sea state persistene in the progression of damage to the rock layer over impermeable dikes (2021). Ocean Engineering 239, 109904

ROM 1.1, (2018). Recomendaciones para el proyecto de construcción de diques de abrigo. Puertos del Estado. www.puertos.es/es-es/ROM.

VAN der MEER, J.W., (1987). Stability of breakwater armor layers design formulae. Coastal. Engineering 11 (3), 219-239.





Revisión de las fórmulas de remonte y descenso por un talud

Miguel Santamaría^a, María Clavero^b v Miguel A. Losada^c

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, IISTA, Universidad de Granada: a

1. Introducción

El diseño de los diques en talud para proteger áreas portuarias y litorales incluye determinar las cotas de coronación y profundidad del manto de protección y en su caso del espaldón. Su determinación depende, entre otros, del tipo de rotura del tren de olas, del remonte Ru y descenso Rd de la lámina de agua por el talud. Sus valores de diseño se calculan aplicando fórmulas empíricas que se fundamentan en el trabajo seminal de Battjes (1974), tienen el formato propuesto por Van der Meer (1987) y se calibran mediante ensayos en el laboratorio. Su formato es una función potencial del número de Iribarren. Ir, que actúa como parámetro de similitud de la interacción del tren en el talud al confrontar su pendiente con el peralte del oleaje. En esta ponencia se analiza el formato y la validez de las fórmulas de cálculo de Ru y Rd al uso. Este análisis se apoya en una campaña de experimentación en el canal de oleaje CIAO de la UGR con tres taludes planos e impermeables, 1:3, 1:5 y 1:10, bajo trenes regulares de olas y profundidad h = 0.50 m. Los valores máximos de Ru y Rd se registran mediante imágenes de video cámara, fotografía y sensores de nivel.

2. Diseño, técnica v variabilidad experimental

En la figura 1(a) se muestra el espacio muestral de los ensayos en el CIAO en talud impermeable de pendiente 1:5. Los ensayos se ejecutaron dos veces. La figura incluye aquellos que repetieron la altura, H_I y la longitud, L, de onda incidente a pie de talud. Los ejes de abscisas y ordenadas representan el logaritmo del peralte y la profundidad relativa del tren de ondas incidente. Las líneas horizontales, $log (h/L) \approx -1.49 \text{ y} -2.36$ representan la profundidad relativa necesaria para generar en el talud ondas de borde subarmónicas y síncronas, respectivamente. La línea $log (h/L) \approx -3$, representa la profundidad relativa de las ondas que $l_s/L \approx 1/4$, donde l_s es la distancia horizontal desde el pie del talud hasta su intersección con el NMR. En la figura 1(b) se muestra los valores del remonte relativo en función del $log(\chi)$ donde $\chi = \left(\frac{h}{L}\right)\left(\frac{H_I}{L}\right)$ es el parámetro alternativo de similitud, (Diaz-Carrasco, 2019). Las líneas verticales delimitan los intervalos de valores de $log(\chi)$ que satisfacen las condiciones necesarias para la excitación de ondas de borde subarmónicas (líneas a trazos rojas), síncronas (líneas rojas continuas) y $l_s/L \approx 1/4$ (líneas a trazos naranjas). La transición de los tipos de rotura de onda en el talud 1:5 se localizan en, (Moragues 2021):

Surging/weak Bore: $\log(\chi) \approx -8$; weak Bore/strong Bore: $\log(\chi) \approx -7$; strong Bore/strong Plunging: $\log(\chi) \approx -6$; strong Plunging/weak Plunging: $\log(\chi) \approx -4$. Se observa que la variabilidad del remonte relativo crece con la progresión plunging-surging, las condiciones de excitación de ondas de borde y el acoplamiento talud y onda.

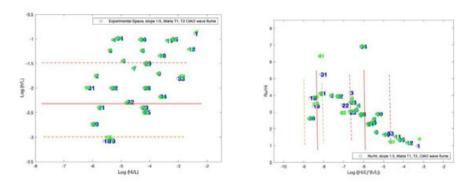


Fig. 1: (a) Espacio muestral 1:5; (b) Ru/Hi, incluye intervalos de excitación de ondas de borde y l/L ≈1/4.

Los experimentos con talud 1:3 están actualmente en ejecución. El análisis preliminar de los datos experimentales confirma las dudas de la fiabilidad de las fórmulas que se están utilizando en la práctica de la ingeniería de costas y puertos. Algunas de las causas son: su formato, las limitaciones de los ensayos en el laboratorio y los condicionantes del diseño y la técnica experimental. En la ponencia final se presentará el análisis de la fiabilidad de las fórmulas de diseño función de Ir y la técncia experimental a seguir para minimizar/cuantificar la variabilidad experimental de los ensayos en canal de oleaje.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto ROMpeOLAS, PID2019-107508GB-I00/SRA/10.13039/501100011033.

Referencias

DIAZ-CARRASCO, P., (2020). Water-wave interaction with mound breakwater: from the seabed to the armor layer. PhD thesis. Biogeochemical fluid dynamics and their applications, U. de Granada.

BATTJES, J.A., (1974). Surf similarity. Proc. Int. Coastal Engineering Conf. Chapter 26, 466-477.

MORAGUES, M.V., (2021). Analysis of the Behaviour of impermeable and peremeable breakwaters. PhD thesis. Biogeochemical fluid dynamics and their applications, U. de Granada.

VAN der MEER, J.W., (1987). Stability of breakwater armor layers design formulae. Coastal. Engineering 11 (3), 219-239.





Metodología para el dimensionamiento validación de V protecciones contra la socavación de estructuras offshore fijas

Javier Sarmiento^a, Sergio Fernández^a, Raúl Guanche^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, (sarmientoj@unican.es, guancher@unican.es, feruanos@unican.es)

1. Introducción

La industria eólica offshore ha sufrido un importante desarrollo durante los últimos 30 años. Los principales parques eólicos están formados por cimentaciones pilotadas o apoyadas sobre el fondo marino, ubicados principalmente en el mar del Norte y en el mar Báltico. Cuando una estructura se encuentra apoyada sobre el fondo marino, se genera un incremento de la velocidad del flujo, turbulencia y vorticidad alrededor de la misma. Todo esto se traduce en un incremento de la capacidad erosiva en el entorno de la estructura generando lo que se conoce como socavación (scour, Whitehouse 1998). Dependiendo de la geometría de la plataforma y de las condiciones específicas de cada emplazamiento, la socavación podría suponer un problema geotécnico para garantizar la estabilidad de la plataforma, problemas sobre el cable de evacuación, o cambios en los modos propios de vibración de la estructura. Para solucionar este problema, generalmente se instala una protección contra la socavación formada por rocas alrededor de la estructura (una o varias capas de roca).

Dentro de este contexto se ha desarrollado una metodología híbrida basada en formulaciones ya existentes, simulaciones numéricas y ensayos experimentales para el diseño validación/optimización y certificación de protecciones contra la socavación para estructuras offshore fijas. Dentro de este trabajo se muestra la metodología desarrollada, así como varios casos de ejemplo.

2. Metodología

Para llevar a cabo el diseño de las protecciones contra la socavación de tipo roca es importante tener en cuenta los modelos de fallo de las mismas: (1) Estabilidad Externa (Estabilidad de la capa de armado), (2) Estabilidad Interna (evitar el hundimiento de la protección como consecuencia del lavado de finos a través de protección de roca), (3) Flexibilidad: La protección contra la socavación debe de ser capaz de adaptarse a los cambios morfodinámicos del fondo marino.

En base a lo descrito en el párrafo anterior, la metodología propuesta es una metodología hibrida dividida en dos fases:

- 1. Fase 1: Prediseño: Simulaciones Numéricas mediante códigos de flujo potencial o CFD.
- 2. Fase 2: Validación/Optimización: Ensayos en tanque de Oleaje a escala reducida para la validación/optimización de la protección diseñada.

La metodología propuesta el desarrollo de un primer diseño conceptual básico, hasta la validación, optimización y certificación final de una protección para cualquier tipo de estructuras offshore.

Una vez finalizada la primera fase, la solución final es validada mediante la ejecución de una campaña de ensayos experimentales a escala reducida (Fase II). Los ensayos experimentales se realizan teniendo en cuenta, la interacción entre el fondo marino (arena), la protección contra la socavación (roca), la estructura y el fluido (corrientes y oleaje). Durante la campaña de ensavos experimentales, las protecciones de roca son escaladas manteniendo constante el parámetro de movilidad constante a ambas escalas. La metodología de ensavos seguida es análoga a la descrita detalladamente en (Sarmiento, 2021). El comportamiento de la protección se analiza al finalizar cada ensavo mediante un láser escáner en 3D que permite identificar las zonas erosionadas de la protección.

3. Casos de Aplicación

Como caso de ejemplo se mostrarán algunos de los resultados obtenidos, para diferentes tipologías de estructuras, monopilotes, jackets, subestaciones o plataformas de gravedad.

Con relación a los resultados obtenidos en la primera fase (modelado numérico), la figura 1 (izquierda, resultados de CFD) muestra los campos de velocidades alrededor de la sub estación.

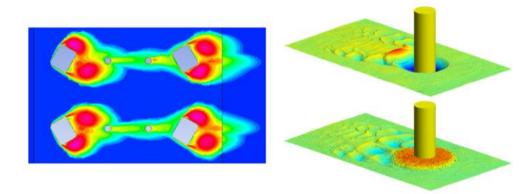


Fig. 1. Modelado Numérico y experimental para el dimensionamiento de protecciones contra la socavación.

Las campañas de ensayos experimentales desarrolladas en las instalaciones del IHCantabria (CCOB) se han llevado a cabo con escalas comprendidas entre 1:30 a 1:45. En la figura 1 (derecha) se muestran dos imágenes de las mediciones realizadas con el láser escáner al finalizar los ensayos experimentales.

4. Resultados / Conclusiones

La metodología descrita anteriormente ha sido aplicada para diferentes tipologías de estructuras offshore ubicadas en diferentes emplazamientos del mar del Norte. Los resultados obtenidos han sido validados y certificados por organismos independientes como Lloyd's Register o DNV.



Procedimiento de la Producción y gestión de la supervisión del Provecto "Generación de Modelos BIM de Provectos Piloto como parte de la Fase 4 de la Implantación de la Metodología BIM en el Sistema Portuario de Titularidad Estatal" de Puertos del Estado

Lucía Cloquell Alexandre – lucia.cloquell@cainur.com (Consultores Asociados Ingenieria y Urbanismo – www.cainur.com)

Jesús Gónzalez Muñoz – j.gonzalez@ingreen.es (Ingreen Innovación – www.ingreen.es)

1. Resumen de la ponencia

Ingreen fue adjudicatario en 2018 del proyecto "Diagnóstico de Situación, Establecimiento de Procedimientos, Líneas de Trabajo y Formación para la Implantación de la Metodología BIM en el Sistema Portuaria de Titularidad Estatal" por parte de Puertos del Estado.

Como parte fundamental de esta Implementación BIM se generó la "Guía BIM" de Puertos del Estado, que es un compendio de descripción de la metodología BIM, su aplicación práctica y particularizada para las infraestructuras portuarias, reglas de buena práctica y procedimentación y estandarización de flujos de trabajo BIM.

Para el correcto testeo de la Guía BIM, el incremento de madurez BIM del equipo de Puertos del Estado y la divulgación de la misma a las Autoridades Portuarias, se procedió a licitar el proyecto piloto de aplicación de metodología BIM, donde Ingreen ha acompañado a Puertos del Estado en la gestión de supervisión del contrato del Proyecto Piloto

CAINUR resultó adjudicatario del contrato "GENERACIÓN DE MODELOS BIM DE PROYECTOS PILOTO COMO PARTE DE LA FASE 4 DE LA IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL SISTEMA PORTUARIO DE TITULARIDAD ESTATAL" ENMARCADA EN LA INICIATIVA E2L3-3 DEL PLAN DE INNOVACIÓN DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES. MOVILIDAD Y AGENDA URBANA" promovido por parte de Puertos del Estado.

Dicho contrato ha consistido en levantar gran parte de las infraestructuras existentes o proyectadas en el Puerto de Granadilla (Santa Cruz de Tenerife), así como en la aplicación de los distintos Usos BIM expuestos en la Guia BIM para la consecución satisfactoria de los objetivos de PdE y del contrato en sí. De la aplicación de los distintos usos se derivan diversos entregables que reflejan el empleo de los mismos así como la aplicación práctica de la Guia BIM de PdE. Para la elaboración del proyecto se definieron 8 fases, cada una de ellas con sus datos de partida, tipo de trabajo, alcance, objetivos BIM, usos BIM y entregables, de tal forma que se intentó cubrir la mayor parte posible del abanico de

Procedimiento de la Producción y gestión de la supervisión del Proyecto "Generación de Modelos BIM de Proyectos Piloto como parte de la Fase 4 de la Implantación de la Metodología BIM en el Sistema Portuario de Titularidad Estatal" de Puertos del Estado

aplicación de la metodología BIM en el estado del arte que se encuentra en estos momentos en España.

Las fases del provecto fueron las siguientes:

- FASE 1: Levantamiento del entorno e infraestructuras existentes mediatne provectos constructivos y "as built" en el Puerto de Granadilla (dique exterior, dique en talud y contradique)
- FASE 2: Levantamiento con mayor grado de detalle de una parte de una estructura existente (cajón de hormigón armado del dique exterior) mediante proyecto "as built", incluid armado, en el Puerto de Granadilla.
- FASE 3: Levantamiento de terreno e infraestructura existente mediante nube de puntos en el Puerto de Granadilla.
- FASE 4: Levantamiento de infraestructura portuaria, consistente en defensa y rellenos de explanada en el Puerto de Granadilla
- FASE 5: Levantamiento de proyecto constructivo de accesos terrestres, consistente en viales y redes básicas del Puerto de Granadilla
- FASE 6: Levantamiento de edificación. Consistente en el edificio de servicios del Puerto de Granadilla.
- FASE 7: Estudio de integración de modelos BIM y GIS
- FASE 8: Conclusiones y generación de documentación de resumen del proyecto piloto.

El objetivo fundamental de la ponencia es:

- Exponer de manera sintetizada como se ha llevado a cabo la producción y parametrización de todos y cada uno de los modelos asi como de los entregables relacionados.
- Exponer la evaluación del grado de satisfacción de la aplicación de los Usos BIM y la generación de entregables basados en la aplicación de la Guia BIM y la ISO 19650.
- Exponer la parte práctica de aplicación de la Guia BIm de PdE
- Describir los procedimientos de trabajo internos así como la colaboración con PdE e Ingreen.
 - Exponer los procesos de gestión y supervisión durante la ejecución del contrato, así como la coordinación entre las distintas partes involucradas.
 - Exponer el empleo y gestión del CDE
 - Gestión y supervisión de la calidad de los entregables y modelos BIM



Desarrollo de un sistema operacional de rebases para el Puerto de Barcelona y validación mediante monitorización con herramienta de visión artificial no intrusiva

María F. Álvarez de Eulate^a, Javier L. Lara^a, Antonio Tomás^a, Gabriel Díaz-Hernández^a, Alejandro González^a, Gabriel Barajas^a, Rafael Molina^b, David Rodríguez^b, Álvaro Campos^b, Miguel Ángel Pindado^c, Germán del Canto^c, Enrique Álvarez^d, Susana Pérez^d y Jose María García-Valdecasas^e.

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, España, fuentesm@unican.es, lopezjav@unican.es; Dpto. Ingeniería Civil. Transportes, Urbanismo y Territorio. UPM, Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040 Madrid. ETSICCyP . CEHINAV. Universidad Politécnica de Madrid. Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040 Madrid. D rafael.molina@upm.es; ^cAutoridad Portuaria Barcelona. Barcelona, España, d Puertos miguelangel.pindado@portdebarcelona.cat; del Estado, Madrid, España, enrique@puertos.es; o e Nologin, Madrid, España, jose.gvaldecasas@nologin.es.

1. Introducción

Tras éxito de la iniciativa SAMOA (Sistemas de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico a las Autoridades Portuarias), Puertos del Estado publicó en 2018 distintas licitaciones denominadas SAMOA2 con la finalidad de dar continuidad y mantenimiento a los módulos pre-existentes, y abrir nuevos módulos hasta la fecha inéditos tanto en el ámbito nacional, como en el internacional. Dentro de esta nueva oferta de contratación pública, IHCantabria fue seleccionado para desarrollar entre los años 2018 y 2021 tres de los módulos: agitación, onda larga y rebase. El desarrollo de este último, "SERVICIOS PARA EL DESARROLLO Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA OPERACIONAL DE REBASES EN EL MARCO DEL PROYECTO SAMOA2 (REF. EXPEDIENTE 06/18)", es el descrito en la presente comunicación. El nuevo módulo de predicción de rebase del oleaje sobre estructuras de abrigo portuario, destaca por la importancia de dicho fenómeno en relación a la seguridad, parada operativa y gestión de las infraestructuras portuarias en general. Dicho módulo se encuentra instalado actualmente en las oficinas de Puertos del Estado y funciona de manera automática en el CMA (Cuadro de Mando Ambiental) que gestiona Puertos del Estado, dando así servicio tanto a las Autoridades Portuarias que lo solicitaron (Almería, Barcelona, Ferrol-San Cibrao y Huelva), como a los usuarios/operadores de dichos puertos.

2. Desarrollo, puesta en marcha y calibración-validación del sistema

El nuevo sistema proporciona, para cada tramo de dique definido en el puerto, la predicción horaria de las diferentes variables de rebase (caudal medio, volumen individual máximo, espesor máximo de la lámina de agua y porcentaje de olas que rebasan) para una ventana de predicción de 3 días.

Para ello, el sistema parte de las predicciones del oleaje aportado por el sistema SAPO de Puertos del Estado, propagando dicho oleaje desde el punto SAPO hasta pie de estructura, considerando los efectos tridimensionales de propagación de oleaje, e incluyendo el proceso de interacción de éste con las obras de de abrigo del puerto de Barcelona. Todo ello se ha realizado a través de la concatenación de diferentes herramientas numéricas de última generación, tanto para la propagación de oleaje en el ámbito 2DH con el modelo MSP, como para su interacción de detalle 2DV con el modelo IH2VOF (www.ih2vof.ihcantabria.com), y teniendo en cuenta información geométrica real actualizada de las secciones de los diques, obtenidas mediante el uso combinado de técnicas de restitución fotogramétrica 3D (ZEUS Air-UPM), mediante la captura de imágenes desde un vehículo no tripulado (RPA/UAV), y medidas in situ.

Para la calibración/validación del sistema, se ha desarrollado una herramienta de visión artificial (ZEUS Overtopping-UPM), no intrusiva, para la monitorización de rebases. Esta herramienta se basa, por una lado, en la captura y consolidación de video imágenes en los diferentes tramos de dique del puerto a monitorizar, mediante el despliegue de una red de videocámaras de alta resolución. La selección de la localización de las cámaras, así como su focal y resolución, han requerido de un estudio particularizado se ha llevado a cabo con el objetivo de conseguir que cada sensor sea robusto en condiciones climáticas y de luminosidad adversas. Por otro lado, la herramienta se compone de un servicio de análisis automático de dicho vídeo, mediante técnicas de timestack y videoimagen para la detección de eventos de rebases, siendo estos caracterizados espacial y temporalmente. Por último, la herramienta dispone de un servicio de publicación de dichos datos de monitorización a través de metodologías API y tecnologías web, con el objetivo principal de calibrar y validar el sistema operacional de rebases puesto en marcha en el puerto.

Finalmente, de forma adicional en el proceso de calibración/validación, se ha realizado la simulación con el modelo CFD, IHFOAM (www.ihfoam.ihcantabria.com) de uno de los tramos del puerto de Barcelona para un temporal con el objetivo de poner en valor la validación del sistema en zonas muy tridimensionales utilizando técnicas de última generación, como es el modelado numérico tridimensional de la interaccion oleaje-estructura de alta resolución.





Estudio experimental de la transmisión de oleaje en diques homogéneos de Cubípodos de baja cota de coronación

M. Esther Gómez-Martína Jorge Molinesa, Sergio Lozanob, Patricia Mares-Nasarrea v Josep R. Medina^a

^aInstituto de Transporte y Territorio, Universitat Politècnica de València (UPV), mgomar00@upv.es jormollo@upv.es, patmana@cam.upv.es, jrmedina@upv.es

bIDOM, Calle Barcas 2, 46002 Valencia, SPAIN, sergiolozanotovar@hotmail.com

1. Introducción

Los diques homogéneos de baja cota de coronación (HLCS) construidos con escollera o elementos prefabricados de hormigón de gran tamaño son una nueva tipología estructural para proteger las costas del ataque del oleaje. Los HLCS se pueden considerar una infraestructura verde va que su utilización permite restaurar áreas degradadas de arrecifes de coral donde no solo es importante la protección costera sino también la propia regeneración de los arrecifes de coral (ver Odériz et al., 2018). Tanto la estabilidad hidráulica de la estructura como la transmisión, reflexión y disipación de oleaje de los HLCS dependen, entre otros, de la malla de colocación de piezas que se utilice en su construcción, puesto que determinan la altura total de la estructura y el francobordo.

2. Metodología

En el seno del proyecto HOLOBREAK se han ensayado secciones tipo correspondientes al tronco de un dique HLCS de Cubípodos de 5 capas con talud H/V=2/1 en el canal de oleaje del Laboratorio de Puertos y Costas (30 x 1,2 x 1,2 m) de la Universitat Politècnica de València (LPC-UPV). El modelo físico ensayado es un dique HLCS de Cubípodos con diámetro nominal D_n=3,79 cm v 5 capas, el cual se construyó siguiendo una malla de colocación triangular equilátera con porosidad p=50% sobre un fondo con pendiente m=4%. La altura total del modelo ensayado es de 20 cm y se han ensayado 4 niveles del mar, que se corresponden con 4 francobordos de la estructura, Rc=-3, 0, 5, 10 cm. En total se realizaron 100 ensayos con cuatro peraltes de oleaje diferentes (s_{0p} =0,01, 0,02, 0,03 y 0,04). En los ensayos se midió el espesor de la capa, la estabilidad hidráulica del manto, la reflexión del oleaje y la transmisión del oleaje a través del dique. Para obtener el oleaje incidente sobre la estructura se ha utilizado el modelo SwanOne con objeto de determinar la altura de ola significante (H_{m0}) y el período de pico del oleaje (T_p) a pie de dique.





Fig. 1 HLCS de Cubípodos construido en LPC-UPV.

3. Conclusiones

Para estimar el coeficiente de transmisión de los diques HLCS de Cubípodos de 5 capas se han utilizado solo los 48 ensayos anteriores al inicio de averías, con objeto de eliminar la influencia de la variación del francobordo durante los ensayos. Las fórmulas existentes para estimar la transmisión de oleaje en estructuras de baja cota de coronación, como d'Angremond et al. (1996), y la única fórmula existente para estimar la transmisión de oleaje en HLCS (Medina et al., 2019) no proporcionan buenas predicciones del oleaje transmitido, debido a las diferencias en la geometría de la estructura o al rango de aplicación. En este estudio se utilizan modelos de redes neuronales para definir un nuevo estimador de la transmisión de oleaje, válida para diques HLCS de Cubípodos de 5 capas con R²=0,91 dentro de los rangos $-2 < R_c/H_{m0} < 3.6 y 0.008 < s_{0p} < 0.035$ (Lozano, 2021).

Referencias

- D'ANGREMOND, K., VAN DER MEER, J.W., DE JONG, R.J. (1996). Wave Transmission At Low-Crested Structures. Proc. 25th Int. Conference On Coastal Engineering, Asce, Orlando (Florida), Vol 3., 2418-2527.
- LOZANO, S. (2021). Estudio De Transmision De Oleaje Para El Diseño De Diques Arrecife Homogeneos De Cubipodos. Aplicación A La Protección Del Litoral Del Parque Nacional De Corcovado (Costa Rica). Master Thesis, School Of Civil Engineering, Universitat Politecnica De Valencia. http://hdl.handle.net/10251/173134
- MEDINA, J.R., GOMEZ-MARTIN, M.E., MARES-NASARRE, P., ODERIZ, I., MENDOZA, E., SILVA, R. (2019). Hydraulic Performance Of Homogeneous Low-Crested Structures, Proc. Of The Coastal Structures Conference 2019, Bundesanstalt Für Wasserbau (Baw), Karlsruhe (Ge), 60-68.
- ORDERIZ, I., MENDOZA, E., SILVA, R. AND MEDINA, J.R. (2018). Hydraulic performance of a homogeneous Cubipod low-crested mound breakwater. Proc. of the 7th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastalab18), Santander (Spain), May 22-26, 2018.





El cambio climático en el litoral catalán: capacidad de adaptición social e institucional

Míriam Villares^a v Elisabet Roca^b

Institut de Sostenibilitat y Departament Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya, miriam.villares@upc.edu, elisabet.roca@upc.edu, D ORCID:0000-0001-6910-931Xa, D ORCID0000-0001-9432-0029 b

1. Introducción

El objetivo de esta comunicación es divulgar los resultados de la investigación en el marco del proyecto https://mcostadapt.upc.edu en el que se realiza una diagnosis de la capacidad de adaptación social e institucional frente al Cambio Climático del litoral catalán a nivel municipal. Se propone para la sesión 7.- Cambio climático y medidas de adaptación en puertos y costas.

2. Marco conceptual de la investigacion

El Marco conceptual del estudio es la capacidad de adaptación a los cambios, un concepto multidimensional que durante mucho tiempo, en los estudios de vulnerabilidad al cambio climático se ha mantenido en el ámbito de las ciencias sociales, pero recientemente ha ido cediendo terreno a otras disciplinas más allá de la estrictamente físico-climática. Se entiende la vulnerabilidad como un proceso dinámico determinado por los acontecimientos sociales, económicos, políticos, culturales e institucionales (Mussetta et al., 2016). Los enfoques más utilizados son el socio-económico, el biofísico y el que integra ambos enfoques (Choden et al., 2020) más allá de que las características físicas, las instituciones y los sistemas humanos puedan tener mayor o menor capacidad para hacer frente a las variabilidades climáticas y a los riesgos que provocan los fenómenos naturales. Esta capacidad de adaptación (Adaptive Capacity, AC) es multidimensional y se expresa en diferentes escalas. Así, en el Quinto Informe de IPCC (2014), la vulnerabilidad se expresa como producto de la intersección de procesos sociales expresados también en desigualdades socioeconómicas.

3. Ámbito de estudio

Nuestra zona de estudio abarca a todos los municipios del litoral de Catalunya. Se trata de 70 municipios costeros, englobados en 12 comarcas, un ámbito con una extensión de 580 km y una fuerte densidad de población que corresponde 10.000 habitantes por kilómetro de costa ya que incluye el ámbito del área metropolitaba de Barcelona.

4. Metodología

Los indicadores desarrollados en este estudio han sido clasificados siguiendo la misma clasificación propuesta por Klein et al. (2014), Biesbroek et al. (2013), Calliari et al. (2019) respecto a las barreras institucionales a la adaptación, que se pueden relacionar con tres tipos de indicadores o subgrupos:

- 1.- marcos normativos y de planeamiento (planes y normativa a diferentes escalas).
- 2.- estructuras de gobernanza (tejido asociativo) y
- 3.- valores y percepciones (dotaciones de educación ambiental y conflictividad)

5. Algunos resultados

Los resultados se presentan en una serie de mapas de adaptación que muestran la situación a nivel municipal. También en 4 focos de interés y análisis más profundo sobre los territorios que interesan por motivos de singularidad, diversidad o compleidad: Alt Empordà (turismo versus protección ambiental), Maresme (alta exposición y vulnerabilidad de infraestructuras y suelo urbano), Área Metropolitana de Barcelona (sobrepoblada y fuertemente antropizada) y el Delta del Ebro (el paradigma de la vulnerabilidad en la costa estudiada).

Agradecimientos

Esta investigación forma parte de los resultados del proyecto M-CostAdapt del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación CTM2017-83655-C2-R que han tenido continuidad en el proyecto C3RiskMed PID2020-113638RB-C21/C22.

Referencias

- Sauer, I. Roca, E. Villares, M. Integrating climate change adaptation in coastal governance of the Barcelona metropolitan area. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (2021) 26:16 https://doi.org/10.1007/s11027-021-09953-6
- Choden, K., Keenan, R. J., & Nitschke, C. R. (2020). An approach for assessing adaptive capacity to climate change in resource dependent communities in the Nikachu watershed, Bhutan. Ecological Indicators, 114. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106293
- Casey, A., & Becker, A. (2019). Institutional and Conceptual Barriers to Climate Change Adaptation for Coastal Cultural Heritage. Coastal Management, 47(2)169-188. https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1564952
- Mussetta, P., Barrientos, M. J., Acevedo, E., Turbay, S., & Ocampo, O. (2016). Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina. Revista de Metodología de Ciencias Sociales, (36), 119–147.





Metodología para obtener proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras en el presente siglo valorando la incertidumbre

Pedro Otiñar, Manuel Cobos, Pedro Magaña, Marcus Silva, Agustín Millares, Andrea Lira y Asunción Baquerizo

Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda, del Mediterráneo s/n, 18078, Granada 🕞 0000-0002-2149-5642, potinar@ugr.es, 🕞 0000-0002-5896-3630, mcobosb@ugr.es; 📵 0000-0002-0223-2425, pmagana@ugr.es. 📵 0000-0002-1575-5145, marcusanta@ugr.es. D 0000-0002-7120-7493, mivalag@ugr.es. D 0000-0003-2251-6684. andrea.lira.loarca@unige.it, © 0000-0002-3339-0653, abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

Se presenta la metodología general desarrollada en el marco del Lote I del proyecto de acrónimo ICCOAST, Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático, licitado por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

2. Metodología propuesta

Se asume que la evolución de la costa durante décadas es un proceso acumulativo que resulta de la interacción de agentes climáticos, del terreno (configuración topobatimétrica, estratigrafía, usos del suelo, etc.) y de uso y explotación (actividades de regulación de ríos). Para distintas realizaciones del clima generadas aleatoriamente con las mismas características estadísticas que las de los datos de partida, se simulan secuencialmente los procesos hidro y morfodinámicos siguiendo la línea de trabajo de Payo, et al. (2008) y Baquerizo y Losada (2008). Con los resultados se caracteriza estadísticamente la variación temporal de la costa y la ocurrencia de inundaciones. La metodología utilizada consta de los siguientes pasos:

Caracterización del medio físico: Cada sector litoral se divide en unidades fisiográficas y éstas, a su vez, en tramos según las características y agentes externos que intervienen en los procesos, en los cuales las acciones locales tienen rangos similares de variación.

Caracterización multi-modelo de las provecciones climáticas: Las provecciones se tratan para reducir los errores sistemáticos asociados a cada modelo. A continuación, se ajustan (1) distribuciones marginales no estacionarias, y (2) modelos vectoriales autorregresivos para, a continuación, caracterizar las proyecciones multi-modelo según Lira-Loarca et al. (2020).

Simulación de las series climáticas: Con técnicas de simulación, se generan nuevas series temporales aleatorias con las mismas propiedades estadísticas que las de partida.

Transformación de los agentes hasta la zona de estudio: Se seleccionan los estados climáticos representativos con el algoritmo de máxima disimilitud que permite encontrar, entre todas las posibles combinaciones de las variables que definen el clima, las que mejor representan el espacio de sucesos (Camus et al., 2011). Dichos estados climáticos se transforman hasta las proximidades de la zona de estudio con modelos que reproducen los procesos hidrodinámicos. Se usan DELFT3D, Guadalfortran (Ávila, 2007) y el método del número de curva del Servicio de Conservación del Suelo (USDA, 1954).

Simulación de procesos morfodinámicos: Se emplea el entorno CoastalME (Payo et al. 2017) que utiliza el modelo hidrodinámico CSHORE (Kobayashi, 2016) y un modelo de evolución de la costa de tipo *una-línea* para obtener los cambios en la morfología.

Caracterización estadística de la erosión y la inundación: Los resultados de las simulaciones se caracterizan estadísticamente.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del provecto Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático [CONTR2018/66984].

Referencias

- ÁVILA, A. (2007). "Procesos de múltiple escala en la evolución de la línea de costa". PhD thesis. Universidad de Granada. 161pp.
- BAQUERIZO, A. y LOSADA, M. A. (2008). "Human interaction with large scale coastal morphological evolution. An assessment of the uncertainty" in Coastal Engineering, 55(7-8), 569-580.
- CAMUS, P., F. MENDEZ, R. MEDINA y A. COFIÑO (2011). "Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate" in Coastal Engineering, 58 (6), 453-462.
- KOBAYASHI, N. (2016). "Coastal sediment transport modeling for engineering applications" in Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering 142(6): 03116001.
- LIRA-LOARCA, A., M. COBOS, G. BESIO y A. BAQUERIZO (2020). Projected wave climate temporal variability due to climate change in Stochastic Environmental Research and Risk Assessment.
- PAYO, A., A. BAQUERIZO y M. LOSADA (2008). Uncertainty assessment: application to the shoreline in Journal of Hydraulic Research. 46 (1), 96-104.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1954), National Engineering Handbook, sect. 4, Hydrology, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D.C.





Proyecciones de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en el presente siglo

Manuel Cobos^a, Pedro Otiñar^a, Pedro Magaña^a, Marcus Silva^a, Agustín Millares^a, David Gutiérrezb, Jorge Martínc, Pablo Arjonac y Asunción Baquerizoa

^aInstituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda. del Mediterráneo s/n, 18078, Granada; bSandS, Bajada San Juan, 73B, 39012, Santander;

Estudio 7 Soluciones Integrales, Calle Cuarteles, 27, 2ªPlanta, 29002, Málaga; 00000-0002-5896-©0000-0002-1575-5145, ©0000-0002-2149-5642, marcusanta@ugr.es: ©0000-0001-7588-6449, pmagana@ugr.es; david.gutierrez@sands.es, jorgemv@estudio7soluciones.es, pabloal@estudio7soluciones.es, 10000-0002-3339-0653, abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

La Universidad de Granada y la U.T.E. Estudio 7 - SandS trabajan en el marco de los proyectos licitados por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, de acrónimos ICCOAST-I (Exp. CONTR 2018 66984) e ICCOAST-II (Exp. CONTR 2018 66984) para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático.

2. Metodología utilizada y datos de partida

La metodología utilizada asume que la evolución de la costa durante décadas es un proceso acumulativo que resulta de la interacción de agentes climáticos, del terreno (configuración topobatimétrica, estratigrafía, usos del suelo, etc.) y de uso y explotación (actividades de regulación de ríos).

Para distintas realizaciones del clima generadas aleatoriamente con las mismas características estadísticas que las de los datos de partida, se simulan secuencialmente los procesos hidro y morfodinámicos siguiendo la línea de trabajo de Payo, et al. (2008) y Baquerizo y Losada (2008). Con los resultados se caracteriza estadísticamente la variación temporal de la costa y la ocurrencia de inundaciones.

La metodología se está usando para obtener proyecciones de la evolución de la costa y de la ocurrencia de eventos de inundación en un escenario de cambio climático establecido por el IPCC asociado a una trayectoria de concentración representativa cuyo forzamiento radiativo total para el año 2100 es igual a 8.5 W/m².

Se han utilizado, entre otros, los siguientes datos:

Agentes marítimos: Datos del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (PIMA Adapta) que proporciona proyecciones de nivel del mar y, para los periodos comprendidos entre 2026 y 2045 y entre 2081 y 2100, de oleaje (altura de ola significante, periodo medio y dirección de procedencia).

Agentes atmosféricos: Datos de viento (intensidad y dirección) y precipitación, de EURO-CORDEX para distintas combinaciones GCM-RCM.

Agentes fluviales: Proyecciones de caudales de la base *COPERNICUS*, concretamente, de los resultados del proyecto E-HYPEcatch, que es la configuración Europea del modelo HYPE (siglas de Hydrological Predictions for the Environment).

Agentes del terreno: (1) Estratigrafía del fondo marino (espesores de las capas, tamaño del sedimento y erodibilidad), determinados por el British Geological Survey en colaboración con la Universidad de Granada y (2) información topobatimétrica obtenida a partir de (i) el estudio ecocartográfico realizado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar (MITECO), (ii) la base de datos GEBCO (siglas de General bathymetric chart of the Oceans) y (iii) el modelo digital del terreno de 25 m de resolución del PNOA.

3. Resultados

En el congreso se presentarán, desde un punto de vista probabilístico, los resultados de la variación espacial y temporal de la costa andaluza hasta 2100. En concreto, mapas dinámicos de la línea de costa, del límite hasta donde llegan las olas, y de zonas inundables.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los proyectos Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático [CONTR2018/66984] y Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático. Provincias de Granada y Almería [Expediente CONTR 2018 66984].

Referencias

PAYO, A., BAQUERIZO, A., & LOSADA, M. (2008). "Uncertainty assessment: application to the shoreline". Journal of hydraulic research, 46, 96-104.

BAQUERIZO, A., & LOSADA, M. A. (2008). "Human interaction with large scale coastal morphological evolution. An assessment of the uncertainty". Coastal Engineering, 55(7-8), 569-580.





Análisis del impacto combinado de inundación y erosión de la costa debido al cambio climático

Alexandra Toimila, Moisés Álvarez-Cuesta e Iñigo J. Losada

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, D 0000-0002-2067-872X, toimila@unican.es; aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, o 0000-0002-1180-0746, alvcuestam@unican.es; aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, 0 0000-0002-9651-9709, losadai@unican.es.

1. Introducción

Las zonas costeras son especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático al situarse en la interfaz entre la tierra y el mar y albergar distintos procesos que las convierten en altamente dinámicas. Las condiciones históricas de diversas variables climáticas como el nivel del mar se están viendo alteradas por el efecto del cambio climático, convirtiéndose en generadoras de los impactos de inundación y erosión, que ya sea de forma individual o conjuntamente, pueden afectar a los bienes, infraestructuras y ecosistemas costeros. Por otro lado, la gestión de costa y, por tanto, la implementación de medidas de adaptación que nos ayuden a convivir con estos cambios exige metodologías que permitan evaluar los impactos de forma precisa y con la incertidumbre acotada (Toimil et al., 2021). No obstante, hasta la fecha, si bien ya se han desarrollado algunas metodologías para elaborar proyecciones de inundación y erosión, existen muy pocos estudios que aborden el modelado conjunto de estos dos impactos y, los que existen, presentan ciertas limitaciones que los aleja de las exigencias requeridas para la implementación de planes y estratgeias de adaptación. Estas limitaciones hacen referencia principalmente a la consideración de una única escala de acoplamiento de inundación y erosión, la no utilización de proyecciones de oleaje y nivel del mar, la simpleza con la que se incorporan los cambios en la línea de costa en la topo-batimetría y la falta de muestreo de la incertidumbre. En este trabajo se ha desarrollado una metodología novedosa que permite analizar el efecto conjunto de los dos impactos atendiendo a las diferentes escalas en las inundación y erosión interactúan, empleando proyecciones de todas las dinámicas que los generan, modelando los procesos con mucha precisión y considerando la incertidumbre de forma concienzuda en cada paso de la metodología.

2. Metodología

La metodología propuesta incluye una serie de modelos acoplados basados en procesos y en la física, forzados con proyecciones de oleaje y marea meteorológica derivadas de modelos climáticos regionales y aumento del nivel medio del mar (ANMM) para diferentes escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles (RPCs) y marcos temporales.

La cadena de modelado comienza con la generación sintética de tormentas teniendo en cuenta la no estacionariedad del clima y la dependencia espacial y su reducción híbrida a la zona de rompientes. La hidrodinámica de la zona de rompientes se modela teniendo en cuenta la morfodinámica de las tormentas y la traslación de los perfiles como consecuencia de procesos de largo plazo. Para ello, se aplica un modelo de translación de perfil que permite tener en cuenta el balance de sedimentos debido al transporte longitudinal (obtenido con IH-LANS, Álvarez-Cuesta et al., 2021) y al ANMM. Los perfiles modificados se usan para generar un conjunto de nuevas topobatimetrías que, a su vez, se emplean como elemento subyacente de la malla de cómputo de un modelo hidráulico. Los mapas de inundación costera se producen con ese modelo. La metodología tiene una fuerte componente de muestreo de la incertidumbre relacionada con el clima, ya que se consideran futuras tormentas sintéticas (variabilidad de tormentas) para diferentes RCPs y modelos climáticos que se combinan con percentiles de ANMM. El muestreo de la incertidumbre asociada al clima se complementa con un análisis de los resultados derivados de cuatro niveles distintos de acoplamiento de inundación y erosión y su contribución a la incertidumbre total.

3. Resultados

Los resultados demuestran que el nivel de acoplamiento inundación y erosión puede puede contribuir al área inundada más que el percentil de ANMM considerado en 2100 (hasta un 79% frente a un 13%). Los resultados también muestran la influencia de las no linealidades en los perfiles topográficos y las cotas del terreno (topografía), y que si no se considera el acoplamiento de estos dos impactos, la cota de inundación y el área inundada pueden estar sobreestimadas o subestimadas entre 40%-88% y 20%-55%, respectivamente, a fin de siglo. Se puede concluir que la no consideración del efecto conjunto de inundación y erosión, sobre todo en playas urbanas, podría dar lugar a estimaciones de riesgo espurias y a maladaptación.

Referencias

ALVAREZ-CUESTA M, TOIMIL A, LOSADA IJ (2021) "Modelling long-term shoreline evolution in highly anthropized coastal areas. Part 1: Model description and validation". Coast. Eng., 169, 103960.

TOIMIL A, CAMUS P, LOSADA IJ, ALVAREZ-CUESTA M (2021) "Visualising the uncertainty cascade in multi-ensemble probabilistic coastal erosion projections". Front. Mar. Sci., 8:683535.





Coastal Protection through Adaptation Pathways: the Ebro Delta case

Elisabeth Reuter^a, Vicente Gracia^{a,b}, Xavier Sánchez-Artús^a y Agustín Sánchez-Arcilla^{a,b}

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona Tech. 0000-0002-4628-426X, Vicente.gracia@upc.edu;

Abstract

Adaptation pathways are a dynamic way of planning, when facing big uncertainties or in fields that require high flexibility, such as climate change adaptation. Basically, so called pathways guide decision makers to a set of objectives, by sequencing their decisions in time. When the system performance drops below a certain threshold, an adaptation tipping point is reached, meaning that the current strategy becomes inefficient and additional or new actions need to be implemented. This enables a flexible response to changing conditions and adapting strategies depending on how the future unfolds, in terms of environmental as well as socioeconomic changes.

The definition of tipping points is a key element to trigger a change to another intervention/action. Tipping points represent the fundamental variables or processes that govern the coastal stretch in which adaptation routes are defined. Additionally, they must be quantifiable and time-dependent. Erosion and flooding are the most common worldwide coastal hazards. The first one is commonly represented by the shoreline retreat, whereas the second is expressed as a flooded area. More sophisticated approaches treat the beach as a functional system and combine different variables (Sánchez-Arcilla et al, 2014) providing the probability of failure of a predefined function (e.g. protection, natural support or recreational). Adaptation pathways consider the evaluation of plausible interventions for a particular coastal stretch. As an example, Figure 1 shows the adaptation pathways for a Mediterranean barrier beach, in which subsidence and erosion induced by wave sediment transport gradients are considered for a particular climate change scenario.

This work will present and discuss adaptation pathways designed for coastal management in several transects along the Ebro delta, with the final goal to establish a long-term plan for the sustainability of the whole system. Through various climate change projections (for example RPC 4.5, and RPC 8.5) we shall estimate the time for a certain amount of territory to be lost through erosion. Then we shall discuss how, through a combination of management options, like beach nourishment or coastal zoning, these adaptation tipping points could be posponed.

^bCentre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners (CIIRC)

The findings are summarized in a pathway map to provide decision makers with an overview of possible strategies, and a science-based tool to find an adequate response strategy.

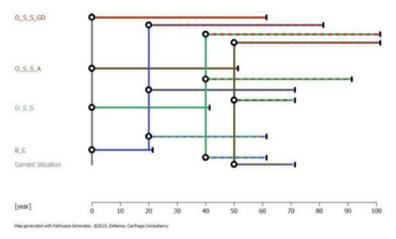


Fig. 1 Adaptation pathways for the Trabucador Barrier beach for an intermediate scenario, between RCP 2.6 and RCP 8.5. (B C) Maintaining Breaching and Connectivity; (O S S) Occasional Sand Supply; (O S S A) Occasional Sand Supply and Sand Groins; (O S S GD) Occasional Sand Supply with Geo-Diversity. The circles denote a change of pathway, moving to another type of approach/interventions. The vertical lines denote tipping points. Source: Sánchez-Arcilla et al. (2021)

Acknowledgements

This work has been supported by the European Union project REST-COAST (Grant agreement ID: 101037097). Sánchez-Artús X, has the support from the Secretariat for Universities and Research of the Ministry of Business and Knowledge of the Government of Catalonia and the Eurpoean Social Fund.

References

SANCHEZ-ARCILLA, A.; GOMEZ, M.; GRACIA, V., GIRONELLA, x. y GARCÍA-LEÓN, M. (2014). Reliability analysis of beaches under a climate change scenario. Proceedings of the 34th International Conference onCoastal Engineering. https://journals.tdl.org/icce/index.php/icce/article/view/7439/pdf 761 > [Consulta: 29 de enero de 2022].

SANCHEZ-ARCILLA, A.; GRACIA, V.; MÖSSO, C.; CACERES, I.; GONZALEZ-MARCO, D. v. GOMEZ J. (2021). Coastal Adaptation and Uncertainties: The Need of Ethics for a Shared Coastal Future. Frontiers Marine Science (8),DOI: 10.3389/fmars.2021.717781. in https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.717781/full > [Consulta: 29 de enero de 2022].



Modelización de la respuesta morfológica del estuario del Oka (Bizkaia) al cambio climático

Roland Garniera, Ian Townendb, Manu Monge-Ganuzasc, Iñaki de Santiagoa, Pedro Liria^a, Aritz Abalia^a, Irati Epelde^a, Andrea del Campo^a, Guillem Chust^a, Mireia Valle^a, Manuel Gonzáleza, Julien Madera, Mariluz Gómezd, Carlos Castillod, Adolfo Uriartec ^aAZTI Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), D, rgarnier@azti.es: bSchool of Ocean and Earth Science, University of Southampton; Natural Heritage and Climate Change Directorate, Basque Government; dIhobe, Basque Government.

1. Introducción

El cambio climático y el ascenso del nivel del mar (ANM) son una amenaza creciente e inevitable para los estuarios del planeta, por lo que aumentar su resiliencia es un requisito ineludible. En este contexto, se ha iniciado un programa de investigación para determinar las medidas de adaptación a tomar en los estuarios del País Vasco, incluyendo el desarrollo de una herramienta para evaluar la respuesta de los estuarios frente al cambio climático. El estudio se centra actualmente en el estuario del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai) elegido como zona piloto.

La dinámica sedimentaria del Oka se caracteriza por intercambios sedimentarios entre sus elementos morfológicos (deltas, playas, canales, llanuras intermareales y marismas) y aportes externos de origen fluvial y marino. Los análisis sedimentológicos evidencian un relleno transgresivo del estuario inferior con sedimentos marinos desde el Holoceno y deposición de sedimentos fluviales muy finos en el estuario superior y en las marismas.

Se ha empleado un modelo numérico de procesos (Delft3D), que permite parametrizar el transporte litoral y mareal, y un modelo numérico morfológico de macro-escala (ASMITA) para determinar la evolución del volumen de los elementos morfológicos del estuario a largo plazo. El conjunto de modelos se ha utilizado para simular la respuesta del estuario ante el ANM en el pasado, validando los resultados con sondeos existentes, y para estudiar distintos escenarios climáticos futuros.

Respuesta a un ANM lineal basado en tasas históricas

Forzando el modelo con un ANM lineal con una tasa representativa del siglo XX obtenida en estudios previos (1.7 mm/año), los resultados muestran que todos los elementos del estuario, incluyendo las marismas, acrecen y ajustan su cota al ascenso marino (Fig.1a). El modelo de marismas implementado tiene en cuenta los procesos de retención de sedimento,

la bio-producción, y las interacciones entre especies, y se ha calibrado a partir de datos de distribución de especies y de sondeos cortos. Asumiendo un escenario de marismas inactivas (degradación de las marismas por causas externas), la sedimentación en el estuario se reduciría aumentando el riesgo de inundación, poniendo de manifiesto el papel de unas marismas en buen estado. La reapertura de marismas, escenario similar al ocurrido tras su desocupación en la segunda mitad del siglo XX, da lugar a tasas de sedimentación hasta un orden de magnitud mayor que en las marismas naturales, y guarda correspondencia con los datos obtenidos a través del análisis de foraminíferos procedentes de sondeos cortos.

Respuesta a un ANM basado en escenarios del IPCC

Se consideraron ANM exponenciales según las últimas proyecciones del IPCC en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5. Dichos escenarios representan un nivel intermedio y alto de emisiones, respectivamente, y las tasas medias de ANM asociadas, para los años 2080-2100, son de 7.7 y 12.1 mm/año. Al contrario que con el ANM lineal, la tasa de sedimentación no es suficiente para compensar el ascenso exponencial. En las marismas, los resultados indican que el volumen inundado aumenta (Fig.1b), y que, por lo tanto, su hidroperiodo, tiempo en que permanecen inundadas, se incrementaría. Este desequilibrio en las marismas puede tener una implicación severa sobre la evolución y extensión de las especies presentes en las marismas del futuro. Los resultados sugieren que la herramienta de modelización utilizada es adecuada para prever la respuesta de las marismas ante el ANM y/o ante actuaciones humanas de adaptación como la reapertura de marismas reclamadas.

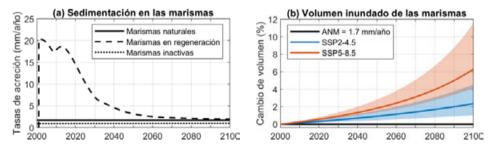


Fig. 1. (a) Respuesta de las marismas naturales, en regeneración e inactivas con un ANM de 1.7 mm/año. (b) Respuesta de las marismas naturales para distintos escenarios del IPCC.

Agradecimientos

Esta contribución muestra resultados del proyecto Okaklima financiado por Ihobe (programa Klimatek 20-21, Gobierno Vasco). Agradecemos la financiación de la Diputación Foral de Gipuzkoa (programa Fellows Gipuzkoa) y de la Comisión Europea (LIFE Urban Klima 2050 y POCTEFA Marlit). El estudio responde a los objetivos del laboratorio transfronterizo Kosta Risk y del Sistema de Oceanografía Operacional de Euskadi (https://www.euskoos.eus/).





Las Estrategias Marinas: la principal herramienta a nivel europeo para avanzar hacia el Buen Estado Ambiental del medio marino y su aplicación en España

Lucía Martínez García-Denche, Beatriz Sánchez Fernández, Francisco Javier Martínez Bedia, Itziar Martín Partida, Sagrario Arrieta Algarra

Subdirección General para la Protección del Mar, Dirección General de la Costa y el Mar, MITECO; Bzn-estrategiasmarinas@miteco.es

1. Introducción

La política de la Unión Europea en materia de medio ambiente se remonta al Consejo Europeo celebrado en París en 1972, a partir del cual se comenzaron a formular programas de acción plurianuales en materia de medio ambiente, que fijan futuras propuestas legislativas y objetivos para la política medioambiental de la Unión. Sin embargo, aunque la Directiva Aves y la Directiva Hábitats, de los años 79 y 92 respectivamente, incluían en sus anexos especies y hábitats marinos, y la Directiva Marco del Agua, del año 2000, incluían en su marco de actuación geográfica las masas de agua costeras, la protección del medio ambiente marino no fue expresamente abordada a través de una normativa específica hasta el el VI Programa de Acción Comunitaria en materia de Medio Ambiente (2001), que promovía "el uso sostenible del mar y la conservación de los ecosistemas marinos, incluidos los fondos marinos, los estuarios y las zonas costeras, con especial atención a los lugares de alto valor en términos de biodiversidad, mediante [...]una estrategia temática para la protección y conservación del medio ambiente marino, teniendo en cuenta, entre otras cosas, los términos y las obligaciones de aplicación que se derivan de los convenios sobre el mar y la necesidad de reducir las emisiones y los efectos del transporte marítimo y de otras actividades marítimas y terrestres"

A raíz de este programa, se aprobó la Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina, DMEM), transpuesta a nuestro marco legislativo a través de la Ley 41/2010, del 29 de diciembre, para la protección del medio marino (LPM).

Los principales objetivos de esta Directiva son:

- Proteger y preservar el medio marino, evitando su deterioro o, en la medida de lo posible, recuperando los ecosistemas marinos en las zonas donde se hayan visto afectados negativamente.
- Prevenir y reducir los vertidos al medio marino, de cara a eliminar progresivamente la contaminación.

La normativa en torno a las estrategias marinas a nivel europeo se completó con la Decisión 2010/477/UE de la Comisión, de 1 de septiembre de 2010, sobre los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas.

La Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) es la administración competente para el diseño y aplicación de las Estrategias Marinas (EEMM), que en España son cinco, una para cada una de las cinco demarcaciones marinas que establece la LPM (figura 1)

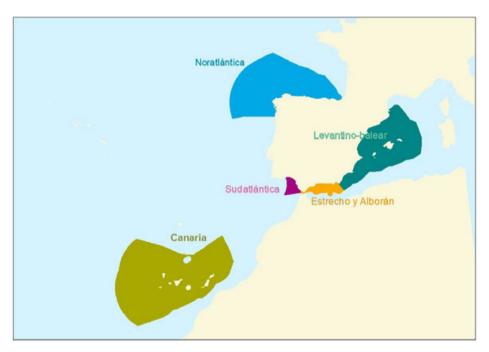


Figura 1. Demarcaciones Marinas

La presente comunicación explica brevemente el concepto de las EEMM y resume los trabajos realizados en el marco de el primer y segundo ciclo de las mismas.

Referencias

Los documentos de las estrategias marinas del primer y segundo ciclo hasta la fecha publicados, pueden consultar la web del MITECO: se en https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategiasmarinas/eemm eemmespana.aspx

Asimismo, las capas de informacion geográfica utilizadas para la elaboracion de estos documentos se pueden consultar en http://www.infomar.miteco.es/



Los planes de ordenación del espacio marítimo: una herramienta para fomentar la sostenibilidad de los usos y actividades en el medio marino

Sagrario Arrieta Algarra, Itziar Martín Partida, Aurora V. Mesa Fraile y Antonio Fernández v García de Vinuesa

Subdirección General para la Protección del Mar, Dirección General de la Costa y el Mar, MITECO; bzn-oem@miteco.es

1. Introducción

El medio marino es un ecosistema que da soporte a un conjunto de usos y actividades humanas, nos provee de unos bienes y servicios, los cuales contribuyen al desarrollo económico y social de los países ribereños. Algunos de estos usos y actividades requieren una utilización del espacio marítimo, ya sea de manera temporal o permanente.

La ordenación del espacio marítimo, también llamada planificación espacial marítima o planificación espacial marina, es el proceso mediante el cual las autoridades competentes analizan y organizan las actividades humanas en las zonas marinas con el fin de alcanzar objetivos ecológicos, económicos y sociales. Así lo definió el Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo, el cual supuso la transposición a normativa española de la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo.

Los planes de ordenación deben realizarse aplicando un enfoque ecosistémico, el cual contribuirá a fomentar el desarrollo y crecimiento sostenible de las economías marítima y costera y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros, asegurando la integridad y resiliencia de los procesos ecológicos que los sostienen.

La Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) del MITECO es la administración competente para la elaboración y aplicación de los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM), que en España serán cinco, uno para cada una de las cinco demarcaciones marinas, establecidas en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. Por primera vez en nuestro país, se han elaborado los cinco planes de ordenación, los cuales están en fase final de tramitación, tras haber concluido en 2021 diferentes fases de audiencia e información pública.

La presente comunicación repasa la metodología de elaboración de los POEM, y resume su contenido y estructura finales.

2. Resultados y conclusiones

Durante el proceso de elaboración de los planes de ordenación, la DGCM se ha apoyado en el grupo de trabajo de OEM que se constituyó en el seno de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas. Este grupo reúne a todas las administraciones estatales con competencia en los diferentes usos y actividades del medio marino. También se realizaron reuniones bilaterales con las Comunidades Autónomas litorales, para abordar las cuestiones que son de su competencia. La participación de los representantes de los sectores también tuvo lugar desde el comienzo del proceso, aunque debido a la pandemia de COVID19, esta participación no fue tan intensa como se habría deseado.

La estructura de los planes de ordenación se articula en torno a cinco bloques. Los bloques I, II, IV v V son comunes para las cinco demarcaciones marinas, mientras que el bloque III-Diagnóstico, consta de un documento independiente para cada una de las cinco demarcaciones.

El bloque IV establece los criterios, disposiciones y medidas de ordenación. Además, para aquellos usos y actividades del medio marino que requieran la ocupación de un espacio concreto, se ha establecido la zonificación correspondiente, identificándose zonas de uso prioritario y zonas de alto potencial para diferentes usos y actividades. El conjunto de zonas establecidas comprende lo que se ha denominado como cartografía normativa. La cartografía del diagnóstico, así como la cartografía normativa, se pueden consultar en el visor geográfico www.infomar.miteco.es

Los borradores de los POEM se sometieron a Audiencia Pública entre el 7 y 25 de junio de 2021, y se recibieron un total de 119 alegaciones. Posteriormente se tramitó la información pública de la evaluación ambiental estratégica, entre el 8 de julio y el 8 de septiembre de 2021, recibiéndose otras 140 alegaciones. Los planes están actualmente en las últimas fases de la evaluación ambiental estratégica. Una vez la Declaración Ambiental Estratégica se publique en el BOE, se finalizará la tramitación del real decreto de aprobación de los POEM.

Referencias

El conjunto de la información de los planes de ordenación, tal cual han sido sometidos a consulta pública, se puede consultar en la. web: https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-delespacio-maritimo/default.aspx



Análisis espacial de la capacidad de carga náutica de las zonas de fondeo de las Illes Balears

Aina G. Gómez^a, Pau Balaguer^a, Àngels Fernández-Mora^a, Joaquín Tintoré^{a,b}

^aBalearic Islands Coastal Observing and Forecasting System (SOCIB); , aggomez@socib.es; pbalaguer@socib.es; , mafernandez@socib.es; , itintore@socib.es. ^bInstitut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA-UIB-CSIC).

1. Introducción

La navegación de recreo es uno de los sectores más importantes dentro del entramado de la economía del turismo en las Illes Balears. El número de amarres de las Illes Balears (20.000 aprox.) representa algo más del 5% del total de los amarres del mar Mediterráneo. En las regiones costeras, como las Illes Balears, existe la necesidad de dar respuesta a los problemas asociados con la afluencia masiva de navegantes en algunas zonas de fondeo. En ciertos enclaves debería racionalizarse su uso incontrolado y el posible deterioro de los recursos que sustentan esta actividad. La capacidad de carga náutica espacial permite establecer las limitaciones físicas en cuanto al fondeo, estimándose como la relación entre el espacio disponible y la capacidad de embarcaciones que pueden fondear simultáneamente (Balaguer et al., 2011). El objetivo de este estudio es estimar la capacidad de acogida de embarcaciones de recreo en las zonas de fondeo de las Illes Balear

2. Metodología

El procedimiento metodológico se basa en cuatro etapas diferenciadas (Gómez et al., 2021): 1) análisis y delimitación de las zonas de fondeo, mediante el uso de fotografías oblicuas de la costa e información cartográfica; 2) establecimiento de las hipótesis de fondeo (distancias mínimas entre puntos de fondeo), mediante el análisis de la distancia mínima media entre puntos de fondeo de zonas reguladas y la evolución de la longitud de amarres de las embarcaciones de recreo; 3) estimación de la capacidad de carga náutica para diferentes escenarios espaciales e hipótesis de fondeo, haciendo uso de sistemas de información geográfica; 4) análisis de días viables para el fondeo en función del oleaje, haciendo uso de bases de datos de variables meteoceanográficas orientadas a la caracterización del clima marítimo

3. Resultados

Los principales resultados de este estudio son: i) se han identificado 343 zonas de fondeo: 250 no reguladas, 39 reguladas y 54 excluidas por restricciones legislativas; ii) la capacidad de carga náutica de las 39 zonas de fondeo reguladas es de 1.914 puntos de fondeo; iii) la capacidad de carga náutica de las 250 zonas no reguladas para el escenario de fondo marino arenoso es de 17.956, 4.502 y 2.066 puntos de fondeo para las hipótesis de fondeo de 25 m. 50 m y 75 m, respectivamente; iv) se han definido 21 zonas de exposición al oleaje que arrojan un rango amplio de días viables para el fondeo en función del oleaje, variando entre los 48 y los 106 días viables para la temporada estival (122 días).

4. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes del estudio son: i) la mayoría de las zonas de fondeo identificadas en las islas se encuentran actualmente no reguladas y no excluidas por restricciones legislativas; ii) la capacidad de carga náutica de cada zona de fondeo varía sustancialmente en función del escenario espacial (arenoso, sensible) y de la hipótesis de fondeo (25, 50, 75m); iii) se confirma que en estudios de capacidad de carga es esencial considerar las condiciones climáticas de oleaje que permitan el fondeo en las zonas destinadas a tal fin.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo de Ports de les Illes Balears de la Conselleria de Mobilitat i Habitatge del Govern de les Illes Balears. Los autores agradecen a Marc Pons, Xavier Ramis, Cristina Barahona, Pedro Puigdengoles, Mateo Barceló y Laura Molano la información facilitada y su apoyo técnico. Los autores agradecen a Rosa Rodríguez, Verónica Ortiz y Llúcia Ribot la revisión y edición editorial del informe.

Referencias

BALAGUER, P., et al. (2011). "Spatial Analysis of Recreational Boating Activity as a Key Step for Marine Spatial Planning in Mallorca (Balearic Islands, Spain)" en Ocean and Coastal Management, 54: 241-24.

GÓMEZ, A.G., et al. (2021). Análisis espacial de la capacidad de carga náutica de las zonas de fondeo de las Illes Balears. Palma: Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears (ICTS SOCIB).





Eólica marina y ordenación del espacio marino: una propuesta jurídica para su reordenación

Francisco Javier Sanz Larruga^a v Marta García Perez^b

^a Catedrático de Derecho Administrativo, Observatorio del Litoral de la Universidade da Coruña, https://orcid.org/0000-0003-1045-5888, javier.sanz.larruga@udc.es; y b Catedrática de Derecho Administrativo, Observatorio del Litoral de la Universidade da Coruña, marta garcia perez@udc.es)

1. Resumen

El Pacto Verde Europeo -presentado por la Comisión Europea el 11 de diciembre de 2019constituye una de las prioridades políticas de la nueva Comisión hasta el 2030. Y, como objetivo importante del Pacto está el de lograr la neutralidad climática en 2050, para lo cual se pretende reducir al 55% las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí al 2030 con respecto a los niveles de 1990. Con el fin de lograr este objetivo se prevé un paquete de medidas como la aprobación de la "Ley del Clima" europea y proseguir el proceso de descarbonización del sistema energético, lo cual pasa por seguir promoviendo en gran medida las energías renovables. Y, dentro de esta iniciativa se encuadra la "Estrategia de la Unión Europea para aprovechar el potencial de la energía renovable marina para un futuro climáticamente neutro" presentada por la Comisión Europea el 19 de noviembre de 2020; en esta estrategia el objetivo estimado es disponer de una capacidad instalada de al menos 60 GW de energía eólica marina en 2030, con vistas a alcanzar los 300 GW para el 2050.

Por lo que se refiere a España, el "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima" (PNIEC, 2021-2030), persentado por el Gobierno en enero de 2020, se reconoce el gran potencial de la eólica marina aunqye todavía no sean competitivas, si bien al día de hoy no existen todavía en el litoral español infraestructuras de esta modalidad de energía. Frente a la limitada extensión de la plataforma continental de España, la emergente tecnología de la eólica flotante parece ofrecer buenas oportunidades.

Muy recientemente, el Consejo de Ministros de 12 de diciembre de 2021 ha aprobado la "Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y de las energías del mar en España". En este dcoumento estratégico se subraya la necesidad de revisar el régimen jurídico vigente para la tramitación de las autorizaciones de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial que se encuentra en el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio. Esta regulación ha merecido una generalizada crítica en la doctrina jurídica especializada (ALENZA GARCÍA, SANZ LARRUGA, DÍAZ LAGARES, SALVADOR GIMENO) por su imprecisión técnica, su carácter farragoso y su escaso respecto de las competencias concurrentes de las Administraciones territoriales sobre los espacios marinos.

Tras la transposición de la Directiva 2014/89/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece un marco para la irdenación del espacio marítimo en virtud del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, se hace preciso esperar a la aprobación de los planes de ordenación del espacio marino en cada una de las cinco demarcaciones marinas declaradas en España conforme a la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino. En el momento presente (principios del 2022) está en tramitación por parte del Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico, tanto el proyecto de Real Decreto por el que se aprueban los citados planes de ordenación del espacio marítimo en las referidas demarcaciones, así como el contenido de cada uno de los planes de las demarcaciones, así como su estudio ambiental estratégico.

En el momento presente hay en tramitación en España un buen número de proyectos de parques eólicos marinos que están dando lugar a una reacción contraria a su implantación por parte de algunos sectores económicos como la pesca marítima. Por lo tanto, para cohonestar el necesario desarrollo de las energías renovabales -y, entre éstas, la eólica marina- que, como hemos señalado promueve la Unión Europea, con el respecto de las actividades económicas que concurren sobre el litoral y con la preservación de la biodiversidad marina y costera, es preciso diseñar un nuevo marco jurídico y estratégico en España. Ofrecer una aproximación al nuevo marco jurídico de ordenación de las futuras energías renovables marinas es el objeto principal de esta comunicación.

Referencias

- ALENZA GARCÍA, J.F. (2009): "La autorización de parques eólicos marinos" en SANZ LARRUGA, F.J., GARCÍA PÉREZ, M. (Dirs.), Estudios sobre la ordenación, planificación, y gestión litoral: Hacia un modelo integrado sostenible, Fundación Pedro Barrié de la Maza e Instituto de Estudios Económico de Galicia - Observatorio del Litoral, A Coruña, pp. 503-521
- DÍAZ LAGARES, V. (2016): "Los retos de la energía eólica marina en España: el papel de las CC.AA. y la ordenación de los espacios marinos ante la Directiva 2014/89/UE", en Actualidad Jurídica Ambiental, núm. 56, pp. 8-28
- SALVADOR, S., GIMENO, L., SANZ LARRUGA, F.J. (2018), "The influence of regulatory framework on environmental impact assessment in the development of offshore wind farms in Spain: Issues, challenges and solutions", en Oceans and Coastal *Management*, vol. 161, pp. 165-176
- SANZ LARRUGA, F.J. (2014): "La energía eólica marina en el marco de la ordenación de los espacios marinos", en ALENZA GARCÍA, J.F. (Dir.): La regulación de las energías renovables ante el cambio climático, Thomson-Reuters Aranzadi, Cisur Menor, 2014, pp. 387-425





Ordenación del espacio marítimo: identificación de espacios idóneos para el desarrollo de la energía eólica offshore en el ámbito de las 5 demarcaciones marinas españolas

Carla Murciano Virto^a, Ana Lloret Capote^a y Sagrario Arrieta^b

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX; carla.murciano@cedex.es; ana.lloret@cedex.es; bSubdirección General para la Protección del Mar, MITERD; sarrieta@miteco.es

1. Introducción

En 2014, la UE promulgó la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo (OEM). Esta norma presigue el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos. En España, la norma se traspuso a través del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo, que establece que se deberán elaborar cinco planes de ordenación (POEM), uno por cada demarcación marina establecida en la Ley 41/2010, de protección del medio marino.

La OEM se constituye como una herramienta que permite una gestion eficaz de los usos y actividades que confluyen en el espacio marítimo, compatible con la consecución del buen estado ambiental, y que no solo mitigue los posibles conflictos espaciales presentes y futuros sino que contemple los sectores emergentes en el mar, fruto del más reciente desarrollo tecnológico. La OEM debe perseguir la identificación de las posibles relaciones sinérgicas entre los distintos usos, de forma que estos sean más rentables y sostenibles en el tiempo.

Buena parte del proceso de elaboración de los POEM en España ha consistido en elaborar un análisis de las interacciones que se observan o que pueden surgir entre las actividades marítimas, tanto presentes como futuras. Una parte significativa de las interacciones identificadas son relevantes especialmente para el desarrollo de las energías renovables marinas, en particular, el sector eólico en espacios offshore.

En esta presentación se describirá el procedimiento seguido para delimitar polígonos concretos en las demarcaciones marinas españolas donde el desarrollo del sector de la eólica marina pueda considerarse viable. Para ello, se ha procedido a hacer una evaluación pormenorizada de las interacciones que podría encontrar un potencial desarrollo de las energías marinas con el resto de usos, actividades e intereses presentes a día de hoy y/o con posible afección al ámbito marítimo (e.g. navegación aérea), así como con sus perspectivas de desarrollo futuro en el ámbito temporal del POEM.

El punto de partida para la identificación de áreas potencialmente viables para el desarrollo de la eólica marina han sido las indicaciones aportadas por el IDAE, que inciden sobre tres aspectos técnicos clave para la viabilidad de la explotación comercial del recurso eólico en el ámbito offshore: una profundidad máxima <1000 m; una intensidad de recurso (velocidad de viento media anual) >7,5 m/s; y la proximidad a una subestación eléctrica en tierra.

Sobre esta base, se ha articulado un proceso participativo que ha permitido que diferentes organismos de la Administración Pública fueran consultados (entre otros MITERD; MITMA; ENAIRE; MAPA; MDEFENSA; MECD) y establecieran criterios técnicos para delimitar un conjunto de polígonos para facilitar el desarrollo comercial de la eólica marina, intentando respetar las necesidades de cada sector.

2. Resultados y conclusiones



Figura 1. Distribución preliminar (periodo pre-consulta pública de los POEM) de los polígonos identificados para el desarrollo de la eólica marina en espacios offshore.

De la aplicación de los criterios en el ámbito marítimo ha resultado una delimitación de polígonos en los que se prevé que el sector eólico pueda desarrollarse con mayor facilidad. Estas zonas se describen específicamente en el Bloque IV de los POEM, así como en la cartografía normativa que lo acompaña. Se han caracterizado como "zonas de uso prioritario" o "zonas de alto potencial" según las interacciones con el resto de actividades marítimas.

Referencias

MITERD, 2021. Anexo I: Planes de ordenación: Parte común a las cinco demarcaciones marinas, correspondiente a los bloques I, II, IV y V, incluyendo la representación cartográfica del ámbito de aplicación y la zonificación.

CEDEX. 2021. Anexo II: Planes de ordenación: Parte específica para cada demarcación marina, correspondiente al Bloque III-Diagnóstico.





Desarrollo e implementación de una metodología evaluación de las interacciones entre la energía eólica flotante y la acuicultura offshore

Juncal Cabrera-Busto^a, Carlos V.C. Weiss^a, Bárbara Ondiviela^a, Lucía Meneses^a, Raúl Guanchea v José A. Juanesa

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain ORCID ID: Juncal Cabrera-Busto (juncal.cabrera@unican.es; 0000-0002-4865-704X). (carlosvinicius.dacruz@unican.es; Carlos V.C. Vinicious 0000-0002-6777-5527), Bárbara (ondiviela@unican.es; 0000-0001-6902-1166), Lucía Meneses Ondiviela (lucia.meneses@unican.es; 0000-0002-5007-0424), Raúl Guanche (raul.guanche@unican.es; 0000-0001-9768-1727), José A. Juanes (juanesj@unican.es; 0000-0003-1825-2858).

1. Introducción

La combinación de la energía eólica flotante y la acuicultura offshore se han descrito como actividades compatibles y sinérgicas, sin embargo, para que su combinación en el medio marino llegue a ser una realidad, se hace necesario tener un mayor conocimiento de las posibles interacciones existentes entre ambas actividades y de las mismas con el medio. El presente trabajo presenta una metodología que pretende dar respuesta a parte de estas inquietudes.

2. Metodología

La metodología desarrollada evalúa, en primer lugar, la viabilidad del cultivo y de la explotación eólica, a través del análisis de los requerimientos biológicos de las especies de cultivo (temperatura, salinidad y PAR, para el caso de las macroalgas), el requerimiento de las instalaciones a nivel estructural, donde se evalúa la integridad estructural y el tiempo de vida de la instalación, y a nivel operativo, donde se evalúa la posibilidad de llevar a cabo las actividades de operación y mantenimiento propias de la actividad (alimentación, limpieza, mantemiento, etc.). La aproximación metodología desarrollada se hace con base en 15 especies piscícolas (bacalao, besugo, corvina, dorada, lubina, salmón atlántico, truca arcoíris, atún rojo, dentón, mero, mujil-lisa, lampuga, pargo y seriola) y 5 especies de macroalgas.

En segundo lugar, se evalúa la viabilidad socio-ecológica del uso combinado, a través de cuatro criterios que consideran la compatibilidad normativa, la compatibilidad con otros usos y actividades, la compatibilidad con eventos extremos y la compatibilidad con hábitas y especies. La compatibilidad normativa, evalúa la legislación existente en la zona en materia de acuicultura y energía eólica con objeto de conocer las zonas disponibles a nivel compatibilidad con otros usos y actividades, evalúa a través de un índice de diversidad de usos basado en la superposición de los mismos, la cantidad de usos y actividades presentes en la zona y su compatibilidad con el uso combinado. La compatibilidad con eventos extremos, evalúa la capacidad de las especies cultivadas de sobrevivir antes situaciones climatológicas extremas,

considerándose dos tipos de efectos: agudos y crónicos. La compatibilidad con hábitats y especies, aplica el enfoque ecosistémico para analizar la resiliencia del medio y, particularmente, su capacidad para recuperarse de los efectos producidos por la actividad. El análisis se realiza a través de tres aproximaciones: cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa. Por último, se evalúa la viabiabilidad económica, que analiza la rentabilidad de la actividad a nivel económico, a través de parámetros como el CAPEX y el OPEX.

Caso de estudio

Para poner a prueba la metodología desarrollada, ésta se aplicó en el sur de Gran Canaria, dónde se registran altos valores de viabilidad de cultivo y de explotación de energías. Como resultados más relevantes, se observó que el mayor solapamiento con otros usos se producía en la zona más cercana a la costa, disminuyendo considerablemente a medida que nos alejamos de la misma. La frecuencia y la magnitud de eventos extremos fueron los factores determinantes para descarar la posibilidad de cultivar bacalao, salmón atlántico, trucha arcoíris, cherna y lampuga, así como de las cinco especies de macroalgas. Respecto a la resiliencia de los hábitats y especies, los resultados obtenidos mostraron como las mejores compatibilidades se registraron en la zona infralitoral y la zona batial, siendo la zona circalitoral la que presente menores compatibilidades. A nivel económico se observó que todos los casos de estudio analizados eran rentables, destacando la explotación conjunta de la energía eólica y el cultivo de atún rojo por sus altas tasa de rentabilidad.

Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto ACUFLOT. Este proyecto cuenta con el apoyo de la Vicepresidencia Tercera y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad.





Provecto de refuerzo del dique de abrigo del puerto de Ondarroa

Saioa Rezabal Arocena^a, Borja Zugasti Bernardo^a, Nestor Urrutxua Miguel^b, Alberto García Morales^b, Nerea Ramos Gómez^b Jaime H. García Palacios^c José Luis Orts Egío^c, Alejandro Perales Juidías^c, y Vicente Negro Valdecantos^c

^aDirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Gobierno Vasco, puertos-bizkaia@euskadi.eus; ^bTécnica y Proyectos, S.A., TYPSA, nurrutxua@typsa.es; agarcia@typsa.es; nramos@typsa.es; cECOREL - UPM. Laboratorio de Puertos ETSICCP Madrid

Introducción

El dique de abrigo del puerto de Ondarroa está conformado por un primer tramo recto de 166 m de longitud paralelo a la alineación de la costa y protegido por bloques desde el año 2017, y un segundo tramo, también recto de 145 m de longitud construido en sentido perpendicular a la costa y protegido con bloques desde su construcción. Para un total de 311 m de infraestructura de abrigo con una cota de coronación de +13,00 en el primer tramo (+14,50 desde el refuerzo del año 2017) y +14,00 en el segundo tramo. El primer tramo se podría catalogar como un dique de estructura mixta, mientras que el segundo es un dique en talud con espaldón, siendo su profundidad máxima de 12,00 m en BMVE.



Fig. 1 Vista general del puerto de Ondarroa. Fuente: Gobierno Vasco (2010)

La obra de emergencia ejecutada entre los años 2016 y 2017 ha conseguido hasta el momento que no se hayan vuelto a producir averías graves en las estructuras adosadas al dique de abrigo, si bien es cierto que los rebases se siguen produciendo de forma asidua cada vez que hay un temporal marítimo de cierta intensidad, siendo necesario cortar el acceso al puerto en ese tramo para garantizar la seguridad de los usuarios y transeúntes.



Fig. 2 Rebase sobre el tramo 1 del dique de abrigo. Fuente: Gobierno Vasco (2014)

2. Redacción del provecto

Para conocer con exactitud el estado actual del dique y el comportamiento de la solución proyectada se realizó un ensayo en modelo físico 3D en ECOREL (Environment, Coast and Ocean Research Laboratory Universidad Politécnica de Madrid).

Los resultados obtenidos en los ensayos en modelo físico pusieron de manifiesto la precaria situación de estabilidad en la que se encontraba principalmente el Tramo 1, así como los importantes rebases a lo largo del dique. Por lo que se planteó un aumento de la cota del espaldón y colocación de bloques en el manto principal aumentando la cota de coronación de la berma. Se ha utilizado hormigón de alta densidad con el empleo de áridos siderúrgicos para el diseño de los bloques de protección del manto principal del dique. Con esta medida se pone en valor un residuo (árido siderúrgico proveniente de la valorización de las escorias negras de horno eléctrico en sustitución del árido calizo), proyectándose bloques de menor peso para un mismo Nod (índice de averías).



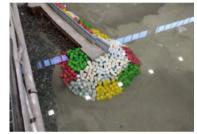


Fig. 2 Ensayos en modelo físico en ECOREL, UPM. Fuente: TYPSA (2021)

El proyecto contempla la colocación de bloques de 45 t con densidad 2,75 t/m³ en el tronco del dique, tanto en el Tramo 1 como en el Tramo 2, y la colocación de bloques de 60 t en el morro también de densidad 2,75 t/m³. Para la colocación de los blqoues será necesario el empleo de una grúa de 600 t de capacidad. Para los bloques que se coloquen desde el morro del dique será necesario el empleo de una cimbra o plataforma.

Para reducir el rebase se plantea el recrecido del espaldón en 1,50 m hasta la cota +16,00. El recrecido se realizará mediante el cosido del espaldón con micropilotes de diámetro de perforación 150 mm, armado con tubería de acero de diámetro exterior 114,3 mm y 9 mm de pared v barra GEWI de 40 mm.

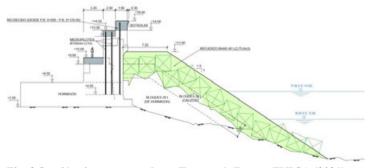


Fig. 3 Sección tipo proyectada en Tramos 1. Fuente: TYPSA (2021)



Proyecto de Optimización de la Navegación en la Eurovía E.60.02 Guadalquivir

Rodrigo García Orera^a, Antonio Bejarano Moreno^b, Macario Fernández-Alonso Trueba^c, Sara Calvo y Ángel Mateos^d, Laia Ortego^e, Francisco González y Mercedes Garcíaf

- ^a Jefe del Departamento de Infraestructuras, Autoridad Portuaria de Sevilla, rgarcia@apsevilla.com;
- ^b Jefe de División de Medio Ambiente, Autoridad Portuaria de Sevilla, abjearano@apsevilla.com;
- ^c Director UTE MCValnera-SENER-Tecnoambiente, mft@mcvalnera.com,
- d MCVALNERA. S.L., scf@mcvalnera.com, ama@mcvalnera.com;
- ^e SENER Ingeniería y Sistemas S.A., laia.ortego@sener.es;
- fTECNOAMBIENTE, francisco.gonzalez@tecnoambiente.com, merche.garcia@tecnoambiente.com;

1. Introducción

El Puerto de Sevilla es el único puerto marítimo interior de España. Está situado en el estuario del Guadalquivir, con un recorrido de 90 kilómetros, llegando a las instalaciones portuarias de la ciudad de Sevilla a través de la esclusa, única en España. La navegación en la ría del Guadalquivir se realiza a través de la canal de navegación, denominada Eurovía del Guadalquivir E 60.02, e incluida en la Red Transeuropea de Transporte dentro del corredor Atlántico. El principal factor clave y limitante que tiene el Puerto de Sevilla es la vía navegable, la cual requiere que se realicen labores de dragado periódicas para poder mantener su operatividad. En el año 2020 la Autoridad Portuaria de Sevilla, en adelante APS, inició este proyecto con un planteamiento multiobjetivo, bajo la filosofia "Working with Nature" para buscar soluciones adaptativas sostenibles que mejoren y hagan viable el acceso al puerto de manera segura y eficiente. De esta manera se sigue dando continuidad al aumento del conocimiento del Estuario del Guadalquivir que se inició en 2013 con convenios con diferentes universidades andaluzas.



Fig. 1 Ámbito de actuación. Fuente: Elaboración propia

2. Objetivos del Proyecto

El principal objetivo del proyecto es mejorar las condiciones de navegabilidad, operatividad y acceso al Puerto de Sevilla en base al conocimiento científico y al desarrollo de técnicas innovadoras que permitan la entrada de buques de mayor calado, manteniendo las cotas de la rasante actual. En este sentido, se busca que la optimización del acceso redunde positivamente en el entorno, detectando y explotando oportunidades Win-Win dirigidas a mejorar la situación ambiental y contribuir al mantenimiento de otros sectores productivos del estuario. Para ello, se están estudiando actuaciones que optimicen la navegación y permitan el acceso a buques de mayor calado, soluciones que reduzcan la sedimentación en la vía navegable y la erosión en las márgenes, técnicas de dragado de mayor viabilidad y sostenibilidad ambiental y la gestión del material de dragado, planteando nuevos usos productivos dirigidos a la economía circular. De igual manera, se seguirá avanzando en la gestión adaptativa de los vaciaderos terrestres, generando hábitats propicios para la reproducción y cría de avifauna de especial interés, acción reconocida por PIANC como WwN en 2021 y por la Junta de Andalucía con el Premio Medio Ambiente 2020.

3. Proceso Participativo

Por último, hay que destacar el proceso participativo que acompaña a la definición y redacción del proyecto, el cual cuenta con 5 mesas sectoriales integradas por los principales grupos de interés en el estuario del Guadalquivir y con un Comité Científico-Técnico formado por investigadores de diferentes universidades y especialistas en la materia. Con este proceder, innovador en todos los sentidos, se pretende incorporar, desde la primera toma de decisiones, las inquietudes de los sectores directamente implicados en la gestión del estuario y ofrecer valor añadido al proyecto mediante propuestas que lo mejoren.

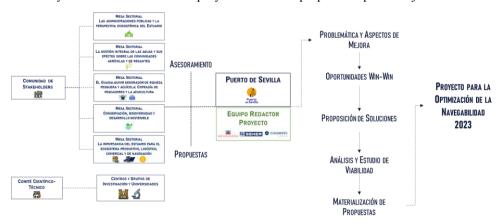


Fig. 2 Esquema del proceso participativo. Fuente: Elaboración propia





Estudio para la Ampliación del Frente de Almadrabillas y Muelle de Levante en el Puerto de Almería

Ma Piedad Herreraa, Jorge Martínb, Pablo Arjonac, Jorge Molinesd v Roberto Pilladoc ^aDpto de Infraestructuras Marítimas, PROES Consultores S.A., , mariapiedad.herrera@proes.es; ^bEstudio 7, Ingeniería y Construcción. pjorgemy@estudio7soluciones.es; ^cEstudio 7, Ingeniería y Construcción, pabloal@estudio7soluciones.es; dLaboratorio de Puertos y Costas, Universitat Politècnica de València, o jormollo@upv.es; y Dpto de Infraestructuras Marítimas. PROES Consultores S.A., o roberto.pillado@proes.es);

1. Introducción

Es indudable la relevancia e impacto que tienen los puertos en nuestro entorno. Por su cercanía a la ciudad, no se puede hablar de desarrollo portuario sin considerar el desarrollo urbano. Este hecho ha sido el causante de la importancia que ha cobrado el modelo Puerto-Ciudad en los últimos años.

Este concepto adquiere especial relevancia en el Puerto de Almería (España) dada su proximidad al centro de la ciudad. La planificación actual de la Autoridad Portuaria de Almería presenta ya un claro criterio sobre su crecimiento futuro, y este es el crecimiento hacia la zona exterior del Puerto.

Por ello, en 2016 se firmó un convenio entre la Autoridad Portuaria de Almería, el Ayuntamiento de Almería y la Fundación Bahía Almeriport; en el que se comprometían a iniciar y promover las gestiones necesarias para cambiar los usos actuales de los espacios portuarios en desuso, así como a planificar la integración a largo plazo del Puerto-Ciudad de Almería. El Plan Director promueve la transformación a largo plazo de todo el frente portuario de la ciudad en diferentes áreas (A.1 a A.6), ver Fig. 1.

2. Objeto del provecto

Para una primera fase de actuación, se propone la intervención en las zonas A.5 y A.6 correspondientes a la zona del Muelle de Levante, la estructura del Cable Francés y el Frente Marítimo de Almadrabillas; para lo cual se adjudica la redacción de un Proyecto Constructivo a la UTE PROES/ESTUDIO 7, con dos objetivos principales:

- 1) Mejorar las infraestructuras para el tráfico de cruceros
- 2) Dotar al frente marítimo de las infraestructuras necesarias para acoger las actuaciones Puerto-Ciudad.

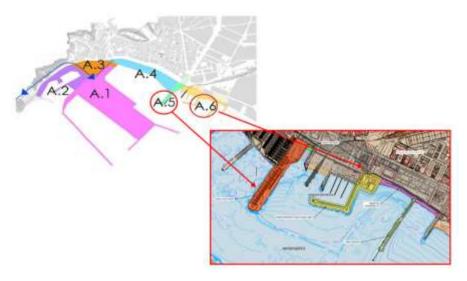


Fig. 1. Áreas de actuación.

3. Áreas de actuación

Las principales actividades a realizar se enumeran a continuación:

- Muelle de Levante: Además de acoger las instalaciones administrativas de la Autoridad Portuaria y la torre de control del Puerto, entre otros, su principal actividad se centra en el tráfico de cruceros. Se pretende realizar la ampliación (nueva línea de atraque en el lado Este), así como la adecuación del paramento interior de este muelle (nuevo paramento con avance de 4 m en la línea de atarque) para dar un correcto servicio al tráfico de cruceros, dado el avanzado estado de deterioro que presenta. Es un muelle vertical convencional y es el más antiguo de la dársena comercial del Puerto de Almería.
- Cable Francés: Esta estructura es un antiguo muelle de carga de minerales (construido en 1920) en la playa de San Miguel. A modo de pantalán, está conformado por una estructura de hormigón de 315 m de longitud cimentada sobre pilotes y una anchura variable entre los 9 m y 12 m. Debido a su situación de deterioro, el Puerto de Almería quiere recuperar este espacio para convertirlo en un atractivo más del frente marítimo de la ciudad convirtiéndolo en un espacio de ocio en dos alturas.
- Frente Marítimo de Almadrabillas: Con el fin de evaluar el rebase de la zona, condicionado por la oblicuidad del oleaje, la variación del nivel del mar por onda larga, y la difracción del dique principal entre otros, se ha realizado la modelización numérica 3D en OpenFoam de todo el Frente. Se realizará una reordenación de toda la zona dando continuidad al paseo marítimo, para lo cual se ampliará el paseo actual en 7 m de anchura dotándolo de material urbano y de las protecciones de escollera pertinentes.





Mejora de la operatividad del Puerto de Cases d'Alcanar. Estudio integrado de alternativas de diseño con escenarios de cambio climático v temporal Gloria

José Sande^a, Enric Martínez^b, Oriol García^c, Màrius Tomé^d, Alba Jiménez^c, Andrés Figuero^a, Enrique Peña^a, Humberto Carro^a, Raquel Costas^a, Aida Cachaza^a y Lía Santiso^a

^aUniversidade da Coruña, ^Djose.sande@udc.es, ^D andres.figuero@udc.es, ^D enrique.penag@udc.es, raquel.costas@udc.es, humberto.fidalgo@udc.es, aida.cachaza.gestal@udc.es, lia.santiso@udc.es, bPorts de la Generalitat, enric.martinezs@gencat.cat; cEnginyeria Reventós, ogarcia@ereventos.com, ajimenez@ereventos.com y dEcosost, marius.tome@gmail.com.

1. Introducción

El Puerto de Les Cases d'Alcanar es el único puerto de la cornisa Mediterránea Catalana cuya bocana se encuentra orientada hacia el NE debido a la protección natural que generaban el Delta del Ebro y el Trabucador. Con el paso del tiempo esa protección se ha deteriorado apareciendo problemas de agitación interior frente a oleajes del SE y E. Actualmente dicha agitación está condicionada por el oleaje en la bocana, la batimetría y la geometría del antepuerto, y el rebase. Para mejorar la protección, Ports de la Generalitat encargó un estudio con dos enfoques complementarios. El primero centrado en el análisis en modelo numérico del oleaje incidente y la agitación interior para definir las alternativas, y, el segundo en la validación y optimización de las soluciones planteadas mediante de ensayos en modelo físico 3D, estudiando con mayor detalle todas las variables en los puntos de mayor interés.

2. Metodología de los ensayos

La modelización física se realizó en la Dársena de Oleaje del Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC) de la Universidade da Coruña, a una escala de 1/40. Se reprodujo de forma precisa la batimetría interior y exterior, así como los muelles interiores con sus diferentes tipologías. De esta forma se pudieron optimizar las soluciones planteadas en el binomio coste de la actuación versus mejora de la operatividad. Los ensayos planteaban cuatro escenarios (Tr=1 año, Tr=50 años, Tr=200 años y el temporal Gloria) dentro de los cuales se realizaron ensayos de 2 estados de mar con valores representativos. El temporal Gloria fue analizado de forma detallada por los importantes daños que produjo en instalaciones cercanas, y los ensayos de Tr=200años han permitido estudiar escenarios de cambio climático. Además, se realizaron ensayos específicos para estudiar la influencia del rebase y de la transmisión en la agitación.

Se analizaron soluciones evolutivas a partir de la situación actual (SA) del puerto y 2 alternativas (figura 1). La primera de ellas (A1) consiste en la construcción de un martillo de 21m para reducir la agitación en el antepuerto, y la subida de 2m en la cota de coronación del espaldón del contradique, para evitar el rebase en esta zona. La segunda alternativa (A2) propone aumentar 100m la longitud del dique principal e incrementar la cota de coronación del mismo para reducir el rebase, planteando adicionalmente un martillo interior de 45m.





Fig. 1 Alternativa 2 construida en el CITEEC Izq.: Modelo en seco. Dcha: Durante el ensayo

3. Resultados y conclusiones

Los ensayos realizados han servido para determinar que la agitación se produce por dos fenómenos. El primero es el rebase, responsable del 50% en la agitación interior. El segundo es la batimetría y la geometría del antepuerto, provocando que el oleaje difractado se direccione hacia el interior. La primera alternativa planteada redujo poco la agitación ya que, la combinación de aumento de la cota de coronación del espaldón y el nuevo martillo, generan una componente adicional de energía hacia el interior del puerto, que antes se disipaba parcialmente por el rebase. Sin embargo, la segunda alternativa sí reduce significativamente la agitación en todos los puntos de interés (figura 2), por la subida de la cota de coronación del espaldón y la nueva ubicación de los polos de difracción, cumpliendo los criterios operativos del puerto y definidos por diferentes normativas, en particular la ROM 2.0-11.

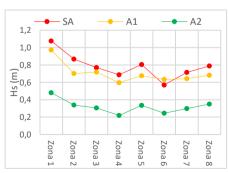




Fig. 2 Agitación interior en un ensayo del temporal Gloria.





Dos casos de adaptación de diques al cambio climático en Catalunya. Puerto de l'Ametlla de Mar y Puerto Olímpico

Oriol Garcia Arribasa, Alba Jiméneza, Carlos Alonsoa. Enric Martínez Sastreb, Eva Peiron^c, Anna Gelonch^d, Montserrat Jorba^e

^aEnginyeria Reventós, ogarcia@ereventos.com, ajimenez@ereventos.com; calonso@ereventos.com; ^b Ports de la Generalitat, enric, martinezs@gencat.cat; c Ajuntament de Barcelona, epeiron@bcn.cat; d BIMSA Asistencia Técnica, agelonch@ext.bcn.cat; e BSM, mjorba@bsmsa.cat.

1. Introducción

El fuerte temporal sufrido en la costa del levante español entre los días 20 y 24 de enero de 2020 (temporal Gloria), puso de manifiesto la vulnerabilidad de ciertas estructuras de abrigo a unos eventos climáticos cada vez más recurrentes en nuestras costas.

Los análisis científicos al respecto llegan al consenso que el cambio climático traerá como consecuencia un aumento del nivel medio del mar, y una mayor frecuencia de los casos climáticos extremos con una reducción notable del período de retorno de los temporales.

Ante este panorama, a la vista de lo sufrido durante el temporal Gloria, por parte de Ports de la Generalitat y del Ayuntamiento se decidió ejecutar obras de mejora de ciertos diques. A Enginyeria Reventós S.L. se le contrató el diseño y la dirección de obra de la mejora del dique de l'Ametlla de Mar y la dirección de obra de la mejora del dique del Puerto Olímpico basada en un proyecto previo también realizado por Enginyeria Reventós S.L.

2. Dique de l'Ametlla de Mar. Problemática y solución

El puerto de l'Ametlla de Mar es famoso, entre otras cosas, por dar abrigo a una de las mayores flotas de la industria atunera de esta zona del mediterráneo. Estas embarcaciones se sitúan en la zona más a poniente del dique de abrigo, y es donde los efectos del temporal Gloria, en forma de fuertes rebases, se pusieron de manifiesto de una forma más cruda.

A la vista de lo acaecido, se diseñó una protección consistente en la elevación de la cota de coronación del espaldón del dique en 1,50 metros y la generación de un botaolas en su parte superior, y la recarga de una capa de escollera de su manto principal.

El proyecto se realizó mediante modelos numéricos con IH2VOF, analizando situaciones de cambio climático y la respuesta del dique a estas. A su vez, el modelo también proporcionó las presiones sobre el nuevo espaldón que tuvo que crecer en anchura unos 2,50 metros para resistir las nuevas solicitaciones.

En vista de esto, en la parte superior del nuevo espaldón se diseñó un paseo marítimo que acercaba el puerto al municipio, creando una sinergia entre la mejora del abrigo del puerto y su encaje territorial.

Durante el temporal Filomena de 2021 se pudo testar el dique, y se observó una reducción importante de los caudales de rebase.





Fig. 1 Imágenes de la obra. A la izquierda rebases durante el temporal Gloria. A la derecha el nuevo espaldón finalizado.

3. Puerto Olímpico. Mejora sin modificación sustancial del dique

El puerto Olímpico se sitúa en pleno paseo marítimo de la ciudad de Barcelona, lo que conlleva que es usado por miles de persones a diario. La cota de coronación del dique y su estética conforman parte del skyline de Barcelona y por ello la solución a diseñar debía ser sensible a estos parámetros.

La solución diseñada contempla la mejora de los diques sumergidos situados frente al dique principal, mediante la incorporación de bloques de 25 tn en la parte superior, y la creación de un botaolas en el dique vertical principal de dimensiones generosas, que permite reducir el rebase sin modificar la cota de coronación y mejorar un espacio de paseo de la ciudad de Barcelona muy cotizado por sus vecinos y visitantes.

La obra está finalizando su ejecución en estos momentos, con final previsto en febrero de 2022, aunque toda la obra de abrigo ya ha sido finalizada. La construcción se encargó a la empresa FCC.



Fig. 2 Vista de las obras. Botaolas construido y pontona trabajando.





Empleo de la tecnología CUBIPOD® en la Ampliación del Puerto Pesquero de Elmina, Ghana

Corredor Molguero, Antonioa; González Esteban, Juan Manuelb; Lebbe, Joachimc; Kemp, Jond

^aSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO). Po de la Castellana 259D, Madrid acorred@ohlagroup.com; bSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO). Po de la Castellana 259D, Madrid juanmanuel.gonzalez@ohla-group.com; BELLSEA (DEME Group). Elmina fishing port project site, Ghana Lebbe.Joachim@deme-group.com; dIMDC. Van Immerseelstraat 66, Amberes, Bélgica jon.kemp@imdc.be

1. Introducción

El proyecto de ampliación del puerto pesquero de Elmina, diseñado por IMDC y construido por BELLSEA (DEME Group), consiste en la ejecución de un dique de 310 metros y un contradique de 150 metros que darán protección a un área de relleno de en la que se ubicarán la lonja, el mercado de pescado y el resto de edificios de uso portuario. El proyecto incluye también el dragado de la nueva dársena creada.

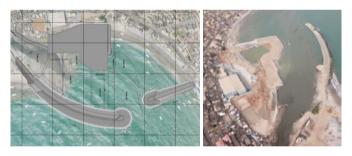


Fig. 1 Diseño del proyecto y desarrollo de los trabajos. Fuente: IMDC (2021)

En la fase de diseño, se detectó que el morro del dique principal requería de unas piezas de protección de alta estabilidad, dadas las especiales características del clima marítimo de la zona y de la propia geometría de la infraestructura. 900 CUBIPOD® se emplearán con tal fin. La ponencia repasará la experiencia de SATO durante el diseño y la ejecución del proyecto, y su estrecha colaboración con las empresas encargadas del proyecto.

2. Fase de diseño

SATO asesoró durante el diseño de la obra a la empresa IMDC en el uso de CUBIPOD®. Durante esta fase, se realizaron ensayos en modelo físico en el tanque 3D de HR Wallingford, en Reino Unido, con excelentes resultados.



Fig. 2 Ensayos realizados en HR Wallingford. Fuente: IMDC (2021)

3. Fase de construcción

Durante la construcción de la obra en Elmina, Ghana, técnicos de SATO se desplazaron al lugar de construcción para asesorar durante los trabajos de fabricación e instalación de las piezas, tanto a BELLSEA, empresa responsable de la ejecución, como a IMDC que actuaba como Dirección de Obra, así como a inspeccionar la calidad de los trabajos realizados.



Fig. 3 Visita durante la construcción a Ghana. Fuente: SATO (2022)

Uno de los aspectos más destacados por parte del equipo de obra fue la facilidad de ejecución de las piezas gracias al sistema de encofrados y elementos auxiliares diseñados específicamente por SATO para CUBIPOD®. La calidad final obtenida en las piezas confirma la ausencia de problemas durante la fabricación.

4. Conclusiones

El proyecto supone un hito para SATO en la exportación de la tecnología CUBIPOD® fuera de nuestras fronteras al ser el primer proyecto ejecutado en la zona del África subsahariana. La buena acogida manifestada por parte de las empresas locales hacia la sencillez de ejecución, manipulación y comodidad de almacenamiento, confirma las expectativas depositadas en el uso de esta tecnología española en muchos otros lugares del mundo.





Propuesta para la ordenación del frente litoral de costa entre Alicante v la Albufereta (Alicante)

José Manuel de la Peña Olivasa, y José Francisco Sánchez Gonzálezb

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, , Jose, M. Pena@cedex.es; bCentro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, , Jose, F. Sanchez@cedex.).

1. Introducción

La ordenación general del litoral de la ensenada de la Albufereta se justifica por diversos motivos: Forma un sistema litoral, limitado al norte por el cabo Huertas y al sur por el puerto de Alicante; la ordenación histórica ha sido individual de cada playa o sectores no teniendo en consideración la unidad fisiográfica donde se encuentra; las soluciones parciales pueden afectar al comportamiento del resto del litoral del sistema.

Con esas premisas se han ido realizando en los últimos años trabajos centrados en dos zonas, sur en el Postiguet, y norte en la zona de Puerto Amor y playa de la Almadraba (Fig. 1). Estos trabajos se ha reflejado en los siguientes informes de 2018 y 2020 realizados por el CEDEX para la Dirección General de la Costa y el Mar:

- "Estudio de la playa de la Almadraba: mejora e influencia de su entorno (Puerto Amor) (Alicante)" (2018).
- "Estudio para la mejora de la playa del Postiguet (Alicante)" (2018).
- "Ordenación del frente litoral de la ensenada de la Albufereta: tramo de costa entre Alicante y la Albufereta (Alicante)", relativo al entorno de Serragrossa (2020).

2. Descripción y características de la costa de la ensenada de la Albufereta

Esta ponencia describirá los distintas sub-sistemas que forman el sistema litoral estudiado. Todo el frente litoral está limitado al norte por el Cabo Huertas y al sur por el puerto de Alicante, que en ambos casos son barreras totales al paso de sedimentos. En el primero ellos lo indican los acantilados del Cabo y las calas que en él hay, como la del Jueus, que se encuentran alimentadas por las torrenteras locales. Al sur, los diques del puerto de Alicante alcanzan una profundidad de 10 m que son incompatibles con un transporte de sedimentos por arrastre a través de él y en suspensión lo interceptaría en gran medida el propio puerto.

Además, la configuración de la costa de la ensenada está condicionada por la orografía rocosa de la franja costera: Al norte, las estribaciones del cabo Huertas finalizan en el Tosal, o Tossal, al oeste, que es una elevación rocosa, donde se ubicó la antigua ciudad de Lucentum. Casi pegado a ella, discurre de NE a SW Serragrossa, o Sierra de San Julián, que tiene una proyección sobre el mar de unos 2,400 m. Entre ambas desemboca el barranco del Boter, que es el responsable de la formación inicial de la Albufereta y, posteriormente de la playa del mismo nombre. Finalizado el frente de Serragrossa le da continuidad el monte de Benacantil donde se sitúa el castillo de Santa Bárbara de Alicante en cuyo pie y apoyada en el puerto de Alicante discurre la playa del Postiguet



Fig.1: Situación del sistema litoral dela ensenada de la Albufereta con sus principales sectores litorales (Foto: Google Earth)

3. Conclusiones

Tras un análisis minucioso de las alternativas de actuación y de la situación administrativa de este frente, se propone una serie de actuaciones de reordenación de todo el frente de Serragrosa, que consisten básicamente en:

- Reordenación de toda la plataforma situada entre los edificios y el mar, tanto si se trata de terrenos de DPMT como si se trata de terrenos de otra naturaleza Supresión de: aparcamientos, piscina, pistas de tenis y vía costera actual
- Supresión de los espigones del 2 al 5.
- Refuerzo de los espigones 1 y 6.
- Vertido de arena para la formación de una playa de arena de entre 55 y 30 m de anchura con la línea de orilla en los centros de las líneas de orilla actuales de las celdas afectadas, y elevación de berma hasta al menos 2,5 m.
- Construcción de un dique en talud de escollera barrera de la playa hasta, al menos, una cota de 4 m.
- Posibilidad de construir un paseo o senda litoral que conecte con Alicante y Albufereta, con la inclusión de un carril de bicicletas





Consideraciones sobre las regeneraciones de playas mediante dragados

Ana Ma Castañeda Frailea, Guillermo Bosch Coirasb

^aDemarcación de Costas en Cataluña, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amcfraile@gmail.com; bAsesor en Dragados y Obras Marítimas D guillermoboschc@gmail.com

1. Introducción

En las costas españolas se lleva muchas décadas resolviendo los problemas de erosión en las playas mediante la aportación de arena procedente de dragados de vacimientos marinos. Este tipo de obras tiene unas características muy especiales que requieren de nuestra atención.

La presente ponencia se refiere a las obras de alimentación de playas con arenas procedentes del fondo del mar, dragadas mediante dragas de succión en marcha, y recoge los aspectos relacionados con los proyectos, la ejecución de las obras y el control y seguimiento de las mismas.



Fig. 1 Aportación de arena en la playa de Gandía en 2019.

2. Fases de estudio en el Proyecto

A la hora de plantearnos el Proyecto de alimentación de una playa mediante dragado procedente de un vacimiento marino, deberemos comenzar realizando una topobatimetría de la playa y batimetría del yacimiento. Seguiremos con un anális del material, tanto del nativo de la playa como el de aportación del yacimiento.

Se completará el anális de la zona de actuación con un estudio bionómico.

Definiremos a continuación el volumen necesario a dragar para aportar a la playa.

Con toda esta información podremos plantear los equipos necesarios para la ejecución del Provecto.

3. Fases de ejecución de la obra

Antes de iniciarse las obras ha de procederse a la movilización de los equipos, compuestos por la draga de succión en marcha, embarcaciones auxiliares, tuberías flotantes y terrestres, maquinaria de movimiento de tierras en la playa e instalaciones auxiliares en la misma. Durante la ejecución de la obra, en la que los trabajos se llevarán a cabo 24 horas al día 7 días a la semana, se considerará el ciclo de trabajo, que abarca el dragado en sí, la navegación en carga, la descarga en la playa y la navegación en lastre al vacimiento. Una vez acabados los trabajos se procederá a la desmovilización de los equipos

4. Control y seguimiento de la obra

mencionados

Mediante el ordenador de la draga podemos ver los registros de la posición de la embarcación en todo momento, así como el volumen de arena en la cántara. No obstante, se debe verificar "in situ", a través de varias mediciones en la cántara y entrando con ellas en las tablas de carga que tiene homologadas la draga.

Puesto que estos Provectos habrán sido sometidos a una Declaración de Impacto Ambiental, se deberá hacer un seguimiento de su cumplimiento.

5. Aspectos importantes a considerar

Unos temas que habitualmente se plantean en este tipo de obras son el del rebase de finos en la zona de dragado, el control de la estanqueidad de la draga durante el transporte del material y también el control de la descarga en la playa, así como el "rest low" en la cántara.





¿Y qué playas mantengo? Una ayuda a la toma de decisiones en adaptación costera. Aplicación al litoral catalán

José A Jiménez^a, Alvar Garola^b, Uxia López-Doriga^c, Rut Romero^d, Herminia I Valdemoroe

- ^a Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech, 0000-0003-0900-4684, jose.jimenez@upc.edu
- ^b Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech, 0000-0002-1135-9401, alvar.garola@upc.edu
- ^cLIM/UPC, 0000-0002-9236-683X, uxia.lopez-doriga@upc.edu
- d LIM/UPC, rut.romero@upc.edu
- ^eLIM/UPC, 0000-0003-1648-6052, herminia.valdemoro@upc.edu

La erosión dominante que sufren actualmente gran parte de nuestras costas, junto con el previsto debido a la subida del nivel del mar serán responsables de una reducción generalizada de la superficie de playa a lo largo de todo el litoral. En ausencia de medidas de adaptación, esto implicará una pérdida de capacidad de carga recreativa que, para zonas turísticas basadas en el modelo "sol y playa" supondrá un impacto significativo a su economía. Esta situación junto a un escenario en el que los recursos disponibles no serán ilimitados, plantea la necesidad de decidir donde se han de invertir dichos recursos. En este trabajo se contribuye a la toma de decisiones en adaptación en playas en base a criterios económicos. Para ello se propone una metodología para evaluar el impacto económico aplicando un análisis input/output, acoplado a un modelo de evolución de la capacidad de carga rereativa RCC (figura 1). El modelo propuesto relaciona la demanda turística potencial y, en consecuencia el consumo y la producción turística con la RCC. Para validar el modelo, se ha aplicado a la costa de Cataluña, donde el turismo aporta aproximadamente el 11% de su PIB y, donde la mayoría de los visitantes están relacionados con el turismo costero. El análisis conjunto de RCC y demanda turística permite caracterizar adecuadamente la variabilidad espacial en el impacto económico, que aquí ha sido fijada a escala comarcal. A modo de ejemplo, bajo el escenario AR5 RCP8.5, las comarcas que integran las marcas turísticas de la Costa Brava y la Costa Daurada, serían las más afectadas, con una pérdida estimada del PIB para 2100 de aproximadamente 2,200 M€ y 1,820 M€ respectivamente. A partir de estas estimaciones locales se puede identificar a lo largo del territorio dónde se obtendrían los mayores retornos de medidas de adaptación enfocadas a mantener la RCC (figura 2). Esto combinado con el coste estimado de dichas medidas de adaptación puede ser utilizado para evaluar la eficiencia de posibles rutas de adaptación. En el trabajo completo se presentará en detalle la metodología desarrollada y se aplicará para evaluar una estrategia de adaptación para las playas del litoral catalán.

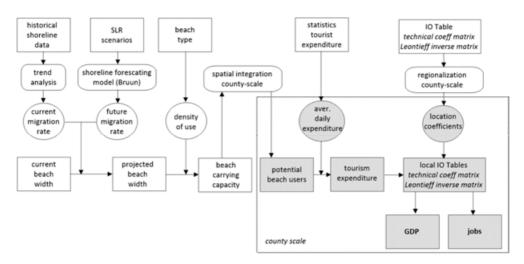


Fig. 1 Marco metodológico para evaluar el impacto económico de la pérdida de la capacidad de carga recreativa de las playas. Las areas sombreadas indican que los valores son integrados y/o reducidos a la escala de análisis (comarcal) (Fuente: Garola et al. 2022).

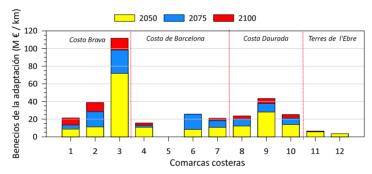


Fig. 2 Beneficio potencial estimado de una estrategia de adaptación costera basada en el mantenimiento de la capacidad de carga bajo el escenario RCP8.5. (Fuente: Garola et al. 2022).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en el marco de los proyectos M-CostAdapt (CTM2017-83655-MINECO/AEI/FEDER,UE) y C3RiskMed (PID2020-113638RB-C21/AEI/ 10.13039/501100011033).

Referencias

GAROLA, A, LOPEZ-DORIGA, U, y JIMENEZ, JA. (2022) "The economic impact of sea level riseinduced decrease in the carrying capacity of Catalan beaches (NW Mediterranean, Spain)". Ocean & Coastal Management, 218, 106034.





La encrucijada de la costa mediterránea española

Vicent Esteban Chapapría^a, José Serra Peris^b v Jorge Molines Llodrá^c

^aLaboratorio de Puertos y Costas. Universitat Politècnica de València (vesteban@upy.es): ^bLaboratorio de Puertos y Costas, Universitat Politècnica de València (jserra@upv.es); y cLaboratorio de Puertos y Costas, Universitat Politècnica de València (jormollo@upv.es).

1. Introducción

Las costas mediterráneas españolas han sufrido en las últimas décadas alteraciones importantes. Los efectos de la ocupación e incrementos de usos, la urbanización, la degradación y destrucción de espacios costeros, la construcción de infraestructuras portuarias y otras para el transporte terrestre y la regulación hidráulica, entre otros aspectos, han producido la alteración de la dinámica litoral con la consiguiente modificación de las morfologías costera (playas, deltas, dunas, desembocaduras...), erosiones, acumulaciones por sedimentación, cambios de perfiles, etc. A todo ello hay que sumar hoy día el cambio climático y los graves efectos que particularmente va a tener sobre el medio costero-litoral en todo el mundo, especialmente en zonas costeras bajas. El ascenso del nivel del mar y los cambios en los patrones climáticos intensificarán la frecuencia de eventos extremos ocurridos en nuestro planeta...

2. La situación actual: problemas pendientes de solución

Las costas mediterráneas españolas, y muy particularmente gran parte del óvalo valenciano, ha sufrido de manera intensiva los efectos antrópicos: basta con observar tramos como los de los entornos portuarios (Castellón, Borriana, Sagunt, Valencia...), otros sobre los que se ha precisado actuar para protegerlos con escollerados longitudinales (al sur del Puerto de Borriana, en la playa de Casablanca en Almenara, entre el puerto de la Pobla de Farnals y el de Port Saplaya en Alboraia a lo largo de la autovía V-21), con otras soluciones de rigidización de la costa con espigones transversales (Almassora, en la playa de Borriana al norte del puerto, en el Grau de Nules, en el Grau de Moncofa, entre otros), diques exentos (Almassora, Xilxes) y aportaciones de materiales (arenas, gravas o bolos).

Todo ello ha ido componiendo respuestas sucesivas a lo largo de tiempos dilatados a problemas de carácter local, sin acometerse -a pesar de la importancia ambiental, natural, social y económica reconocida de ese espacio costero-litoral-, de una parte, las inversiones suficientes y, de otra, planes proyectos e intervenciones con escala adecuada, integrados, participados y ambientalmente respetuosos. El resultado es hoy una costa degradada,

fragmentada y precisada de una actuación coordinada, firme, valiente y con la sostenibilidad como principio de gestión e intervención.

3. La encrucijada actual

Existen, no obstante, estudios exhaustivos y diagnósticos de soluciones que no se siguen (IH Cantabria, 2011; CEDEX, 2015). En los distintos planes, estudios y proyectos que se han realizado en distintas áreas del tramo de costa entre el puerto de Borriana y el puerto de Sagunt se proponen actuaciones que no consideran, ni han considerado, las arenas retenidas al norte de ese puerto, dejando a un lado buena parte del origen del problema suscitado y razón de ser -siguiera parcial, aunque relevante-, de los problemas erosivos que se pretenden solucionar, sin actuar por tanto directamente sobre el origen el problema.

La gestión actual no resulta sostenible, como se puede constatar a lo largo de grandes tramos de nuestro litoral. Tampoco lo es gestionar un medio tan importante como el costero-litoral sin hacer la toma de datos necesaria para poderlo caracterizar adecuadamente en tiempo y forma y gestionarlo adecuadamente. La gestión del medio costero-litoral requiere ineludiblemente el seguimiento y monitorización de sus características y evolución. Hoy día se cuenta con medios tecnológicos cada vez más potentes y accesibles para ello. En la costa, a la vez, se ha precisado atender y se atienden de manera continuada las necesidades que reiteradamente se producen con urgencia por causa de temporales extraordinarios (cada vez de manera más frecuente por los efectos del cambio climático) actuando con acciones locales, sin un sistema robusto de monitorización del comportamiento de la costa y de dichas actuaciones. El debate sobre la sostenibilidad en las costas debe considerar la efectividad y adecuación de las inversiones que son necesarias, integrándolas en planes de conservación y gestión participada e integrada.

Referencias

ESTEBAN, V.; SERRA, J. (2021). Informe técnico sobre los efectos en las costas del t.m. de Sagunt de la ejecución de las obras definidas en el proyecto constructivo de estabilización del frente litoral en los términos municipales de La Llosa y Almenara (Castellón). UPV

CEDEX. (2015). Estudios de dinámica litoral, defensa y propuestas de mejora en las playas con problemas erosivos, considerando los efectos del cambio climático: estrategia de actuación del tramo de costa comprendido entre el puerto de Castellón y el puerto de Sagunto (Castellón sur)". https://www.miteco.gob.es/es/costas/participacion-publica/PRO Castellon Lallosaalmenara.aspx > [Consulta: 26 de enero de 2021].

INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL CANTABRIA (2011), Asistencia técnica para el estudio integral de alternativas de actuación en el tramo de costa entre el puerto de Burriana y el puerto de Sagunto. https://www.miteco.gob.es/es/costas/participacion- publica/PRO Castellon Lallosa-almenara.aspx > [Consulta: 26 de enero de 2021].





Fundamentos técnicos de las estrategias para la protección de la costa de la Dirección de la Costa v el Mar

Jara Martínez Sáncheza, Raúl Medinaa, Íñigo Aniel-Ouiroga Zorrillaa, Ignacio Aguirre Ayerbe^a, Juan Jesús Viadero Andrés^a, Cristina Casal Escaloni^a, Albert Gallego Jiméneza, Ángel Muñoz Cubillob, Ana García-Flecherb

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, jara.martinez@unican.es (ORCID 0000-0003-4917-4215), raul.medina@unican.es (ORCID 0000-0003-4917-4215) 0000-0002-0126-2710), inigo.anielquiroga@unican.es (0000-0001-8528-0010), ORCID ignacio, aguirre@unican.es (DORCID 0000-0002-0985-258X), juanjesus, viadero@unican.es (DORCID 0000-0002-0985-258X) ORCID 0000-0002-0302-4943), cristina.casal@unican.es (fb ORCID 0000-0002-9223-4992), albert, gallego@unican.es (DORCID 0000-0001-9038-7250), bDG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amunoz@miteco.es y agfletcher@miteco.es.

1. Introducción

Las estrategias de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) para la protección de la costa en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería considerando los efectos del cambio climático aspiran a ser una herramienta fundamental para garantizar el buen estado de la franja costera, a través de un enfoque conjunto que contempla la importancia de la costa desde el punto de vista ambiental, humano y también socioeconómico, con base en el mejor conocimiento científico-técnico y consenso social. Para lo cual, se ha realizado una exhaustiva recopilación de información y se han desarrollado rigurosas metodologías a fin de abordar las sucesivas fases de preparación de las estrategias. En la presente comunicación se presentarán los fundamentos técnicos y resultados de los diversos estudios realizados en el marco de las estrategias. En concreto se detallaran los métodos del análisis del riesgo de erosión e inundación costera en cuyos reslutados se basa la selección y priorización de medidas y finalmente se explicará la lógica de la elaboración del plan de implementación y monitorización de las estrategias.

2. Datos de partida

Las estrategias se fundamentan en un estudio (i.e. el análisis del riesgo de erosión e inundación costera, véase sección 3), para cuya elaboración se ha llevado a cabo una recopilación de datos sin precedentes en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería incluyendo información del medio natural, físico-antrópico y socioeconómico, así como del modelo morfodinámico de funcionamiento. Dicha información se ha compilado en una base de datos dentro de una aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que almacena datos espaciales y no espaciales, y también en un repositorio cartográfico con cientos de mapas.

3. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos se lleva a cabo a nivel de Unidades de Gestión en las que se segmenta la costa (176 en las Islas Baleares, 61 en Cádiz, 83 en Málaga y 57 en Almería) y para diversos años horizonte y escenarios de cambo climático y de gestión. Según la metodología propuesta, el riesgo se obtiene a través de la interacción dinámica de la peligrosidad (erosión e inundación costera, considerando los efectos del cambio climático) y la vulnerabilidad (propensión o predisposición de los elementos expuestos a ser afectados negativamente). El análisis de riesgos arroja resultados desagregados para cada elementos de valor del sistema costero y agregados para el medio humano, natural, socioeconómico y las infraestructuras críticas que se utilizan en los criterios de selección y priorización de medidas.

4. Selección y priorización de medidas, monitorización e implementación

La selección y priorización de medidas se lleva a cabo en función de la superación de umbrales de diversos resultados del análisis del riesgo y de criterios locales basados en otros resultados previos, con base en un catálogo que incluye todo el abanico de posibles medidas a implementar por la DGCM, comprendiendo principalmente medidas para la prevención del riesgo de erosión e inundación costera (medidas tomadas de antemano para evitar los riesgos), tanto institucionales y sociales como físicas y estructurales, además de medidas de recuperación y revisión (para restaurar o mejorar el sistema costero tras verse afectado por la erosión). Finalmente, se contempla un plan abierto y adaptativo para la implementación de las medidas propuestas, con base en una planificación anual cuyo objetivo es establecer las actuaciones del año en curso a lo largo del ciclo de gestión (hasta el año 2045) en función de los recursos disponibles y de los resultados de la propia monitorización de la implementación, la cual se lleva a cabo según un plan de monitorización que se detalla extensamente en las propias estrategias.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Unión Europea. Los autores agradecen al personal de la DG de la Costa y el Mar en las Demarcaciones de Costas de Islas Baleares, Cádiz y Málaga y en el Servicio Provincial de Costas de Almería su colaboración a lo largo del proyecto. También agradecen al Coastal & Marine Union - EUCC, la Universidad de Cádiz, el Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB) y MedCities todas sus contribuciones.





Estrategias para la protección de la costa considerando los efectos del cambio climático

Ángel Muñoz Cubillo^a, Ana García-Flecher^a, Jara Martínez Sánchez^b, Raúl Medina^b, Maria Ferreira^c

^aDG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amunoz@miteco.es y agfletcher@miteco.es bIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, jara.martinez@unican.es (10 ORCID 0000-0003-4917-4215) y raul.medina@unican.es (ORCID 0000-0002-0126-2710). Coastal & Marine Union – EUCC, m.ferreira@eucc.net

1. Introducción

Entre noviembre de 2019 y febrero de 2022, se han elaborado las estrategias de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) para la protección de la costa en las Islas Baleares. Cádiz, Málaga y Almería considerando los efectos del cambio climático. En la presente comunicación se presentarán la visión de la DGCM, la misión y objetivos de dichas estrategias, las fases y componentes del proyecto para su elaboración y los resultados finales.

2. Visión, misión v objetivos

La DGCM aspira a aumentar la naturalidad de la costa y así favorecer la resiliencia natural del medio físico costero como medio fundamental para la prevención del riesgo de erosión costera y para la adaptación al cambio climático, de modo que se potencia la función protectora de los ecosistemas costeros sobre los bienes y usos permitidos al mismo tiempo que aumenta la biodiversidad y riqueza del medio natural. Por otro lado, la misión de las estrategias es guiar la toma de decisiones para ordenar las actuaciones a llevar a cabo por la DGCM en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería en el marco de sus competencias para la gestión del riesgo de la erosión costera, maximizando las sinergias con la gestión del riesgo de la inundación e incorporando la adaptación al cambio climático. Finalmente, para materializar su visión a través de las estrategias, la DGCM establece los siguientes objetivos estratégicos: 1) liberación del DPMT; 2) restablecimiento del balance sedimentario y reducción de pérdidas de sedimento; 3) recuperación y rehabilitación ambiental de las playas y sus dunas; 4) recuperación de marismas; 5) defensa de acantilados; 6) mantenimiento de las líneas de defensa de la costa; 7) retirada controlada de las líneas de defensa de la costa; 8) fortalecimiento de la capacidad de entender y planificar y mejora de la concienciación del público y 9) recuperación y revisión tras eventos.

3. Fases y componentes

La preparación de las estrategias se organizó en las siguientes 3 fases sucesivas (véase Figura 1) cada una de ellas con uno de los siguientes objetivos:

- 1°) Mejorar la comprensión de los problemas derivados de la erosión costera, la inundación costera y los efectos del cambio climático sobre estas, así como entender la percepción de los problemas costeros por parte de los actores relevantes y analizar el marco de la gobernanza.
- 2°) Identificar las actuaciones a llevar a cabo por la DGCM y
- 3°) Ordenar y guiar la toma de decisiones en relación a la implementación de dichas actuaciones.



Fig. 1 Fases y componentes de la preparación de las estrategias para la protección de la consta considerando los efectos del cambio climático.

Por último, a través de una componente transversal de comunicación y participación pública, las estrategias se beneficiaron de dos procesos de consulta en fase de diagnóstico y en fase de selección y priorización de medidas.

4. Resultados

Las estrategias comprenden diversos informes técnicos que dan soporte a una memoria final en la que se indican las medidas recomendadas y necesarias, tanto de ámbito local como a nivel regional, en un documento y mediante una aplicación informática.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Unión Europea. Los autores agradecen al personal de la DG de la Costa y el Mar en las Demarcaciones de Costas de Islas Baleares, Cádiz y Málaga y en el Servicio Provincial de Costas de Almería su colaboración a lo largo del proyecto. También agradecen a la Universidad de Cádiz, el Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB) y MedCities todas sus contribuciones.





Optimización en el diseño de cajones flotantes con hormigón de altas prestaciones (UHPC)

Gloria Argente Garrido^a, Joaquín M. Garrido Checa^a, Miguel Figueres Moreno^a, Ángela Pérez Bardal^a y Cristina Suesta Falcó^b

gargente@ingeomar.es, igarrido@ingeomar.es, mfigueres@ingeomar.es, aperez@ingeomar.es. bRover Maritime: csuesta@rovergrupo.com

1. Introducción

Los cajones de hormigón armado son infraestructuras marítimas ampliamente empleadas para la construcción de diques y muelles verticales de grandes dimensiones. Con el objetivo de optimizar el consumo de materiales y buscar nuevas aplicaciones adaptadas a las necesidades actuales de los puertos, Ingeomar y Rover Maritime desarrolla un proyecto de I+D+I para el desarrollo de un cajón con hormigón de ultra alta resistencia (UHPC) capaz de cumplir con los requerimientos como cimentación de aerogeneradores, suponiendo un gran avance para la implantación de parques eólicos en el interior de recintos portuarios.

2. Modelización numérica del cajón

Se define como estructura tipo un cajón de celdas rectangulares de 3.63x3.63m, paredes interiores de 0.25m, paredes exteriores de 0.5m y solera de 0.7m. A partir de la definición del cajón tipo, se modeliza la estructura y se calculan los esfuerzos a los que se encuentran sometidos los diferentes elementos del cajón tanto en fase de flotación, de fondeo y fase de servicio, mediante el software de elementos finitos SAP2000. La definición de acciones, hipótesis y combinaciones se realiza de acuerdo con la metodología definida en el "Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hromigón armado" y la normativa ROM. Como conclusión, se determina que las paredes exteriores se encuentran sometidas a elevados momentos flectores y, por tanto, se propone una optimización de su diseño mediante el empleo de hormigón UHPC y una innovadora geometría de la pared.

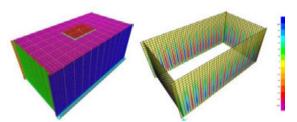


Fig. 1. Modelización 3D del cajón (izq.) y resultado de momentos en paredes exteriores (der.).

3. Fabricación de prototipo de pared y caracterización

En base a los resultados del modelo, se desarrolla un prototipo de laboratorio fabricado con UHPC representativo de un tramo de pared basado en un sistema reticular de nervios horizontales y verticales sobre una lámina de 5cm de espesor sin armadura. Este fue sometido a un ensayo en 2 fases, ensayo de punzonamiento y flexión. obteniendo resultados de resistencia, fisuración y deformaciones para elementos del prototipo.



Fig. 2 Esquema del prototipo UHPC y ejecución del ensayo de punzonamiento.

4. Conclusiones

Los resultados de los ensavos realizados confirman la viabilidad del modelo de pared propuesto estructual y constructivamente. De este modo es posible la sustitución de las paredes exteriores del cajón de hormigón armado convencionales por una lámina de espesor 5 cm sin armar reforzada con un sistema de nervios horizontales y verticales de UHPC.

Agradecimientos

El proyecto de I+D+i ha sido objeto de concesión de ayuda por parte del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), en el marco del Plan I+D+i Empresarial.Los autores agradecen la colaboración del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH) de la Universidad Politécnica de Valencia, tanto en el diseño del prototipo como en la realización de los ensayos.

Referencias

MINISTERIO DE FOMENTO (2008). EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural

PUERTOS DEL ESTADO (2006) Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado para obras portuarias

PUERTOS DEL ESTADO (2012) R.O.M. 2.0-11: Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre. Criterios generales y factores de proyecto.





Desarrollo de software para medir desplazamientos de elementos flotantes en modelo físico

César Sastre Gila, José Luis Orts Egíob, Aljeandro Perales Juidíasb, Jaime H. García Palacios v Vicente Negro Valdecantosb

^aUniversidad Complutense de Madrid. , cesar,sastre@ucm.es; bECOREL – UPM. Laboratorio de Puertos ETS ICCP Madrid. joseluis.orts@upm.es; a.perales@upm.es; jaime.garcia.palacios@upm.es & vicente.negro@upm.es. Profesor Aranguren, 3. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

1. Introducción

Es un hecho que el planeta está en "emergencia climática" y que tanto la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible muestran la preocupación por la situación, preferentemente en los conceptos de la "acción por el clima" ODS 13 y los efectos que pueden tener sobre las ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) más cuando éstas se encuentran en el litoral y sobre la vida en los ecosistemas, tanto marinos (ODS 13), como terrestres (ODS 14). Esta situación ha sido tratada ampliamente en la Conferencia de París (COP 21, 2015), en los acuerdos sobre Océano y Criosfera de Mónaco (2019) y es un efecto muy claro en el mundo. La falta de acuerdos notables en la COP 26 de Glasgow lo siguen ratificando, haciendo que la preocupación sea aún mayor en la comunidad científica.

Los eventos extremos son cada vez más frecuentes, las inundaciones, sequías, temporales, maremotos y terremotos, nevadas empiezan a convivir de forma cotidiana con el ser humano. La tormenta Gloria de enero de 2020 y Filomena en enero pasado son también ejemplos de estas situaciones. En el mundo la apuesta por el océano es evidente con plataformas cada vez más profundas y turbinas de gran capacidad. La reciente apertura de Hornsea Two Wind Farm (2028 – 2021) en la costa de York (UK) a 89 km del litoral con 165 aerogeneradores de 8 Mw es un ejemplo. Por todo ello, y según nuestro criterio, los elementos flotantes están siendo la tecnología s desarrollar. A fecha de hoy, principios de 2022, se pueden encontrar en diferentes grados de tecnología más de 20 dispositivos, desde las clásicas "spar" con sus diferentes soluciones; las plataformas semi sumergibles; las de tipo barge, las TLP, las hibridas, entre otras.

Estas plataformas presentan gran sensibilidad a los desplazamientos y giros en estado límite de servicio y en estado límite último que pueden validar su comportamiento, desarrollo y uso. En el Laboratorio de Puertos de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid se han analizado durante tres años diferentes tipos de plataformas flotantes desarrollando un software propio que analiza los movimientos del flotador (figura 1).

2. Desarrollo de la investigación

El laboratorio dispone de un tanque de ensayos tridimensionales, que tiene una profundidad de 1.36 m, una anchura de 11 m y una longitud de 33 m. El fondo del mismo está terminado con pavimento de terrazo "in situ" y las paredes verticales en loseta continua, dotadas de un sistema de anti-reflexión mediante espumas de poliuretano de 10 ppi. Se genera oleaje multidireccional con control de absorción, con movimiento individual de palas, pudiendo llenar hasta 1.00 m. El aparato generador de oleaje está constituido por 16 paletas de 0.70 m de frente y 1.30 m de altura, con las prestaciones siguientes: H = 0.25 m en una lámina de agua de 0.60 m aproximadamente. Se planteó un ensayo de una plataforma:



Fig. 1. Plataforma TRIWIND. Ejemplo de ensayo

Para el seguimiento se escogió Optitrack, un sistema de adquisición de análisis dinámico que medía reflexión de espectro infrarrojo. Este equipo, cumplía perfectamente con todas las necesidades impuestas ya que dado su alto grado de desarrollo, se obtuvieron medidas con errores totales menores a 1 mm en modelo o lo que es lo mismo, un 0.0008% de error sobre la eslora total del modelo y con tasas de 120 hz. Para el procesamiento (que además se producía en tiempo real) se utilizó software propio de optitrack (Motive) que aunque muy utilizado en la industria del CGI en cine, en su rama de robótica es igualmente potente. El funcionamiento del sistema radica en la colocación de "markers" en diferentes posiciones del modelo. Estos son capturados por hasta 8 cámaras de espectro infrarrojo previamente calibradas con las cuales se puede triangular la posición de cada uno de estos markers, que a su vez, componen un sólido rígido. Este proceso de posicionamiento ocurre 120 veces por segundo lo que permite situar este en el dominio del tiempo (figura 2).



Fig. 2. Uso de Optitrack y ejemplo de ensayo de decay y período de roll

3. Conclusión

Con la técnica utilizada se ha podido demostrar que los valores de los ángulos de desplazamiento son inferiores de 3º en ELS y de 11º en ELU.





Desarrollo de una herramienta para el diseño de rompeolas flotantes y pantalanes mediante modelización del comportamiento hidrodinámico y estructural

🕑Álvaro Rodríguez-Luisª, 🕟 Sergio Fernández-Ruanoª, 🕟 Raul Guancheª, 🕟 José Sande González-Celab,
OAndrés Figuero Pérezb, Delia Regueira Muñizb,
Enrique Peña González^b, Javier Sopelana Peralta^c, Fernando Lopez Mera^c y Miguel Ángel Vigo^c ^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. alvaro.rodriguezluis@unican.es;

^bGrupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente GEAMA, Universidade da Coruña, enrique.penag@udc.es;

1. Introducción

En la infraestructura portuaria, los rompeolas flotantes son estructuras cuya función es proporcionar abrigo a una determinada área mediante la atenuación del oleaje. Son una alternativa económica a las obras de protección fijas tradicionales en aquellos lugares donde no exista un oleaje totalmente desarrollado. Para el diseño de estas estructuras, es conveniente contar con con una herramienta apropiada que permita evaluar de forma preliminar y sin apenas costes su comportamiento en la mar. En este trabajo y en el marco del proyecto FLOATING CONCRETE, se ha implementado un modelo numérico para diques flotantes, FLODYSS 1.0, que emplea un algoritmo preciso y eficiente para la interacción fluidoestructura, basado en teoría de potencial lineal, está calibrado con resultados experimentales, y permite considerar varios diques ensamblados con conectores, así como sistemas de fondeo mediante cadenas o pilotes.

2. Modelo numérico

El modelo numérico desarrollado para este proyecto consta a su vez de varios submodelos acoplados entre sí. De esta forma se genera un problema de condición inicial con condiciones de contorno, que se resuelve en dinámico al integrar temporalmente el sistema de ecuaciones diferenciales obtenido. En primer, lugar se cuenta con el modelo para la simulación de la dinámica del sólido rígido. Se resuelve a partir de las propiedades inerciales del dique y las fuerzas y momentos netos aplicados sobre el centro de gravedad, calculadas empleando el resto de modelos. En segundo lugar, se tiene un modelo hidrodinámico, basado en la teoría de potencial lineal. Inicialmente se resuelve la ecuación de Laplace en el domino de la frecuencia mediante el método de elementos de frontera (BEM), para obtener los coeficientes hidrodinámicos de radiación y difracción, así como la rigidez hidrostática. Para la obtención de las fuerzas hidrodinámicas en el dominio del tiempo se aplica la ecuación de Cummins. empleando además términos semi-empíricos para incluir los efectos de la viscosidad (Faltinsen, 1999). Además, se cuenta con un modelo para la simulación de conectores, basado en la medición del desplazamiento y la rotación relativos entre dos sistemas de referencia vinculados a un cuerpo flotante o a un punto fijo. Esto permite obtener las fuerzas que dicha conexión aplica en ambos puntos en función de las propiedades elásticas, lineales o no-lineales. Finalmente, el modelo de líneas de fondeo se trata de un modelo dinámico que resuelve la ecuación diferencial de una barra ignorando los efectos de flexión y torsión, empleando el método de elementos finitos (Azcona, 2015).

^cAquática Ingeniería Civil S.L. Areal 42 36201 Vigo, <u>flopezmera@aquaticaingenieria.com</u>;

3. Resultados

El modelo descrito se ha calibrado y validado empleando resultados experimentales de la campaña de ensayos llevada a cabo en el Centro de I+D CITEEC de la Universidade da Coruña. Para la calibración, se han empleado ensayos de extinción, para conocer los periodos naturales de oscilación del dique, y ensayos de oleajes regulares con incidencia tanto frontal como oblicua a 45°, en un rango variable de periodos y alturas de ola, para conocer la respuesta de los diques en régimen operacional y extremal. Para la validación se han empleado ensayos de oleajes irregulares. Se han considerado configuraciones con uno y dos diques y fondeos mediante pilotes y mediante cadenas. Los resultados han sido satisfactorios, demostrando la utilidad del modelo como herramienta de diseño y optimización de diques flotantes y pantalanes. Actualmente, Aquatica Ingeniería ha aplicado esta herramienta en la metodología de diseño de un dique de abrigo en Bouzas.

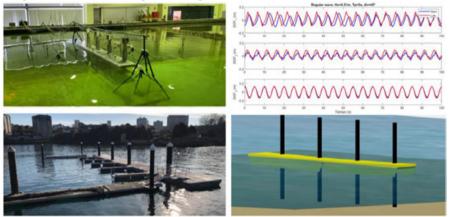


Fig. 1. Arriba-izq: ensayos de laboratorio; abajo-izq: dique de abrigo de Bouzas; arriba-der: comparativa de movimientos numérico (azul) y experimental (rojo) para un oleaje regular T=5s; abajo-der: configuración numérica con dos diques pilotados.

Agradecimientos

Xunta de Galicia - Financiación del proyecto "Nuevas metodologías y diseños para la fabricación de rompeolas y pantalanes flotantes de hormigón", PROGRAMA INTERCONNECTA GALICIA (IN852A 2018/4). Raúl Guanche agradece la beca Ramon y Cajal (RYC-2017-23260) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

Referencias

AZCONA, J. (2015). Computational and Experimental Modelling of Mooring Lines Dynamics for Offshore Floating Wind Turbines. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

FALTINSEN, O. (1999). Sea Loads on Ships and Offshore Structures. Cambridge: Cambridge Ocean Technology Series.





Aplicación de los modelos SPH al rebase en diques verticales

Ignacio Fernández de Bobadilla^a, M. Jesús Matín^a, Paloma Aberturas^a, Corrado Altomare^b, Alejandro J. C. Crespo^c, José M. Dominguez^c, Moncho Gómez-Gesteira^c

^aCentro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), Madrid, Ignacio fernandez@cedex.es; bUniversitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, corrado.altomare@upc.edu v cUniversidade de Vigo, Ourense, alexbexe@uvigo.es

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo comprobar la capacidad de los modelos SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) para reproducir casos complejos de superficie libre como son los asociados al rebase en diques verticales. A pesar de que estos modelos son especialmente interesantes para analizar procesos transitorios altamente no lineales su aplicación actual en el campo de la ingeniería marítima es todavía reducida.

Los modelos SPH se basan en la descripción lagrangiana del movimiento de fluidos considerados como medios continuos donde las propiedades de éstos se formulan en términos de "magnitudes suavizadas" evaluadas en ubicaciones discretas denominadas "partículas".

El modelo seleccionado ha sido DUALSPHYSICS (Domínguez et al., 2021), desarrollado en código abierto por varias universidades de ámbito mundial para la resolución de problemas reales de flujos multifásicos.

Metodología

Para evaluar la fiabilidad de esta aproximación numérica con este tipo de problemas se seleccionaron los resultados obtenidos en los ensayos a escala realizados en el laboratorio de experimentación marítima del Centro De Estudios y Experimentación de obras públicas (CEDEX), en proyecto financiado por Puertos del Estado (PE).

Del conjunto de secciones tipo ensayadas en modelo físico se seleccionaron como casos de estudio los correspondientes a diques verticales convencionales, realizados en un tanque de oleaje a escala 1/15.

Se seleccionó como caso inicial aquel que presentaba mayor tasa de rebase, cuyo oleaje cumplía además el rango de validez de las ondas de Stokes de 2º orden. El modelado numérico se realizó en 2D, dado el coste computacional de estos modelos y porque de esta forma se pueden despreciar posibles efectos efectos transversales (es decir, ondas cruzadas) que sí pueden darse en un canal experimental o de simulación numérica 3D.

En el proceso de calibración se analizó la sensibilidad del modelo a la distancia inicial entre partículas, la longitud de suavizado y el factor de ganancia en la función de transferencia

del pistón. Los dos primeros parámetros están relacionados con la resolución numérica y la distancia para las interacciones de las partículas, respectivamente y son propios del método SPH. El factor de ganancia se aplica para compensar la caída de la onda, que a su vez depende del peralte del oleaje (Ursell et al., 1960).

Conclusiones

La comparación efectuada entre los resultados obtenidos numérica y experimentalmente, tanto del volumen de rebase acumulado como de la tasa adimensional de rebase, conduce a errores relativos inferiores al 1%. Se obtiene un comportamiento similar con el número y distribución de eventos de rebase (Fig.1)

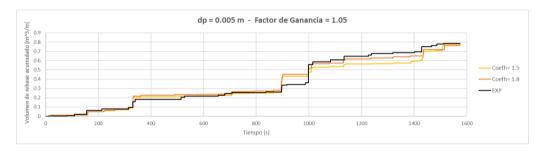


Fig. 1 Serie temporal de rebase acumulado.

Los resultados obtenidos con el modelo calibrado en la misma sección tipo pero considerando distintas series temporales asociadas al mismo espectro de energía también son aceptables dentro de las previsiones proporcionadas por el manual EurOtop (2018). Así mismo, se ha tratado de acotar el rango de validez de la calibración obtenida, simulando otros casos de oleaje disponibles en los ensayos físicos a escala reducida, con francobordos y condiciones de oleaje distintos.

Referencias

CEDEX (2018). Ensayos en modelo físico sobre una sección tipo convencional de dique vertical, Madrid. Clave CEDEX. 21-316-5-001

Computational Particle Mechanics (2021). Domínguez JM, et all M. 2021. DualSPHysics: from fluid dynamics to multiphysics problems.

EurOtop, 2018. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com

J. Fluid Mech. (1960) 7, 3-52. Ursell YS, Dean F, Yu RG. Forced small-amplitude water waves: a comparison of theory and experiment.



Simulador numérico para el diseño y optimización de las estrategias de fondeo de cajones

Beatriz Fernández-Bermejo^a, Álvaro Rodríguez-Luis^a, Lucía Meneses^a, Javier Sarmiento^a, Sergio Fernández-Ruano^a, Raul Guanche^a, E. Revestido^b, J. J. Sainz^b, F.J. Velasco^b, E. González-Sarabia^b, J.R. Llata^b, M.J. Conde^c, N.Cotallo^c y A. de Toro^{c.}

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, (raul.guanche@unican.es) bDepartamento de Tecnología Electrónica e Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Cantabria. FCC Construcción, Departamento de Obras Hidráulicas y Marítimas, Área de Infraestructuras.

1. Introducción

El fondeo de los cajones es una de las etapas cruciales del proceso constructivo de diques verticales, no estando únicamente condicionada por las acciones metoceánicas, sino que entre otros el factor humano es determinante. Los avances en la modelización numérica, con especial relevancia el de la interacción fluido-estructura, y la disponibilidad de nuevas tecnologías como los sistemas de control, permiten una mayor optimización de las maniobras de fondeo. En el marco del proyecto "Desarrollo de un Sistema Autónomo para el Fondeo de Estructuras para Obras Marítimas (SAFE)" se ha desarrollado un simulador numérico que permite reproducir y controlar la maniobra de fondeo de cajones durante todo el proceso.

2. Metodología

Este trabajo recoge el desarrollo de una compleja metodología basada en la simulación numérica que permite el diseño y optimización de las estrategias de fondeo adaptadas a las características de la obra marítima y a las condiciones metoceánicas locales. Para ello se ha desarrollado un simulador numérico, el cuál integra modelos numéricos avanzados con algoritmos de control, permitiendo el análisis de los movimientos del cajón y tensiones de las líneas durante el proceso de fondeo automatizado. De esta forma se permite el estudio y optimización de las estrategias de fondeo desde etapas tempranas del proyecto (licitación y/o planificación) sin la necesidad de llevar a cabo ensayos de laboratorio, suponiendo esto una reducción de los riesgos y costes así como un aumento de la seguridad de los procesos.

3. Simulador numérico

El modelo numérico desarrollado toma como punto de partida el resultante del proyecto DOVICAIM. En este trabajo se han implementado los siguientes avances: (1) la introducción de fuerzas de excitación del oleaje de segundo orden, (2) la definición de un modelo de interacción con el fondo marino y con otros cajones y (3) el uso de un modelo de elementos finitos de alto orden para las líneas de fondeo, acoplado con un modelo que reproduce la dinámica de los cabestrantes.

Así mismo, el modelo de hundimiento permite la definición de secuencias de lastrado asimétricas recalculando la posición del centro de gravedad del cuerpo y la matriz de inercias para cada una de las condiciones de carga, capturando así los efectos de escora en el cuerpo.

Por primera vez se ha integrado un modelo numérico hidrodinámico avanzado con un sistema de control de posicionamiento dinámico DP-UKF. Este controlador, desarrollado en colaboración con la Universidad de Cantabria, permite controlar la posición del cajón frente a la acción de las variables metoceánicas logrando el fondeo de cajones con mejores tolerancias, disminuyendo riesgos y aumentando la seguridad de la maniobra.

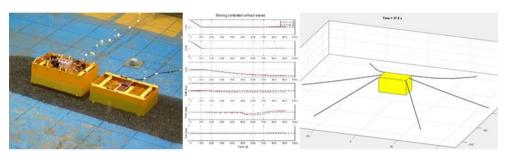


Fig. 1 Desarrollo Simulador Numérico: Izq: ensayos de laboratorio; centro: comparativa de movimientos numérico (negro) y experimental (rojo) para una maniobra de hundimiento; dcha: visor 3D.

4. Resultados / Conclusiones

El resultado de este trabajo es el desarrollo de un conjunto de modelos numéricos avanzados, para la caracterización del comportamiento de un cajón flotante de grandes dimensiones a lo largo de la maniobra de fondeo, teniendo en cuenta las de fuerzas de excitación del oleaje de segundo orden y la interacción con el fondo marino y con otros cajones, y que reproduce la dinámica de los cabestrantes. Además estos modelos han sido acoplados e integrados dentro de un simulador numérico que alberga a su vez un sistema de control de posicionamiento dinámico del cajón, dando lugar a una potente herramienta de diseño y optimización con gran potencial tanto en la fase constructiva como en las etapas tempranas del desarrollo de un proyecto. (Caso de aplicación: Amplicación del Puerto de Playa Blanca FCC Co.)

5. Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte y la financiación del Proyecto RTC-2017-6603-4 financiado por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER Una manera de hacer Europa. Así como de la Ayuda RYC-2017-23260 financiada por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por El FSE invierte en tu futuro.





Simulaciones Masivas para el Dimensionamiento de Canales de Navegación con Modelo Numérico de Maniobra con Autopiloto

Lourdes Pecharromána, Leandro Piresb, Raúl Redondoc, Carmen Ayusod

- ^a Siport21, lourdes.pecharroman@siport21.com
- ^b Siport21, leandro.pires@siport21.com
- ^c Siport21, raul.redondo@siport21.com
- ^d Siport21, carmen.ayuso@siport21.com

1. Introducción

El aumento de capacidad de los equipos informáticos en los últimos años, en combinación con las herramientas de simulación disponibles, ha permitido reducir los tiempos de cálculo, promoviendo además la aparición de nuevas técnicas aplicadas al diseño marítimo-portuario.

Con esta premisa, es posible simular de forma rápida con un esfuerzo y coste limitado y un nivel adecuado de fiabilidad un gran número de escenarios de maniobra de manera automática utilizando modelos numéricos de maniobra con autopiloto combinando buques con diferentes niveles de carga, bajo distintas combinaciones de viento, oleaje, corriente y nivel de agua. Como resultado, se genera una gran cantidad de información que tiene múltiples aplicaciones.

El tratamiento de toda esta información es un aspecto clave. Para ello, es necesario disponer de herramientas específicas que permitan su análisis. Como resultado es posible hacer una valoración preliminar de los espacios de maniobra requeridos (ancho de canal) para unas condiciones de acceso determinadas (combinación de viento, corriente, oleaje y nivel de agua concretos), definir los límites de acceso (viento, oleaje y corriente máximos) para un canal predefinido o identificar los puntos críticos en el canal. El post-proceso con estas herramientas adaptadas permite además identificar de manera muy eficiente las condiciones que suponen maniobras de mayor dificultad, y diseñar canales de acceso que tengan en cuenta un gran número de condiciones (combinaciones de viento, oleaje, corriente y nivel de agua característicos en el área de análisis) seleccionadas previamente con este fin.

Los resultados del análisis son objetivos y fiables, y constituyen un valioso soporte para la toma de decisiones. Así, cuando un puerto existente se plantea el acceso de un nuevo buque, con este tipo de herramientas es posible valorar de manera rápida y económica, en fases iniciales del proceso, si el canal de acceso disponible es adecuado o si, por el contrario, se

Simulaciones Masivas para el Dimensionamiento de Canales de Navegación con Modelo Numérico de Maniobra con Autopiloto

requiere realizar algún cambio o modificación. En este último caso, también es posible estimar el volumen de dragado necesario y, por tanto, el coste de la propuesta planteada. Además, de cara a fases posteriores de proyecto, la información generada en la fase inicial es muy valiosa y permite identificar las condiciones de mayor interés que deberán ser estudiadas con herramientas de mayor precisión, como es el simulador en tiempo real.

El trabajo presentará ejemplos prácticos de aplicación para estimar las dimensiones de un canal de navegación que permita el acceso de buques mayores a los máximos actuales, valorando la combinación de múltiples condiciones hidro-meteorológicas (viento, corriente, oleaje v nivel de agua).





Adaptación al cambio Climático en los Puertos de Interés General del Estado Español

Alberto López Pecharromán^a, Enrique Álvarez Fanjul^b y Alberto Fernández García^c

^aCentro de estudios de Puertos y Costas (CEDEX), Alberto,Lopez@cedex.es; ^bPuertos del Estado ^cCentro Enrique@puertos.es de estudios de **Puertos** Costas (CEDEX), Alberto.Fernandez.G@cedex.es.

1. Introducción

El cambio en las precipitaciones, en el viento y en las condiciones de oleaje, la subida del nivel del mar y el incremento de las temperaturas está afectando a las infraestructuras portuarias, variando su normal funcionamiento, incidiendo directamente en su operatividad.

Dada la importancia de estas infraestructuras en la economía, es necesario el estudio de las posibles consecuencias aparejadas a este fenómeno, debiendo plantearse inicialmente el estudio desde una perspectiva global para después particularizarlo a cada puerto.

Dentro de este marco se engloban los trabajos de este proyecto liderado por Puertos del Estado, con la creación de un protocolo general de estudio y su aplicación individualizada a los puertos que administra.

2. Fases del proyecto

El proyecto comprende desde la definición de la metodología a utilizar para el análisis de los efectos del cambio climático, como la aplicación de dicha metodología a los puertos, incluyéndose el análisis y seguimiento de dichos efectos.

2.1. Establecimiento de la metodología

El primer paso es establecer una metodología común para el estudio de los posibles impactos del cambio climático en los puertos, que permita el análisis de los mismos en cada puerto de manera independiente.

Para ello se ha contado con el documento de referencia PIANC (2020) EnviCom WG Report nº 178 – 2020: Climate change adaptation planning for ports and inland waterways, que establece una metodología global y que se ha particularizado a las necesidades del sistema portuario español.

También se cuenta con la experiencia adquirida en el Proyecto Ecclipse, liderado por la Fundación Valenciaport, puesto en práctica en los puertos de Valencia, Aveiro y Bordeaux, con la que se colabora.

2.2. Compilación y documentación de variables climáticas

De forma paralela, se ha comenzado un trabajo de recopilación de datos climáticos a nivel estatal, permitiendo el establecimiento de los valores de referencia de las variables climáticas más importantes y la monitorización y análisis de su evolución.

2.3. Caracterización del puerto

Una vez establecida la metodología, se aplica a un puerto en concreto. Los puertos seleccionados para el inicio del análisis son el Puerto de Gijón y el Puerto de Cartagena, para a continuación seguir con el Puerto de Barcelona, el Puerto de Bilbao y el Puerto de Las Palmas con el conocimiento adquirido en los dos puertos iniciales.

Para la caracterización del puerto es necesaria la identificación de todas las actividades, operaciones e infraestructuras llevadas a cabo en el puerto a estudiar. Esta identificación se articula a través de reuniones participativas de todos aquellos agentes que forman parte del entramado portuario y a los que afecta la climatología de forma directa.

También es necesaria la recopilación de información climática asociada al puerto a nivel local, que será complementada con la información obtenida en el punto anterior y que, además de permitir el análisis de las variables climáticas, permita la localización de posibles necesidades de datos, que puedan ser complementadas en el futuro mediante la instalación de la instrumentación adecuada.

2.4. Análisis de riesgos y vulnerabilidades ante el clima presente

Del estudio de la información obtenida en la caracterización de cada puerto se infiere las vulnerabilidades ante el clima presente, posibilitándose el establecimiento de umbrales, integrando la medida de las variables climáticas en las redes de medida portuarias y mejorando los sistemas de previsión y alerta, e incluso implantando medidas de adaptación.

2.5. Análisis de riesgos y vulnerabilidades ante el clima futuro

También se tiene en cuenta la evolución a largo plazo, mediante la creación de tablas cualitativas que permitan relacionar los diferentes escenarios de cambio climático con el incremento de la vulnerabilidad y con los principales riesgos a los que puede enfrentarse el puerto.





Metodología para el análisis de riesgo en infraestructuras costeras y portuarias por efecto del cambio climático en el marco ROM

J.L. Lara^a, D. Lucio^a, I.J. Losada^a, A. Fernández^a, Tomas, A. ^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, lopezjav@unican.es; david.lucio@unican.es; losadai@unican.es; ferperezav@unican.es; tomasa@unican.es

1. Introducción

Las infraestructuras costeras y portuarias son nodos fundamentales en los sistemas de transporte marítimo al proporcionar protección ante la acción de las dinámicas marinas, garantizando el correcto funcionamiento de los sectores económicos, productivos y sociales de las comunidades litorales. Dichas dinámicas se verán alteradas por el Cambio Climático (CC), las cuales no afectarán únicamente a infraestructuras críticas, sino también a los servicios portuarios que alojan, alterando de forma multi-sectorial el transporte costero. Por ello, se estima necesaria una caracterización del riesgo derivado del CC en dichos sistemas de infraestructuras portuarias, que evalúe la fiabilidad y funcionalidad de estas frente a la variación de los drivers climáticos por efecto del CC. El objetivo del presente trabajo es, por lo tanto, de desarrollar una metodología que permita analizar este riesgo climático y dotar de información a los gestores para cuantificar los potenciales impactos del cambio climático sobre las infraestructuras portuarias y costeras, a partir de la cual se puedan planificar estrategias de adaptación en las políticas de gestión en un entorno de variabilidad e incertidumbre climática.

En este trabajo se desarrolla una metodología que permite integrar el marco de análisis de riesgo por CC del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), como marco metodológico general más aceptado en los procesos de toma de decisiones; junto con la metodología de diseño de las Recomendaciones de Obras Marítimas (marco ROM), el cual constituye marco general de diseño para cualquier infraestructura portuaria y costera en nuestro país.

2. Metodología

En este trabajo se presenta el marco metodológico para la evaluación de riesgo por cambio climático en infraestructuras portuarias y costeras. Se toma la descripción del IPCC de riesgo, el cual se compone de tres elementos: peligro ("agentes naturales o inducidos por el ser humano que pueden tener consecuencias adversas en el objeto de estudio"), exposición ("conjunto de elementos susceptibles a ser afectados por el agente de peligro") y vulnerabilidad ("propensión de estos elementos a sufrir efectos adversos al ocurrir el agente de peligro"). A la hora de evaluar infraestructuras portuarias y costeras, el principal elemento de peligro son las dinámicas marinas y la variabilidad inducida por el CC, la exposición la componen las estructuras, equipos y usos que se encuentran en el entorno portuario, y la vulnerabilidad la relación entre las dinámicas de análisis con los distintos impactos que desencadenan dichas variables meteo-oceánicas (ver figura 1). Dichas relaciones están estrechamente ligadas al tipo de infraestructura de análisis, ya que cada infraestructura debe cumplir unos requisitos de provecto a lo largo de su vida útil: (1) fiabilidad de obras de abrigo y amarre, (2) funcionalidad de estructuras y equipos y (3) operatividad de la dársena portuaria, zonas de trabajo y zonas de acceso. Estos requisitos se verifican, según el marco ROM, mediante procedimientos de análisis de los Estados Límite (Último para fiabilidad, de Servicio para funcionalidad y Operativo para Operatividad) de la infraestructura, tanto a nivel global como individual de sus subelementos. De esta forma, ante el incumplimiento de dichos requerimientos debido a la acción de agentes meteo-oceánicos, se definirán una serie de Modos de Fallo y Parada que definirán los distintos impactos a estudiar para cada estructura, equipamiento y uso del sistema infraestructura portuaria. Para cada uno de estos modos (y, por ende, impactos) la normativa establece una serie de umbrales a garantizar a lo largo de la vida útil de toda infraestructura portuaria, los cuales se definirán como umbrales de vulnerabilidad dentro del marco de análisis de riesgo.

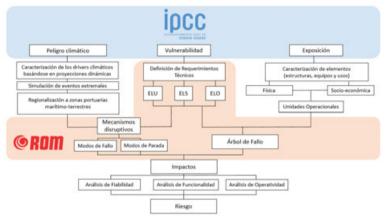


Fig. 1. Marco metodológico de integración del análisis de riesgo por CC del IPCC con la metodología ROM

De esta forma, y junto con una caracterización de las dinámicas marinas que permita incorporar las proyecciones dinámicas de cambio climático en las variables de peligrosidad (oleaje, viento y nivel del mar), y una caracterización precisa y en alta resolución espacial de los elementos expuestos en cada zona portuaria, se logra integrar el riesgo por CC de forma eficiente para dotar de mayor solidez a las políticas de gestión portuaria.



Aplicación en alta resolución del marco de análisis de riesgo multiimpacto por cambio climático para infraestructuras portuarias

Alberto Fernándeza, Javier L. Laraa, David Lucioa y Iñigo J. Losada

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, España, ferperezav@unican.es, lopezjav@unican.es, david.lucio@unican.es, losadai@unican.es

1. Introducción

Los puertos regionales son ejes fundamentales en el desarrollo de comunidades y regiones costeras, funcionando como motores socio-económicos para las poblaciones que los rodean. Debido a sus continuas necesidades de mantenimiento, reparaciones y mejoras, son objetivo de un porcentaje considerable de las inversiones en obra pública de las administraciones de dichas localidades. Dichas necesidades surgen de su alta exposición a los agentes meteooceánicos (oleaje, viento y nivel del mar), que sufrirán cambios en su frecuencia, intensidad y duración debido al Cambio Climático (CC), teniendo la magnitud de dichos cambios un alto grado de incertidumbre.

Por ello, se define en el presente trabajo una metodología de análisis holístico de riesgo en alta resolución espacial para puertos regionales, incluyendo las más avanzadas técnicas probabilísticas. Dicha metodología evalúa y provecta a futuro los impactos derivados del CC en las infraestructuras portuarias y analiza las consecuencias socio-económicas derivadas. De esta forma, se desarrolla una herramienta robusta de toma de decisiones para gestores portuarios y de la administración que permite dar mayor solidez técnica y financiera a los proyectos portuarios, garantizando su resiliencia frente a los efectos del CC en las dinámicas marinas. Adicionalmente, se incluye un caso de aplicación de la metodología en un puerto de estudio en el Principado de Asturias.

2. Metodología

En este trabajo se presenta una metodología definida en la Fig. 1, que es aplicada en el puerto de Luarca, Asturias. Siguiendo la definición de riesgo del IPCC, se analiza en primer lugar la exposición de las infraestructuras portuarias, disgregando el sistema en sub-elementos (obras de abrigo y amarre, equipamientos y áreas con su uso asociado) para aislar las fuentes de riesgo y proyectar los impactos que afectan a cada sub-elemento. Se caracterizará la exposición física (secciones-tipo) y socio-económica (valorización) de cada sub-elemento en alta resolución espacial, y se agregarán estos en unidades homogéneas y autónomas, las Unidades Operacionales (OUs). Adicionalmente, se caracterizará la vulnerabilidad conforme a los requerimientos técnicos normativos (ROM), analizando los Modos de Fallo y Parada, y

se provectarán las variables de peligrosidad (oleaje, nivel del mar, viento, corriente y sedimentación) derivadas del CC en distintos periodos y escenarios de emisiones futuros.



Fig. 1. Metodología propuesta para el análisis de riesgo por CC en alta resolución de puertos regionales

Así, se analizará cada uno de los impactos por medio de la evaluación probabilista de los mecanismos disruptores, obteniendo una serie de variables de impacto que permiten homogeneizar el riesgo indistintamente del impacto de estudio. A partir de dichas variables se monetizará el riesgo considerando los costes de reparación y operación para cada impacto y OU, proyectando así mismo los costes en periodos futuros para los elementos portuarios expuestos, e integrándolo de forma holística como variación del riesgo por CC del sistema infraestructura portuaria [Fig. 2].

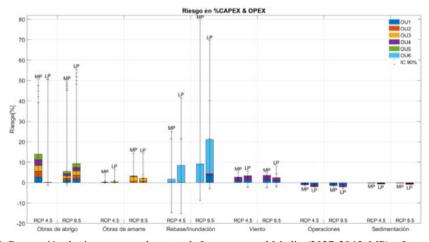


Fig. 2. Proyección de riesgos para el puerto de Luarca para el Medio (2027-2045, MP) y Largo Plazo (2082-2100, LP), para las distintas Unidades Operacionales e Impactos





Plan de adaptación al cambio climático de los puertos de gestión autonómica de las Islas Baleares

Agustín Sánchez-Arcilla^{a,b}, Joan Pau Sierra^{a,b}, Xavier Gironella^{a,b}, Vicente Gracia^{a,b}, Corrado Altomarea,b, Daniel González-Marcoa,b, César Mösso a,b, Jesús Gómez a,b, Mateo Barceló c y Cristina Barahona c

^aLaboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech, agustin.arcilla@upc.edu; bCentre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners (CIIRC) y ^cPorts de les Illes Balears, mbarcelo@portsib.es).

Resumen

El cambio climático genera diversos impactos en las zonas costeras (Sánchez-Arcilla et al., 2011). Estos impactos se deben a los procesos inducidos por el calentamiento global tales como la subida del nivel del mar (Nicholls y Cazenave, 2010) o los cambios en los patrones de oleaje (Lionello et al., 2008) y marea meteorológica (Rahmstorf, 2017).

En el caso concreto de los puertos, al estar situados en zonas costeras, también se verán sometidos a estos procesos y los subsiguientes efectos, que pueden provocar daños en las infraestructuras o perjudicar las operaciones. La consecuencia de todo ello es la pérdida de operatividad del puerto, con los consiguientes perjuicios económicos asociados.

Por consiguiente, es conveniente que los gestores portuarios elaboren planes de contingencia para prever estos posibles impactos y diseñar, con suficiente antelación, las medidas de adaptación necesarias que permitan evitar sus consecuencias negativas.

En este trabajo se presenta la metodología del Plan de Adaptación al Cambio Climático preparado por Ports de les Illes Balears (PIB), para diagnosticar los posibles riesgos a que se exponen las instalaciones bajo su jurisdicción, así como para detectar eventuales medidas de adaptación.

Los puertos gestionados por PIB son 13 de gestión directa (14 si se considera el puerto exterior de Ciutadella como un puerto aparte del interior), 29 de gestión indirecta (de los cuales 10 tienen sus instalaciones enclavadas en puertos de gestión directa) y 16 instalaciones secundarias

Para la realización del estudio, además de la situación presente (escenario base), se han considerado los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 del quinto informe (AR5) del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y se han contemplado dos horizontes temporales: 2045 y 2100. Para cada escenario y horizonte, existen proyecciones futuras de datos de subida del nivel del mar, oleaje y marea meteorológica, que son los que se utilizan para realizar los análisis correspondientes a cada puerto.

Los procesos que se han considerado para determinar el impacto del cambio climático sobre los puertos han sido: operatividad de muelles y pantalanes por reducción del francobordo, rebase por oleaje de los diques, estabilidad de las obras de abrigo, agitación portuaria y aterramiento.

Para cada puerto y cada proceso, se han definido 6 niveles de riesgo en función del impacto esperado sobre el puerto. Estos niveles son: 0 (sin riesgo), 1 (muy bajo), 2 (bajo), 3 (medio), 4 (alto) y 5 (muy alto). Una vez establecidos los niveles correspondientes a cada caso, se pueden dibujar mapas de riesgo, tal como se muestra en la Figura 1.



Fig. 1 Mapa de riesgos de la isla de Menorca para el escenario RCP8.5 y el horizonte 2100.

Una vez establecido el nivel de riesgo para cada proceso y cada puerto, se pueden plantear medidas de adaptación, para prevenir los impactos asociados a dichos riesgos.

Referencias

- LIONELLO, P., COGO, S., GALATI, M. B. y SANNA, A. (2008). "The Mediterranean surface wave climate inferred from future scenario simulations" en Global Planetary Change, 63, p. 152-162.
- NICHOLLS, R. J. y CAZENAVE, A. (2014). "Sea-level rise and its impact on coastal zones" en Science, 328, p. 1517-1520.
- RAHMSTORF, S. (2017). "Rising hazard of storm surge flooding" en Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114, p. 11806-11808.
- SANCHEZ-ARCILLA, A., MÖSSO, C., SIERRA, J. P., MESTRES, M., HARZALLAH, A., SENOUCI, M. y EL RAHEY, M. (2011). "Climate drivers of potential hazards in Mediterranean coasts" en Regional Environmental Change, 11, p. 617-636.





Desarrollo del plan de adaptación al cambio climático en los puertos del Cantábrico

Sara Sanz Sáenz^a, Saúl Torres-Ortega^a e Iñigo Losada Rodríguez^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

, sara.sanz@unican.es , saul.torres@unican.es , inigo.losada@unican.es

Las comunidades del Cantábrico tienen una significativa dependencia de su costa, donde se concentra gran cantidad de la actividad económica: el transporte marítimo, la pesca comercial y deportiva, o un turismo de sol y plava cada vez más importantes. En la franja litoral se encuentran muchas de las principales ciudades y villas del Cantábrico, que constituyen alguno de los principales reclamos turísticos por sus paisajes y valor histórico.

El modelo de desarrollo económico implantado en España en las últimas décadas y la explotación extensiva de sus recursos supone una amenaza para el litoral, que ha incrementado su exposición y vulnerabilidad debido a la alta degradación sufrida. A las presiones de origen humano hay que añadir la amenaza del cambio climático. El aumento del nivel medio del mar (ANMM) y su efecto sobre los niveles extremos, el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación o los cambios en los oleajes y mareas meteorológicas están contribuyendo y contribuirán, aún más en el medio y largo plazo, a un considerable aumento de los riesgos en la costa. Esto requiere, paralelamente al desarrollo de políticas de mitigación, una ambiciosa y bien planificada estrategia de adaptación para hacer frente a los riesgos residuales que, sin duda, no van a poder ser abordados con la mera reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) o alcanzando la neutralidad a mitad de siglo.

La Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española impuso la obligación de elaborar una estrategia para la adaptación de la costa, exigiendo que los proyectos para la ocupación del dominio público marítimo terrestre (DPMT) vengan acompañados de una evaluación prospectiva sobre los posibles efectos del cambio climático. Surge así la necesidad de desarrollar una metodología de análisis del riesgo de cambio climático y adaptación de puertos. El marco del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático, PIMA Adapta, operativo desde 2015, apoya la consecución de estos objetivos.

La metodología que aquí se plantea adopta como marco general el elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), según el cual el riesgo es el resultado de la interacción entre peligrosidad o amenaza, exposición y vulnerabilidad.

La propuesta plantea el análisis del riesgo en distintos horizontes temporales: un periodo histórico de referencia, y dos horizontes futuros, representativos de la situación climática en 2050 v 2100. Las provecciones climáticas se basan en los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5 definidos en el 5º informe del IPCC (AR5).

La metodología desarrollada se basa en la obtención del nivel de riesgo en base a consecuencias económicas. La exposición se define con parámetros como los ingresos directos e indirectos generados por el puerto, costes de mantenimiento y la valoración del puerto, donde también se puede considerar el valor de protección que las infraestructuras portuarias ejercen sobre el entorno urbano. La peligrosidad viene caracterizada por indicadores obtenidos de las bases de datos climáticas de oleaje, marea meteorológica, aumento del nivel medio del mar, precipitación, viento y temperatura del aire. La vulnerabilidad se basa en umbrales de operaciones obtenidos de normativas y la generación de curvas de daño sobre activos. Se identifican impactos en los puertos que permiten obtener las consecuencias económicas conducentes al nivel de riesgo en cada puerto a través de la exposición, la peligrosidad y la vulnerabilidad.

En la fase de adaptación se define una lista de medidas con índices de coste-eficiencia que permiten calcular los gastos asociados a cada medida en base a la valoración y costes de mantenimiento del puerto. Mediante los costes de implementación y mantenimiento de las medidas y la reducción en consecuencias económicas que producen, es posible determinar el año óptimo de implementación de cada una. El resultado es una priorización de medidas en cada puerto, de las cuales se pueden extraer recomendaciones de aplicación de ciertas medidas en un ámbito regional. Se obtiene además el resultado del nivel de riesgo adaptado con la implementación de las medidas priorizadas.

Esta metodología permite identificar los principales riesgos en los puertos y priorizar las mejores medidas de adaptación, desde el punto de vista coste-eficiente. Sin embargo, las recomendaciones obtenidas no siempre son posibles de ejecutar en base a la capacidad adaptativa del sistema. Deben por ello estudiarse las limitaciones existentes en cuanto a capacidad organizativa, tecnológica y financiera, así como identificar oportunidades de captación de recursos para la aplicación de medidas.



Estudio de las medidas de adaptación al cambio climático de los Puertos de Interés General de la Comunidad Valenciana

Alejandro Folch Ruiza, M. Esther Gómez Martínb v Jorge Molines Llodrác

^aUniversitat Politècnica de València, alfolrui@cam.upv.es; ^bDepartamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, , mgomar00@upv.es y ^cDepartamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, . iormollo@upv.es.

1. Introducción

Los Puertos de Interés General (PIG) forman parte del sistema portuario estatal, que genera un 20% del PIB del sector transporte, lo cual representa un 1,1% del PIB español. La estabilidad de sus obras de abrigo y atraque es fundamental para mantener la operativa portuaria y que se puedan realizar con seguridad las operaciones de carga y descarga, entre otras.

Las acciones del oleaje, niveles de mar y viento condicionan tanto la estabilidad de los diques de protección como las operaciones portuarias en la actualidad. Además, en el futuro las acciones climáticas cambiarán (ver IPCC, 2021), y por tanto la adaptación de las infraestructuras portuarias es fundamental, siendo el cambio climático la segunda prioridad medioambiental de los puertos europeos (ver ESPO, 2021).

La reducción de los impactos debidos al cambio climático se puede llevar a cabo mediante medidas de mitigación de emisiones y/o mediante medidas de adaptación de infraestructuras. Por lo tanto, en este estudio se analiza la adaptación de los PIG de la Comunidad Valenciana al cambio climático.

2. Metodología

En este trabajo se emplea la metodología para incluir la adaptación al cambio climático en la planificación estratégica portuaria de PIANC (2020), que propone un proceso con cuatro etapas que se muestran en la figura siguiente.



Fig. 1. Etapas en el proceso de adaptación al cambio climático.

En este trabajo se analizará el estado futuro del cambio climático en la costa valenciana considerando varios escenarios de emisiones: uno intermedio (SSP 4.5) y uno extremo (SSP 8.5). También se consideran dos horizontes temporales centrados en las próximas décadas: 2030 y 2050. De este modo, se contemplan tanto los escenarios operativos en el short-term como los enfocados en la gestión en el mid-term, que es relevante para la planificación y gestión de inversiones.

La finalidad es caracterizar las consecuencias y proponer una serie de medidas que configuren una estrategia de adaptación, de manera que aumente la resiliencia de los PIG de la Comunidad Valenciana.

3. Resultados preliminares y conclusiones

En un análisis preliminar, el caudal de rebase subirá de media un 10% en 2030 y un 20% en 2050 en los PIG de la costa mediterránea española. El incremento de caudales de rebase supone el aumento de la probabilidad de fallo de los diques de abrigo y de la probabilidad de parada operativa.

En este trabajo se analizarán diferentes estrategias de adaptación al cambio climático para diferentes modos de fallo, evaluando el riesgo actual y futuro, así como el coste de implantación de cada una de ellas.

Referencias

ESPO (2021).ESPO Environmental Report 2021. https://www.espo.be/media/ESP- 2844%20(Sustainability%20Report%202021)%20FINAL.pdf> [Consulta: 30 de enero de 2022].

IPCC (2021). Climate Change 2021 - The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC AR6 WGI SPM final.pdf> [Consulta: 30 de enero de 2022].

PIANC (2020). Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways. https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178 [Consulta: 30 de enero de 2022].





Modelado de la morfología costera incluyendo elementos antrópicos y sustratos de distintos materiales. Aplicación a sistemas costeros complejos en un tramo del litoral granadino

Manuel Cobos^a, Andrés Payo^b, Dave Fayis-Mortlock^b, Helen F. Burke^b, Dave Morgan^b, Gareth Jenkins^b, Helen Smith^b, Thomas J. Fletcher^b, Pedro Otiñar^a, Marcus Silva^a, Pedro Magaña^a v Asunción Baguerizo^a

^aInstituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Granada, Avda, del Mediterráneo s/n, 18078, Granada; ^bBritish Geological Survey, Keyworth, NG12 5GD, UK, 60000-0002-5896-3630, mcobosb@ugr.es; 60000-0001-5596-3953, agarcia@bgs.ac.uk; 60000dfm1@bgs.ac.uk; hbu@bgs.ac.uk; djrm@bgs.ac.uk; gjenkins@bgs.ac.uk; 0002-9801-3787, hsmith@bgs.ac.uk; thoetc@bgs.ac.uk; \boxedow 0000-0002-0223-2425, potinar@ugr.es; \boxedow 0000-0002-1575-5145, pmagana@ugr.es; 0 0000-0002-2149-5642, marcussanta@ugr.es; 0 0000-0002-3339-0653. abaqueri@ugr.es.

1. Introducción

Las regiones costeras contienen una variedad de accidentes geográficos cuya composición de sedimentos es muy heterogénea. La disponibilidad de sedimentos, su disposición en capas compuestas de material suelto o consolidado y su interacción con elementos antrópicos gobierna su evolución a medio y largo plazo. Este hecho hace muy difícil representar adecuadamente los procesos de transporte y hacer predicciones sobre su morfodinámica (Moser, 2012).

2. Métodos

El presente estudio se basa en el llamado Entorno de modelado costero, CoastalME, (Payo, 2015). CoastalME utiliza una representación espacial común donde tienen cabida todos los accidentes geográficos e integra modelos específicos de erosión y transporte de sedimentos para cada tipo de ellos con el objetivo de evaluar la evolución morfológica y sedimentaria a escala de horas a décadas. El modelo permite la erosión de acantilados a largo plazo o erosión de plataformas costeras y además transforma los sedimentos consolidados en material suelto disponible que puede transportarse durante eventos de tormenta. En la versión más reciente, los ríos, arroyos y ramblas se integran cómo si elementos geográficos puntuales se tratasen con la propiedad de ser una fuente o un sumidero de sedimento de distintos tipos.

El modelo se aplica a un tramo complejo de la costa granadina (Andalucía) con diferentes accidentes geográficos, para el que se ha desarrollado un modelo de espesores del sustrato geológico que considera no solo el tipo de material, el tamaño promedio del sedimento de grano, sino que también discretiza el sustrato en capas de diferentes espesores y estados sólidos (p. ej., suelto y consolidado). Se incluye una capa con la presencia de paseos marítimos, puertos, edificios y carreteras, espigones, desembocaduras rígidas, etc. El suministro de sedimentos de ríos y ramblas (p. ej., la mayoría de las veces los lechos de los ríos se secan, pero durante los episodios de fuertes lluvias cuando el suministro de material a la costa no es despreciable) también se ha considerado.

3. Resultados

Durante la ponencia se mostrará la comparación entre los resultados que se obtiene del modelado considerando las características que comúnmente se aplican, es decir, una capa de sedimentos homogénea e infinitamente gruesa sin aporte de sedimentos, y los que se obtienen de incluir el modelo de espesores, los elementos antrópicos y el suministro de sedimentos por ramblas, junto con la capacidad para hacer predicciones de evolución de la costa a mediano v largo plazo.

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro del marco de trabajo de los siguientes proyectos: (1) Trabajos para el estudio de inundación y erosión en zonas costeras de Andalucía en un escenario de cambio climático [CONTR2018/66984], y (2) Gestión del riesgo asociado a la erosión e inundación en un escenario de cambio climático y la toma de decisiones sobre concesiones en el dominio público marítimo-terrestre [CONTR2020/194906].

Referencias

MOSER, S. C., JEFRESS, W. S., & BOESCH, D. F. (2012). "Wicked challenges at Land's End: Managing coastal vulnerability under climate change". Annual Review of Environment and Resources, 37, 51-78.

PAYO, A., FAVIS-MORTLOCK, D., DICKSON, M., HALL, J. W., HURST, M. D., WALKDEN, M. J.A., TOWNEND, I., MATTHEW, C. I., NICHOLLS, R.J., and Ellis, MA. (2017). "Coastal Modelling Environment version 1.0: a framework for integrating landform-specific component models in order to simulate decadal to centennial morphological changes on complex coasts". Geoscientific Model Development, 10 (7), 2715-2740.





Modelado hidromorfodinámico de alta resolución como herramienta de apoyo a la restauración costera. Ejemplos de aplicación a zonas vulnerables

Marc Mestres^{a,b}, Xavier Sánchez-Artús^a, María Liste^{a,b}, Oriol Prat^a, Vicenc Gràcia^{a,b} v Manuel Espino^{a,b}

^a Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, Barcelona. mmestresridge@gmail.com, xavier.sanchez.artus@upc.edu, maría.liste@upc.edu, oriol.prat.bayarri@ estudiantat.upc.edu, vicente.gracia@upc.edu, manuel.espino@upc.edu ^b Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros (CIIRC), Barcelona.

1. Introducción

El alto ritmo de desarrollo y urbanización de la zona costera, altamente frágil, diversa y productiva, genera un aumento de los riesgos costeros, la reducción de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (EES), y un incremento de los costes y de la huella de carbono asociados al mantenimiento de su estado actual. Gran parte de las acciones diseñadas para revertir la degradación costera se basa en infraestructuras locales y/o rígidas, generando un mapa de restauraciones fragmentado, cortoplacista y económicamente ineficiente.

El proyecto europeo REST-COAST propone rediseñar la restauración y gestión del sistema costero, pensando a gran escala y recuperando la conectividad ríos-costa-mar y sus dinámicas naturales con la finalidad de aumentar la resiliencia costera, reducir los riesgos y mejorar los EES. Para ello, se fomenta el desarrollo de nuevas herramientas para evaluar riesgos costeros a escalas actuales y climáticas con el uso de modelos de predicción avanzados, ampliados para incorporar la simulación de los ESS. Estas permitirán una estimación consistente de los riesgos costeros a diferentes escalas temporales, redundando en una restauración más eficaz y a más largo plazo, con menores costes financieros, ecológicos, sociales y políticos.

En el caso del Delta del Ebro, este objetivo se consigue con un conjunto de modelos acoplados que propagarán información hidromorfológica regional hasta escalas locales para analizar el efecto de las acciones de restauración sobre los riesgos costeros, tanto para condiciones presentes como futuras. Los modelos utilizados son COAWST para la hidrodinámica y el oleaje a escala sub-regional y costera y X-BEACH para el oleaje, transporte de sedimentos y morfología a escala de playa, alimentados por productos CMEMS y por un modelo hidrológico para describir los aportes del Ebro. El conjunto se dotará de una parametrización robusta de las principales interacciones hidromorfoecológicas para simular EES costeros, directamente o a través de indicadores (e.g., tiempos de renovación en las bahías costeras, Fig. 1). Estos códigos, validados con el reanálisis de episodios recientes de riesgo costero, darán lugar a dos herramientas para la gestión de contingencias costeras. Por una parte, su desarrollo operacional se constituirá en un sistema de alerta temprana (EWS) de predicción de riesgos en la costa de estudio; por otra, su aplicación a proyecciones climáticas permitirá derivar predicciones consistentes de daños/riesgos costeros a largo plazo (Fig. 2), valorando la efectividad de las actuaciones de restauración propuestas.

DOORS, un proyecto (GA num. 101000518) centrado en el Mar Negro, plantea una estrategia similar, utilizando modelos hidromorfodinamicos de alta resolución para los efectos presentes y futuros de eventos extremos sobre una playa barrera en Dniestr (Ucrania), ayudando a entender su dinámica y a predecir posibles riesgos (inundación/erosión) a corto/largo plazo, permitiendo anticipar posibles medidas de mitigación.

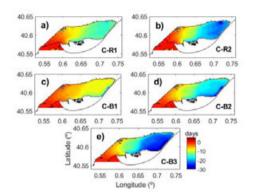


Fig 1: Diferencias de tiempos de residencia del agua en la bahía dels Alfacs (Delta del Ebro) para distintas intervenciones, respecto a la situación actual (Cerralbo et al., 2019).

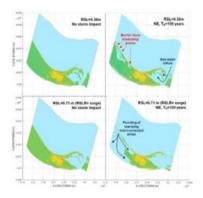


Fig 2: Mapa de inundación en la zona del Delta del Ebro antes (izq.) y después (der.) del impacto de una tormenta del NE con un periodo de retorno de 100 años (Grases et al., 2020).

2. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del proyecto europeo REST-COAST (H2020-101037097-REST-COAST) a la realización de este trabajo.

Referencias

CERRALBO, P., F.-PEDRERA BALSELLS, M., MESTRES, M., FERNANDEZ, M., ESPINO, M., GRIFOLL, M., y SANCHEZ-ARCILLA, A. (2019). "Use of a hydrodynamic model for the management of water renovation in a coastal system" *en Ocean Sci.*, vol. 15, p. 215–226.

GRASES, A., GRACIA, V., GARCIA-LEON, M., LIN-YE, J. y SIERRA, J.P. (2020). "Coastal Flooding and Erosion under a Changing Climate: Implications at a Low-Lying Coast (Ebro Delta)", *en Water*, vol. *12*, p. 346.





IH-LANS, una herramienta para el modelado de la línea de costa

Moisés Álvarez-Cuesta^a, Alexandra Toimil^ae Iñigo J. Losada^a

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, 0 0000-0002-1180-0746, alvcuestam@unican.es; aIHCantabria -Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, D 0000-0002-2067-872X, toimila@unican.es; y alHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Isabel Torres 15, 39011, Santander, España, 💿 0000-0002-9651-9709, losadai@unican.es.

1. Introducción

La importancia socio-económica de las zonas costeras y su alta exposición a amenazas climáticas hacen que para su gestión informada sean necesarias herramientas eficientes que combinen modelado de procesos e información procedente de campañas de monitorización. Por ello, se ha desarrollado IH-LANS (Álvarez-Cuesta et al. 2021a), un modelo numérico para estimar la evolución a largo plazo de la línea de costa a escalas locales y regionales. IH-LANS combina un módulo de progación híbrido, que aúna técnicas estadísticas y numéricas, con un modelo de evolución de la línea de costa que se autocalibra mediante asimilación de observaciones. El modelo resuelve procesos longitudinales y transversales considerando los efectos de diversas actuaciones antrópicas. En cada simulación, se evalúan los cambios en la línea de costa en respuesta al oleaje y al nivel del mar mientras que la incertidumbre relativa a la calibración se reduce con un filtro extendido de Kalman alimentado con observaciones de la línea de costa. Para examinar la respuesta del modelo, IH-LANS se ha aplicado a un tramo de 40 km fuertemente antropizado en el litoral Mediterráneo situado entre Castellón y Sagunto. En primer lugar, se ha ejecutado en el periodo 1990-2020 empleando información meteo-oceanográfica de alta resolución y observaciones de la línea de costa, obtenidas a partir de imágenes de satélite, para la calibración y la validación de los resultados. A continuación, partiendo de proyecciones dinámicas de los forzamientos de origen climático, se ha empleado el modelo calibrado para predecir la evolución temporal de la línea de costa en el tramo objetivo a fin de siglo (Álvarez-Cuesta et al, 2021b). Del análisis de los resultados se obtiene la contribución relativa de los procesos longitudinales y transversales, las áreas de playa perdida permanentes y estacionales y los retrocesos extremales. La eficiencia y versatilidad del modelo, así como las escalas espacio-termporales que resuelve, lo convierten en una herramienta útil para la gestión costera.

2. Estructura de IH-LANS

La estructura de IH-LANS se fundamenta en tres pilares básicos: 1) un módulo de transformación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta la costa que combina técnicas estadísticas y numéricas; 2) un modelo de evolución de la línea de costa que resuelve procesos longitudinales y transversales de corto y largo plazo; y 3) un algoritmo de asimilación que permite la autocalibración de los parámetros libres del modelo mediante observaciones. En primer lugar, las dinámicas costeras propagadas se obtienen en puntos predefinidos próximos a la profundidad de cierre de la zona activa. A continuación, se resuelve la ecuación multiproceso en una serie de perfiles en los que se ha discretizado la línea de costa. Dentro de los procesos longitudinales, IH-LANS resuelve los cambios en la línea de costa debidos a gradientes en el caudal sólido de sedimentos, fuentes y sumideros de sedimento y procesos no resueltos explícitamente. Por otro lado, los procesos transversales de corto y largo plazo debido a cambios en el oleaje y en lel nivel del mar resuelven mediante el modelo de equilibrio descrito en Toimil et al (2017). El efecto de estructuras como diques, espigones, escolleras y actuaciones como rellenos y préstamos se tiene en cuenta tanto en la transformación del oleaje cómo en el transporte de sedimentos. Finalmente, los parámetros libres del modelo entre los que se incluyen el parámetro de transporte longitudinal, las constantes de erosión y acreción del modelo de transporte transversal y la tendencia de procesos no resueltos se calibran empleando un algoritmo de asimilación basado en el filtro extendido de Kalman.

3. Aplicación

Una vez validadas las funcionalidades del modelo en casos sencillos, se ha aplicado a un tramo de costa de unos 40 km entre Castellón y Sagunto y se ha obtenido una representación fiel de la evolución de la línea de costa en el periodo histórico 1990-2020 (RMSE<10m). A continuación, se ha empleado el modelo calibrado para analizar la respuesta de la línea de costa a fin de siglo. Del post-proceso de los resultados, se ha obtenido información relevante para la gestión de la costa tal como retrocesos permanentes, la variabilidad estacional de la línea de costa, la contribución relativa de los procesos modelados y los retrocesos extremos.

Referencias

- TOIMIL A, LOSADA IJ, CAMUS P, DIAZ-SIMAL P (2017) "Managing coastal erosion under climate change at the regional scale". Coast. Eng., 128, 101016.
- ALVAREZ-CUESTA M, TOIMIL A, LOSADA IJ (2021a) "Modelling long-term shoreline evolution in highly anthropized coastal areas. Part 1: Model description and validation". Coast. Eng., 169, 103960.
- ALVAREZ-CUESTA M, TOIMIL A, LOSADA IJ (2021b) "Modelling long-term shoreline evolution in highly anthropized coastal areas. Part 2: Assessing the response to climate change". Coast. Eng., 169, 103961.





Modelar la costa en tiempo real: asimilación, desarrollo, validación, explotación y puesta en valor del modelo CELERIS_{BASE}

Gabriel Díaz Hernández^a, Oliver Legarreta García^a, Alejandro González Valle^a, Francisco Jaime Fernándeza

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,





francisco.jaime@unican.es

1. Introducción

A lo largo de los últimos 20 años, gracias a la imparable evolución computacional experimentada, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de Boussinesq han evolucionado de manera notable, partiendo de soluciones básicas y académicas, hacia un uso práctico y realista en el ámbito de la Ingeniería de Costas y Puertos (ICyP). Actualmente, son muchos los modelos de Boussinesq disponibles en el mercado que, de alguna u otra forma, encuentran su aplicación en proyectos reales de ICvP, bien a través de soluciones comerciales (pre-compiladas) ampliamente adoptadas por el mundo de la consultoría, o bien a través de soluciones de código abierto cuyo uso se decanta hacia el ámbito académico y de investigación. No obstante, y sin importar su origen, la explotación de este tipo de modelos se suele ver comprometida por dos motivos fundamentales: a) la inestabilidad numérica que pueden experimentar; y b) el alto coste computacional que se puede llegar a requerir para dominios extensos y realistas, especialmente si se desea dar una solución técnica fiable, basada en una estadística robusta que considere diferentes escenarios y forzamientos.

Sin embargo y recientemente, una interesante alternativa que permite acometer ambas problemáticas ha surgido en forma de un código abierto, denominado CELERIS, el cual promete la solución de las ecuaciones modificadas de Boussinesq a través de la Unidad de Procesamiento de Gráficos (GPU). Esta nueva aproximación al problema, comúnmente adoptada en el mundo de los videojuegos y más recientemente requerida en modelos lagrangianos de Mecánica de Fluidos Computacional (CFD), consigue acelerar los tiempos de espera computacionales en varios órdenes de magnitud hasta alcanzar la ansiada ejecución en tiempo real (con una sola tarjeta gráfica <800€), que da pie a la multi-iteración en búsqueda del mejor montaje numérico (en pro de la estabilidad numérica), en comparación a la solución tradicional basada en CPU.

2. Investigación y resultados

A través de la convocatoria FENIX 2019, en su modalidad de Proyectos Internos para el Desarrollo de Nuevas Líneas Estratégicas dentro de IHCantabria, se ha llevado a cabo un provecto para la asimilación, desarrollo, mejora, adaptación, explotación y la puesta en valor del modelo CELERIS_{BASE}. Se propuso conseguir, en un año de proyecto, una versión amigable, validada y contrastada del modelo de propagación de oleaje en el ámbito bidimensional en horizontal (2DH). La finalidad del proyecto es tomar ventaja de la tecnología GPU, para poder reproducir los procesos físicos de: refacción, asomeramiento, reflexión, rotura y disipación por fricción en el fondo, así como su interacción en zonas costeras y portuarias (pseudo-inundación por oleaje y surf-beat simultáneamente), teniendo en cuenta cualquier geometría costera, estructuras y configuraciones batimétricas reales. Así mismo, se han revisado y añadido nuevos procesos tales como: el esquema de rotura del oleaje por fondo, oleaje generado por el paso de embarcaciones, inclusión de estructuras rígidas y forzamiento de oleaje irregular optimizado, todo ello contrastado con un extenso trabajo de validación con datos provenientes de experimentos clásicos de laboratorio y mediciones en campo. El producto final/entregable, se ha hecho tangible en forma de interfaz gráfica de usuario (GUI) que, con base en distintos módulos de pre y post proceso, aporta a los usuarios la capacidad de gestionar y visualizar en tiempo real, de forma robusta y fiable, experimentos numéricos para el beneficio de futuros estudios en el ámbito de la investigación, academia y consultoría aplicada a la ICyP. Por lo tanto, se presentan los avances en cuanto al desarrollo, asimilación adaptación, validación y un interesante ejemplo de su explotación en un entorno real (playa del Sardinero bajo condiciones de temporal e inundación, Cantabria), lo cual, seguramente, supondrá un cambio en el paradigma de entendimiento, visualización, gestión y explotación en tiempo real asociada modelos de Boussinesq.

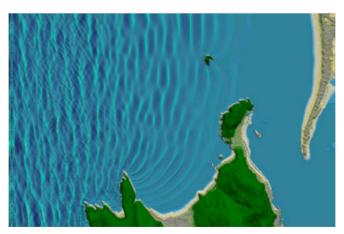


Fig. 1 Instantánea de la propagación de oleaje en el área del abra del Sardinero. Modelo Celerisbase



Modelo de rotación de línea de costa tendente al equilibrio

Camilo Jaramillo Cardona^a, Mauricio González Rodríguez^a, Raúl Medina Santamaría^a e Imen Turki^b

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, jaramilloc@unican.es; pgonzalere@unican.es; y pmedinar@unican.es.

^bUMR CNRS 6143 Continental and Coastal Morphodynamics 'M2C', Universidad de Rouen, 76821, Mont-Saint-Aignan Cedex, Francia; D imen.turki@univ-rouen.fr.

1. Introducción

La rotación de la línea de costa ocurre cuando un extremo de la playa avanza, mientras el extremo opuesto retrocede. Este fenómeno se atribuye a cambios periódicos o a fenómenos de largo plazo en el clima marino. Con el fin de simular de forma sencilla y eficaz la variabilidad de la orientación de la línea de costa, el objetivo de este estudio es presentar un nuevo modelo heurístico de rotación de línea de costa tendente al equilibrio. Este modelo se basa en la suposición de que el movimiento de rotación de la playa es inducido por la potencia y la dirección del oleaje (Jaramillo et al. 2021).

2. Modelo

La ecuación cinética propuesta en este estudio, para simular la variación de orientación de línea de costa resulta de la siguiente forma:

$$\frac{d\alpha_{s}(t)}{dt} = L^{\pm} P \left(\alpha_{s} - \alpha_{s_{eq}} \right)$$
(1)

donde $\alpha_s(t)$ es la orientación de la costa en el tiempo "t", P es la potencia del oleaje incidente considerada como un factor de ponderación del modelo, la cual resulta del producto entre la altura de ola significante al cuadrado, Hs^2 , y el periodo de pico del oleaje, Tp, $P = Hs^2 \cdot Tp$. L[±] son constantes de proporcionalidad; L⁺ cuando la rotación de la costa es en sentido horario y L $^{-}$ cuando es antihorario. $\alpha_{s_{eq}}$ es la orientación de costa en el equilibrio, la cual se obtiene a partir de la siguiente relación lineal definida como "Equilibrium Wave Direction Function", EWDF:

$$\alpha_{s_{eq}} = \frac{\theta_w - b}{a} \tag{2}$$

donde a y b son parámetros de calibración y θ_w es la dirección del oleaje incidente.

3. Aplicación

El modelo propuesto se ha aplicado en dos playas encajadas que se sitúan en el Océano Pacífico Sur. Por un lado, se utilizaron cerca de quince años de posiciones de línea de costa extraídas de imágenes de videocámara en la playa de Tairua, Nueva Zelanda, y por otro lado, treinta y siete años de datos de posición de línea de costa obtenidos a partir de levantamientos de perfiles en la playa de Narrabeen, Australia. A modo de ejemplo, la Fig. 1 presenta los resultados obtenidos en la playa de Narrabeen.

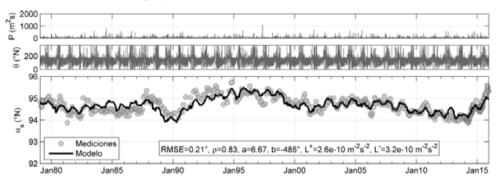


Fig. 1. Serie temporal de energía de oleaje incidente (panel superior), dirección del oleaje (panel central) y validación del modelo propuesto (panel inferior).

Los resultados fueron estadísticamente robustos considerando que el coeficiente de correlación entre la orientación de la línea de costa observada y la modelada excedió 0.75 en ambos sitios de estudio. En general, las rotaciones de la costa en sentido horario y antihorario han sido satisfactoriamente representadas, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España bajo la subvención BIA2017-89491-R Proyecto Beach-Art.

Referencias

Jaramillo, C., González, M., Medina, R., Turki, I., 2021. An equilibrium-based shoreline rotation model. Coast. Eng. 163, 103789.





SWAN-VEG: una nueva herramienta numérica para cuantificar la atenuación del oleaje en un campo de vegetación

Fernando López Arias^a, María Maza Fernández^a, Javier L. Lara^a v Iñigo J. Losada Rodrígueza

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain,

🔟 luis-fernando.lopez@alumnos.unican.es; 🔟 mazame@unican.es; 🔟 lopezjav@unican.es;

losadai@unican.es

1. Introducción

Algunos modelos numéricos como el modelo SWAN (Simulating Waves Nearshore), cuantifican la disipación de energía del oleaje inducida por campos de vegetacion a través de modelos empíricos. Actualmente, en el SWAN se usa la formulación propuesta por Mendez & Losada (2004) que incluye un coeficiente de arrastre (\tilde{C}_D), que debe ser calibrado en cada aplicación nueva. Con el objeto de salvar esta limitación del modelado, se pretende implementar la formulación de Maza et al. (2021), la cual, basada en la definición de biomasa aérea del campo de vegetación, es capaz de cuantificar la disipación de energía en ausencia de calibración.

2. Implementación y validación del modelo

La implementación de la formulación de Maza et al. (2021) en el SWAN, da lugar a la ecuación (1) que describe, para todas las frecuencias y direcciones del espectro, $E(\sigma, \theta)$, la disipación de energía del oleaje debido a la vegetación basada en la biomasa aérea.

$$S_{ds,veg} = \frac{3\sqrt{2}g^2}{\sqrt{8}E_{tot,0}\tilde{k}} \left(\frac{\tilde{k}}{\tilde{\sigma}}\right)^3 \frac{\left(\sinh 2\tilde{k}h + 2\tilde{k}h\right)\sinh \tilde{k}h}{3\tilde{k}\cosh(\tilde{k}h)^3} (A \cdot HB + B)\sqrt{E_{tot}}E(\sigma,\theta)$$
 (1)

donde A y B son coeficientes que dependen de si se considera o no la fricción por fondo, HB es la *Hydraulic Biomass* (Maza et al. 2021), E_{tot} es la energía total del oleaje, \tilde{k} el número de onda medio, $\tilde{\sigma}$ la frecuencia angular media, h la profundidad, g la constante de gravedad y $E_{tot,0}$ la energía total de la ola incidente al campo de vegetación.

La validación del modelo se realiza utilizando medidas de atenuación de oleaje en laboratorio y en campo. En primer lugar, se utilizan los datos experimentales de Maza et al. (2021) obtenidos para cuatro especies de vegetación real, validando el modelo para veinticuatro condiciones hidrodinámicas y dos densidades de campo de vegetación, 100% y 50% de la densidad recogida en campo. Las especies ensayadas en el laboratorio fueron cuatro: Salicornia europaea, Juncus maritimus, Spartina maritima y Halimione portulacoides. La Figura 1.A muestra un ejemplo de los resultados obtenidos con la nueva implementación, frente a los datos experimentales, para Salicornia con 100% de densidad y para un oleaje irregular de $H_{m0} = 0.12$ m y $T_p = 2.4$ s, sobre un calado de 0.3 m. Se observa un buen ajuste donde el error cuadrático medio (RMSE) es de 0.0051m. Por otro lado, la validación del modelo se realiza con mediciones de oleaje en campo (Vuik et al., 2016, 2018) en Bath y Hellegat (Western Scheldt). En Bath, la especie de vegetación presente es Scirpus maritimus y en Hellegat, Spartina anglica. La Figura 1.B muestra los resultados numéricos obtenidos para Scirpus maritimus frente a las medidas en campo. En este caso, se incluye la variación espacial de biomasa a lo largo del perfil medida en campo. El buen desempeño de la formulación se evidencia con un valor RMSE de 0.014 m.

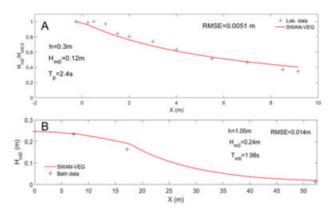


Fig. 1 Validación de los resultados de altura de ola de SWAN-VEG con mediciones de oleaje sobre un campo de marisma. (A) Salicornia europaea para oleaje irregular con una densidad del 100%, en laboratorio y (B) Scirpus maritimus en Bath.

3. Conclusiones

La nueva formulación implementada en SWAN permite obtener de forma predictiva la atenuación de oleaje a través de un campo de vegetación. El modelo ha sido validado para seis especies distintas con características mecánicas y geométricas altamente diferenciadas.

Referencias

Maza, M., Lara, J. L., Losada, I. J. (2021). The standing biomass of saltmarshes as a key variable for estimating their wave energy damping capacity, EGU General Assembly 2021, EGU21-7114.

Mendez, F.J., Losada, I.J. (2004). An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields. Coast. Eng. 51, 103–118.

Vuik, V., Jonkman, S.N., Borsje, B.W., Suzuki, T. (2016). Nature-based flood protection: The efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes. Coast. Eng. 116, 42– 56.

Vuik, V., Suh Heo, H.Y., Zhu, Z., Borsje, B.W., Jonkman, S.N. (2018). Stem breakage of salt marsh vegetation under wave forcing: A field and model study. Estuar. Coast. Shelf Sci. 200, 41–58.





Cambio climático. Escenario científico o encrucijada política

Nerea Portillo Juan^a, Vicente Negro Valdecantos^b y José María del Campo Yagüe^c

^a ECOREL, Departamento de Hidráulica, Energía y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Madrid. Campus Ciudad Universitaria. Calle del Profesor Aranguren 3. 28040. Madrid. Spain 🧓. nportillojuan@gmail.com; b(b) vicente.negro@upm.es) v (b) josemaria.delcampo@upm.es).

1. Introducción

El cambio climático es un hecho, y aunque parezca que es un problema que ha surgido en las últimas décadas, la realidad es que el hombre ha estado alterando el planeta desde el primer momento de su creación, desde hace 200.000 años. Antes incluso de la revolución agrícola, el hombre ya causó la extinción de 23 de las 24 grandes especies que habitaban en Australia. Sin embargo, es a partir de la revolución industrial cuando la emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se han multiplicado a ritmos nunca vistos y es ahora cuando disponemos del conocimiento y tecnología suficiente para analizar qué es lo que realmente está pasando.

El incremento de las emisiones está provocando un sobreefecto invernadero que es el causante del aumento de las temperaturas globales. Para estudiar el cambio climático, el primer paso es analizar su causa, las emisiones de GEI. Sin embargo, este análisis se puede desarrollar atendiendo a diferentes variables (emisiones totales, per cápita, por PIB, etc.) lo que cambia totalmente los resultados finales y su interpretación. La elección de la variable climática a analizar es un tema de controversia que ha impedido el alcance de acuerdos internacionales, como se ha podido ver recientemente durante la COP26. Es por ello que en el presente documento se propone un nuevo parámetro, CE₂N, que unifica todas las variables climáticas y criterios utilizados hasta el momento, con el objetivo de facilitar la llegada a acuerdos y compromisos internacionales y el análisis de las estadísticas ambientales.

2. Resultados y discusión

China es el país que más gases de efecto invernadero emite, pero también es el país con más habitantes y el segundo, detrás de Estados Unidos, con mayor PIB del mundo. Si se juzgan las políticas ambientales por la cantidad de gases emitidos a la atmósfera, China es el país más contaminante. Sin embargo, si en vez de analizar las emisiones totales se analizan las emisiones por habitante o por PIB, países como Palaos o Curação aparecen como los más contaminantes; países que en un primer momento no parece que tengan políticas poco sostenibles. En la siguiente tabla (Tabla 1) se presentan los cinco países más contaminantes y su posición relativa en las estadísticas de emisiones por habitante y por PIB de 2019 (La posición 1 sería el país peor posicionado, con mayores emisiones por habitante o por PIB).

País	Posición relativa en t CO ₂ / capita/año 2019	Posición relativa en t CO ₂ / kUSD/año2019
China	42	18
Estados Unidos	16	60
India	124	32
Rusia	22	24
Japón	33	68

Tabla 1. Posición relativa de los 5 países más contaminantes en las estadísticas de emisiones por habitante v por PIB en 2019. Fuente: Crippa et al. (2020)

Con el fin de evitar estas variabilidad de resultados que atienden a la variable climática analizada, se ha propuesto el parámetro CE₂N que unifica las tres variables principales. Estas se han normalizado y ponderado dando un peso del 70 % a las emisiones totales y un 15 % a las emisiones por habitante y por GDP, obteniendo la siguiente fórmula (*Fórmula 1*).

$$CO_2N = 0.05CO_2 + 0.15CO_2 per cápita + 3.5 CO_2/kUSD$$
 (1)

En la *Tabla 2* se presenta el valor de CE₂N de los cinco países con más emisiones.

País	CE ₂ N
China	579.77045
Estados Unidos	258.5589
India	131.4827
Rusia	93.05085
Japón	59.8236

Tabla 2. Valores de CE₂N de los 5 países más contaminantes

Es importante señalar que esta fórmula se puede adaptar a la ponderación de las variables que el lector quiera con un simple ajuste proporcional.

3. Conclusiones

El nuevo parámetro propuesto, CE₂N, permite unificar los criterios climáticos utilizados hasta el momento. Al aglomerar las tres variables climáticas principales, la implantación de CE₂N en los modelos técnicos de emisiones permite simplificarlos y acercarlos al usuario. Además, CE₂N, no solo tiene beneficios para la comunidad científica, también los tiene para la sociedad y dirigentes políticos. CE2N pondera los tres valores que rigen las políticas ambientales mundiales, unificando todos los criterios previos y acabando con la discusión de qué variable debería regir los acuerdos internacionales.





Reducción de la huella ecológica en diseños existentes:IGY Málaga v Cala Rajada, Mallorca

Jorge Gutiérrez Martíneza, Paolo Tedonea, Alvar Trabazosa,

^aECOncrete Tech, ^[D] jorge@econcretetech.com, paolo@econcretetech.com, alvar@econcretetech.com

1. Introducción

Aproximadamente el 70% de las infraestructuras costero-marítimas (ICM) están basadas en el hormigón. El hormigón es conocido por ser un sustrato pobre para la proliferación de la flora y fauna marina. En general, debido a la carencia de alternativas al hormigón tradicional, las ICM se diseñan con poca o ninguna consideración ecológica, generando una gran huella ecológica. El reemplazo de hábitats naturales por infraestructuras basadas en el hormigón crea "zonas de sacrificio" que destruyen el medioambiente marino.

La tecnología de ECOncrete aborda este problema. Una tecnología basada en la ciencia diseñada para fomentar la generación de ecosistemas marinos como parte integral de las propias infraestructuras, cumpliendo con todos los estándares de la construcción.

Esta solución ha sido instalada en más de 40 localizaciones en el mundo, mostrando un incremento significativo de la biodiversidad (doble), de la riqueza de especies (doble), aumento del ratio especies nativas vs especies invasivas (3:1) y aumento de la calidad del agua, además de suponer un sumidero natural de Carbono debido a las especies que proliferan y colonizan el sustrato, mientras que mantiene o mejora la capacidad estructural del hormigón y aumenta su durabilidad.

Esta tecnología ha sido aplicada recientemente en diseños existentes y en estructuras que forman parte integral y necesaria en dos proyectos en el Mediterráneo español: en la Marina de Megayates de Island Global Yachting (IGY)-Ocean Capital Partners (OCP) en Málaga y en el puerto de Cala Rajada, en Capdepera, Mallorca.

2. Descripción de las aplicaciones

El proyecto de la construcción de la Marina de Megayates en Málaga incluye, entre otras estructuras, un dique vertical de 49m de largo por 6m de ancho formado por bloques de 8m³ hormigón en masa sobre una banqueta de escollera como medida de reducción de la agitación interior en la Marina. El consorcio IGY-OCP incluyó la integración de la tecnología de ECOncrete en el dique como medida de reducción de la huella ecológica de la infraestructura y para el fomento del desarrollo de hábitats marinos en la propia Marina. Esta integración se realizó en la totalidad de dos hileras de bloques del dique vertical sin cambiar el diseño de la mezcla del hormigón (exceptuando la inclusión del ECOaditivo en la mezcla) y sin cambiar los procesos de producción, manipulación, acopio y posterior colocación de los bloques por parte de la empresa contratista, Ferrovial.



Figura 1. Producción y manipulación de los bloques de dique con tecnología ECOncrete

El proyecto de construcción de Cala Rajada, diseñado por Marciglob, incluyó en su redacción el uso de hormigón ecológico biopotenciador en la producción de los bloques de refuerzo del manto de protección del talud de refuerzo del dique vertical del puerto como medida compensatoria a la presencia de de praderas de Posidonia Oceánica sobre sustrato rocoso, a las comunidades bentónicas y a la alteración de los recursos pesqueros y marisqueros.



Figura 2. Ejemplos de bloques tipo Antifer de hormigón estándar (izda.) y con tecnología ECOncrete (dcha.) tras 24 meses en el Mediterráneo.

En la oferta variante adjudicada a Melchor Mascaró, en la que colabora activamente Construcciones Rubau S.A. en calidad de asesoramiento técnico, el manto de protección incluye una sección de dique con manto monocapa con Accropod II de 6m³ y otra sección con bloques cúbicos de 12.5m³. En todas piezas situadas en las zonas sumergidas e intermareales del manto de protección se integra la tecnología de ECOncrete.

Estos proyectos constituyen ejemplos del impacto positivo para la vida marina que tiene la sencilla integración de principios ecológicos en las infraestructuras marítimas, convirtiendo las propias estructuras en soporte de la vida marina.





Análisis básico de la evolución del oleaje en la Comunidad Valenciana desde 1958 hasta 2020

José Ignacio Pagán Conesa^a, Pablo Ortiz García^b v Isabel López Úbeda^c

^aDepartamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, [0], jipagan@ua.es; ^bDepartamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, p., pog11@alu.ua.es; Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, 厄, lopez.ubeda@ua.es..

1. Introducción

Los grandes temporales con olas de gran energía son los que provocan, principalmente, los cambios morfológicos en la zona próxima a la costa hasta la playa subaérea y, incluso, la zona dunar (Dubabier et al., 2015). Además, una fuerte tormenta o el impacto acumulativo de una serie de tormentas puede causar la grave erosión de las playas y dunas (Masselink, et al., 2016). Desde 1970 se ha detectado un aumento general de la energía del oleaje en muchas regiones de todo el mundo mediante la observación directa y los modelos de hindcast (Young et al., 2011). Esa tendencia ascendente de la altura media del oleaje dará lugar inevitablemente a un aumento de los peligros y la vulnerabilidad de las costas (Castelle et al., 2018). Por ello, este estudio analiza el incremento de la altura de ola máxima (H_{max}), la altura de ola superada el 10% del tiempo (H_{P90}) y la altura de ola superada el 50% del tiempo (H_{P50}) desde 1958 hasta la actualidad (2020) en la zona del Mediterráneo próxima a la costa de la Comunidad Valenciana (España).

Para ello se han analizado de los 170 puntos SIMAR situados frente a la costa de la Comunidad Valenciana (Figura 1). Estos datos fueron solicitados a Puertos del Estado (www.puertos.es) y los ficheros proporcionados continen los datos horarios del oleaje desde 01/01/1958 hasta 31/12/2020. A partir de las diferentes alturas de ola calculadas (H_{max} , H_{p90} y H_{P50}) se analiza la tendencia de los datos mediante ajuste lieal (Figura 1a y b), obteniéndose la ecuación y coeficiente de ajuste de Pearson (r). Una vez obtenida la curva de ajuste se obtiene el incremento de cada una de las alturas como la diferencia entre el valor obtenido (con la ecuación de la curva de ajuste) para 1958 y 2020. Finalmente, con el incremento de altura de ola en cada uno de los puntos SIMAR se generan mapas de incremento (anuales, de invierno, de primavera, de verano y de otoño) interpolando los datos mediante la extensión Vecino natual del software ArcGIS.

El análisis de las alturas de ola de 170 puntos SIMAR desde 1958 hasta 2020 muestra un importante incremento de la altura de ola principalmente en aguas profundas y la zona frente a la costa de Denia (Alicante). La altura de ola máxima muestra incrementos anuales de hasta 1.40 m (Figura 1c). También se observa que los incrementos de la altura de ola se producen sobretodo durante los meses de invierno y otoño, con una mayor estabilidad e incluso descenso de la altura de ola en los meses de primavera y verano. Por último, se observa que el incremento del oleaje se produce principalmente desde 2006. Dados los resultados, y la importancia que el incremento de la energía del oleaje tiene sobre la costa y las posibles consecuencias se debe estudiar más en detalle esta tendencia observada.

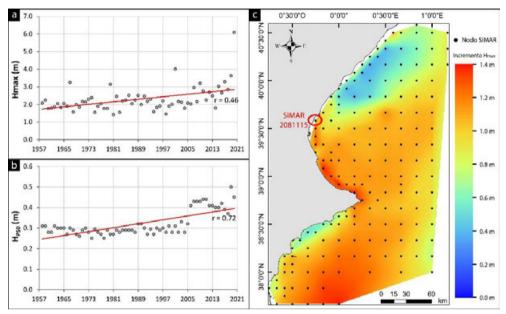


Fig. 1. a) H_{max} en el SIMAR 2081115. b) H_{P50} en el SIMAR 2081115. c) Ubicación de los puntos SIMAR utilizados sobre el mapa interpolación anual para H_{max} .

Referencias

CASTELLE, B., DODET, G., MASSELINK, G., y SCOTT, T. (2018). "Increased wintermean wave height, variability, and periodicity in the northeast Atlantic over 1949–2017" en Geophysical Research Letters, 45, 3586–3596.

DUBARBIER, B., CASTELLE, B., MARIEU, V., y RUESSINK, G. (2015). "Process-based modeling of cross-shore sandbar behavior" en Coastal Engineering, 95, 35–50.

MASSELINK, G., SCOTT, T., POATE, T., RUSSELL, P., DAVIDSON, M., y CONLEY, D. (2016). "The extreme 2013/2014 winter storms: Hydrodynamic forcing and coastal response along the southwest coast of England" en Earth Surface Processes and Landforms, 41(3), 378–391.

YOUNG, I.R., ZIEGER, S., y BABANIN, A.V. (2011). "Global trends in wind speed and wave height" en Science, 332(6028), 451-455.





La complejidad del clima marítimo del oleaje en las costas del archipiélago de Canarias

Héctor Lobeto^a, Melisa Menéndez^a, María Suárez^a, Adrián Acevedo^a, Ottavio Mazzarettoa y Marta Ramíreza.

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain, lobetoh@unican.es

1. Introducción

El oleaje juega un papel fundamental en la ingeniería costera y portuaria. La energía que transporta esculpe la costa mediante su erosión y el transporte del sedimento, contribuye a generar eventos de inundación con un alto poder destructivo y agita las dársenas portuarias alterando su normal actividad. El diseño ingenieril requiere, por tanto, una correcta caracterización del clima marítimo del oleaje. Normalmente, éste se representa a través de los parámetros agregados del estado de mar, siendo la altura de ola significante el más utilizado. Otros parámetros agregados, como el periodo medio y de pico o la dirección media, son también de uso común en el campo de la ingeniería costera. Sin embargo, el oleaje es el resultado de la superposición de múltiples ondas caracterizadas por diferentes alturas, periodos y direcciones, siendo esta información de forma completa únicamente recogida por el espectro de energía de frecuencias y direcciones del oleaje.

Este estudio analiza el clima marítimo del oleaje en las Islas Canarias, que presenta una complejidad particular, principalmente debido a su situación geográfica tropical, haciéndole susceptible de recibir oleajes de fondo (swells) procedentes tanto del Atlántico Norte como del Atlántico Sur. Además, los persistentes vientos Alisios pueden dar lugar a oleajes de viento importantes.

2. Bases de datos utilizadas

Este análisis se ha llevado cabo mediante el uso de datos instrumentales y de datos procedentes de simulación numérica. Los datos instrumentales utilizados proceden de las boyas de Puertos del Estado. Las bases de datos procedentes de modelos numéricos son productos hindcast que cubren periodos históricos de varias décadas. Se han evaluado tanto los datos procedentes de hindcast globales (i.e. datos GOW) como productos regionalizados específicos para el archipiélago, los cuales alcanzan resoluciones menores a 1km en la zona costera. Se hace uso de parámetros agregados y de información espectral completa.

3. Resultados y discusión

La costa canaria presenta un oleaje multimodal resaltable, particularmente en las regiones sureste de las islas, dónde se han caracterizado 3 familias de oleaje (figura 1, espectro al SE de Tenerife). Las familias de oleaje que llegan a cada localización costera estarán condicionadas por la ubicación de esta dentro del archipiélago, actuando las propias islas como obstáculo para alguna de ellas. La latitud de las islas hace que todas ellas se vean afectadas por un rasgo común, la presencia de los vientos Alisios y, por ende, los oleajes que estos generan. Estos oleajes llegan a la costa fundamentalmente como mares de viento, propagándose principalmente desde el noreste. La vertiente norte de las islas está afectada fundamentalmente por oleajes generados por tormentas extra-tropicales en el Atlántico Norte, los cuales alcanzan la costa propagándose desde el norte y noroeste. La vertiente sur. en cambio, se encuentra expuesta a recibir swells de largo periodo procedentes del Atlántico sur, principalmente durante el invierno austral, y muy protegida frente a los swells procedentes del norte. Finalmente, las zonas entre islas son zonas complejas en las que su geometría juega un papel muy importante, filtrando mucho las direcciones del oleaje y, por tanto, protegiendo algunos tramos de costa frente a ciertas familias. Así mismo, los cambios en la intensidad y magnitud de los vientos provocados por el relieve insular antes indicado, generan la aparición de sistemas de oleaje complejos en estas zonas.

La confluencia en un mismo estado de mar de varias familias de oleaje con una cantidad notable de energía hace que la información simplificada y promediada aportada por los parámetros agregados, especialmente los periodos y dirección medios, no indiquen adecuadamente las condiciones reales del oleaje. La consideración de estos parámetros en el diseño ingenieril en ciertas zonas de la costa canaria deberá hacerse con extremo cuidado, ya que podrían estar enmascarando la llegada de forma simultánea de olas importantes de distintas direcciones y periodos. Para solventarlo, es necesario utilizar información de oleaje más compleja que tenga en cuenta la multimodalidad del oleaje, es decir, información espectral.

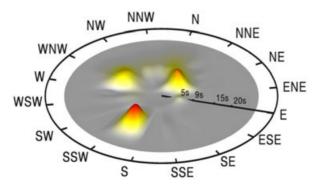


Fig. 1 Espectro promediado (1985-2005) en el punto de coordenadas 27.75°N-16.25°W



(Stop-motion **Hybrid** TC-induced **SHyTCWaves** Waves): metamodelo híbrido para estimar campos espacio-temporales de espectros direccionales producido por ciclones tropicales

Sara O. van Vloten, Nicolás Ripoll, Laura Cagigal, Ana Rueda, Beatriz Pérez-Díaz, Fernando J. Méndez

Grupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria sara.ovanvloten@unican.es

1. Introducción

El oleaje producido por un ciclón tropical (CT) puede ser estimado con el uso de modelos numéricos, ejecutando simulaciones no estacionarias con el forzamiento de campos de viento. Sin embargo, las simulaciones puramente dinámicas requieren un coste computacional significativo al trabajar con dominios a escala regional y resoluciones temporales de cálculo suficientemente grandes para caracterizar los procesos físicos. Esta limitación de tiempo de cálculo resulta especialmente restrictiva cuando se requiere simular un gran número de eventos. El objetivo de la metodología propuesta es obtener una herramienta capaz de estimar la variabilidad espacio-temporal de espectros direccionales producidos por CTs a escala regional, utilizando un planteamiento híbrido y el uso de técnicas estadísticas que permita reducir el tiempo de cálculo y los recursos de computación.

2. Metodología y aplicación

SHyTCWaves es un metamodelo que proporciona estimaciones del espectro de oleaje direccional producido por CTs, lo cual puede emplearse como condición de contorno para modelos de zonas costeras a escala local, además de agilizar considerablemente los sistemas de predicción y alerta por CT. A continuación se describen brevemente los principales bloques que constituyen la metodología; en primer lugar se genera una librería de casos preejecutados (pasos 1, 2, 3) y posteriormente se aplica la metodología (pasos 1 y 4):

- 1. Parametrización de las trazas: la traza de un CT se divide en segmentos de 6 horas. parametrizados en función de 10 variables exploradas de la base de datos de CTs históricos a nivel global de IBTrACS para caracterizar la casuística de segmentos, incluyendo variaciones temporales de los segmentos precedentes.
- Selección: se aplica el algoritmo de máxima disimilitud para seleccionar un subconjunto de trazas de CT históricos y sintéticos previamente parametrizados en segmentos, que sean representativos de la variabilididad del espacio paramétrico.

- Modelación numérica: se realizan simulaciones no estacionarias del modelo de oleaje SWAN forzado con campos de vientos dinámicos, parametrizados según el modelo de vórtice de Holland modificado (Fleming et al. 2008).
- Aplicación: dada una traza parametrizada según el paso 1, se obtienen los segmentos análogos de la librería SHyTCWaves y se utilizan las preejecuciones asociadas para reconstruir el espectro de oleaje direccional en los puntos objetivo, con las contribuciones de los segmentos individuales.

La Figura 1 ilustra los resultados de la aplicación para el CT Ofa de 1990 (fila inferior), y la comparativa con la máxima altura de ola significante del periodo de simulación dinámica forzada con campos de vientos parametrizados (fila superior).

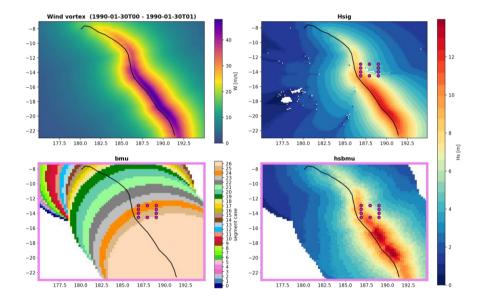


Fig. 1 Aplicación de la metodología SHvTCWaves.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

AR agradece la financiación de la beca Juan de la Cierva Incorporación IJC2020-043907-I MCIN/AEI / 10.13039/501100011033 y de la Unión Europea "NextGenerationEU"/PRTR

Referencias

Fleming, J., Fulcher, C., Luettich, R., Estrade, B., Allen, G. & Winer, H. (2008). A real time storm surge forecasting system using ADCIRC. ttps://doi.org/10.1061/40990(324)48





Preparación ante tsunamis a nivel municipal en España: mapas de evacuación como parte del programa Tsunami Ready en Chipiona.

Ignacio Aguirre Averbe^{al}, Íñigo Aniel-Ouiroga Zorilla^{a2}, Ernesto Mauricio Gonzalez Rodriguez^{a3}, Sergio Padilla-Álvarez^{a4}, Jorge Macías^{b1} y Carlos Sánchez-Linares^{b2}

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, Spain.

ignacio.aguirre@unican.es , inigo.anielquiroga@unican.es , mauricio.gonzalez@unican.es v padillas@unican.es , imacias@uma.es , csl@uma.es

1. Introducción

Dada la cercanía de la costa española a zonas sísmicas con capacidad para generar tsunamis, principalmente en la zona suroeste de la península ibérica (Golfo de Cádiz) y en la costa de Argelia, resulta imprescindible una adecuada preparación que permita asegurar una respuesta eficaz en caso de un posible tsunami. Esto implica a las Administraciones Públicas a nivel estatal, de Comunidad Autónoma y municipal, incluyendo tomadores de decisiones y gestores de la emergencia, además de a toda la población en general que reside y vista las zonas potencialmente expuestas.

Uno de los elementos más importantes que conforman una estrategia adecuada para preparar a las comunidades ante posibles tsunamis, es el desarrollo de planes y mapas de evacuación, junto con sistemas de alerta fiables para difundir, cuando sea necesario, la alerta a la población.

Estos elementos, unidos a una sensibilización y preparación adecuada de la población, son también el eje vertebrador del programa de reconocimiento internacional de IOC-UNESCO Tsunami Ready, cuyo objetivo es, precisamente, construir comunidades resilientes frente a tsunamis a través de diversas estrategias de preparación y concienciación.

En este contexto, este póster presenta el trabajo desarrollado en el municipio de Chipiona, especialmente en lo referido a la elaboración de mapas de evacuación por tsunami y a la sensibilización, tanto de los responsables y gestores de la emergencia, como de la población en general. Este es un paso inicial y fundamental en el camino iniciado hacia la obtención del reconocimiento del programa Tsunami Ready, de forma que Chipiona se convierta en un municipio mejor preparado ante un possible tsunami y sirva de ejemplo a otros municipios españoles y europeos en este camino.

2. Metodologia

Los mapas de evacuación se han desarrollado aplicando una metodología que permite analizar diversos aspectos relacionados con la planificación de la evacuación ante maremotos, incluyendo:

^b Grupo Edanya. Universidad de Málaga.

- una fase de análisis preliminar, con el objeto de tener un diagnóstico completo inicial en cuanto a la gestión de la emergencia y de la evacuación por maremotos. Esta fase incluye el análisis de la inundación por tsunami, elaborada por IHCantabria en colaboración con la Universidad de Málaga.
- La fase de modelización, incluyendo (a) la aplicación de un modelo LCD (Least Cost Distance) basado en un sistema de información geográfico, cuyo objetivo final es calcular la ruta de evacuación óptima (menos costosa) desde una zona peligrosa, hasta un punto no inundado. Y (b) la generación de mapas preliminaries de evacuación, considerando aspectos formales y de comunicación para obtener mapas, cartográficamente correctos, sencillos y comprensibles por la población en general, además de adecuados para la gestión de la emergencia por maremoto.
- Una fase de participación, incluyendo procesos de consulta y validación. La participación e implicación de la población, gestores y tomadores de decisiones a nivel local es una pieza fundamental en el desarrollo de este trabajo, clave para el éxito de la implementación y aplicación real del mismo.

3. Resultado

El principal resultado obtenido son los mapas de evacuación ante maremotos en el municipio de Chipiona, elaborados según la metodología y proceso descritos anteriormente. En ellos se incluye, además de una cartografía base adaptada a las necesidades del proyecto, la identificación de los puntos de reunión, las rutas óptimas para alcanzar los puntos de reunión desde diversos puntos de origen repartidos por todo el municipio, y los tiempos estimados para recorrer las rutas, considerando, de forma preventiva, una velocidad de desplazamiento a pie relativamente lenta, asociada a una persona mayor lenta.



Figura 1. Izquierda: ejemplo explicativo del mapa preliminar de evacuación ante maremoto en Chipiona. Derecha: ejemplo de folletos elaborados para una mayor diffusion de los mapas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación del Gobierno de Cantabria a través del programa Fénix.



Sistema de Predicción de Inundación Costera debido a Ciclones **Tropicales**

Beatriz Pérez-Díaz^a, Laura Cagigal^b, Sara O. van Vloten^c, Alba Cid^d, Sonia Castanedo^c, Fernando J. Méndez^f

a,b,c,d,e,f Grupo de Ingeniería Geomática y Oceanográfica, Universidad de Cantabria,

^a perezdb@unican.es; ^b cagigall@unican.es; ^c sara.ovanvloten@unican.es; ^d cida@unican.es; e castanedos@unican.es: f mendezf@unican.es:

1. Introducción

Los ciclones tropicales originan frecuentemente eventos extremos de inundación causando importantes pérdidas, especialmente en aquellos litorales vulnerables en los que la población se concentra en cotas muy bajas, como es el caso de las naciones insulares del Pacífico. Es en estas zonas donde se evidencia la necesidad de disponer de sistemas de predicción de inundación ante alertas de ciclones, por un lado, capaces de considerar y predecir la complejidad de los procesos costeros ocurrentes bajo estas situaciones meteorológicas extremas y por otro, adaptados a limitados recursos computacionales. El sistema de predicción que se presenta a continuación, permite una predicción probabilística rápida y robusta del riesgo de inundación a escala local mediante la integración de diferentes subsistemas híbridos basados en técnicas numéricas y estadísticas avanzadas. Se presenta su aplicación en las islas principales de los estados de Tonga y Samoa localizados en el Pacífico Sur, las cuales son habitualmente alcanzadas por ciclones tropicales.

2. Metodología v aplicación

La metodología se basa en la integración de diferentes módulos (véase la Figura 1) vinculados para proporcionar previsión probabilística del Nivel del Mar en la costa (Total Water Level, TWL) originado por un ciclón tropical a escala local. Cabe señalar que estos niveles totales de agua son calculados mediante la suma lineal de las diferentes contribuciones de la marea astronómica, la marea meteorológica y el set-up del oleaje generado, que se ha asumido como el 30% de la altura de ola significante local. A continuación, se identifica cada uno de los módulos que intervienen en la metodología.

Automatización de la descarga de la previsión de las posibles trayectorias del ciclón tropical proporcionadas por distintas agencias a través del centro JWTC (https://www.metoc.navv.mil/jtwc/jtwc.html).

- Generación de los campos espaciales y temporales del viento y de los espectros direccionales del oleaje a escala regional para cada previsión de trayectoria (sistema híbrido de generación de oleaje por ciclones tropicales, SHvTCWaves).
- Generación de los campos espaciales y temporales de los espectros direccionales del oleaje a escala local para cada previsión de trayectoria, mediante un sistema de agregación de energía espectral (Cagigal et al., 2021) y un sistema híbrido de downscalling de oleaje (BinWaves).
- Generación de los campos espaciales y temporales de los niveles de marea meteorológica, teniendo en cuenta tanto el efecto de barómetro inverso como el setup de viento, de gran importancia en zonas de poca profundidad (sistema híbrido de downscaling de marea meteorológica, GreenSurge).
- 5. Generación de los campos espaciales y temporales de los niveles de marea astronómicas basados en TPX09 (Egbert and Erofeeva, 2002)
- Integración de los sistemas BinWaves, GreenSurge y TPX09 para proporcionar una previsión probabilística de TWL en función del tiempo.
- 7. Generación de mapas de inundación a partir de la previsión de TWL, mediante un sistema híbrido que combina simulaciones numéricas con técnicas estadísticas.

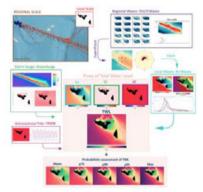


Fig. 1 Esquema de la metodología del sistema de inundación

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del proyecto Beach4Cast PID2019-107053RB-I00 concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Referencias

Cagigal, L., Rueda, A., Ricondo, A., Pérez, J., Ripoll, N., Coco, G., & Méndez, F. J. (2021). Climate-based emulator of distant swell trains and local seas approaching a Pacific atoll. Geophysical Journal of Research: Oceans. 126. e2020JC016919. doi.org/10.1029/2020JC016919

Egbert, Gary D., and Svetlana Y. Erofeeva (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 19.2 (2002): 183-204.





Diseño y testeo de un aparato de medición multiparamétrico tridimensional en zonas acuáticas someras

Jagoba Lupiola Chamorro^a, Javier F. Bárcena Gómez^b, Javier García Alba^c v Andrés García Gómezd

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, D. jagoba, lupiola@alumnos, unican, es: bHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, D, barcenajf@unican.es; eHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, (b), garciajav@unican.es;. dIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. , garciagan@unican.es.

Los estuarios y zonas acúaticas someras, ecosistemas ricos en biodiversidad (Valle-Levinson, 2010), registran múltiples y complejos procesos físicos de mezcla debido a la interconexión de aguas dulces y saladas (Geyer et al. 2008). En este estudio se presenta un dispositivo multiparamétrico de medición oceanográfica denominado PALITROQUE, diseñado específicamente para la medida de los perfiles tridimensionales hidrodinámicos completos en zonas acuáticas someras(< 10 m de profundidad).

El desarrollo de PALITROQUE ha conllevado el diseño de un soporte innovador de medición sobre el que es posible situar múltiples sensores a diferentes profundidades capaces de realizar mediciones continuas de parámetros tan diversos como la presión (y por deferencia cota del nivel de la columna de agua), salinidad, temperatura, velocidad de la corriente y concentración de sólidos en suspensión, así como un sistema de emisión de los datos en continuo. En este sentido, cabe destacar que este sistema se basa en sensores "low-cost" que permiten reducir los costes frente a otros sistemas comerciales, aumentando la escalabilidad de aplicación de PALITROQUE, así como demostrar, dado que son desarrollados con metodologías "homemade", su alta capacidad de configuración y aplicabilidad a entornos que necesiten alguna tipología de medida concreta.

El diseño de este aparato se ha complementado con la campaña de campo para su testeo en medio real realizada desde el 22/12/2021 al 31/03/2021 en el estuario de Suances (España), con el fin de comprobar su utilidad y fiabilidad. Los datos obtenidos de la campaña de campo fueron: (1) Datos de Presión, temperatura y velocidad del ADCP, (2) Datos de nivel, temperatura y salinidad de sensores "low-cost" y (3) Datos inferidos de sólidos en suspensión. Los resultados obtenidos de la campaña fueron satisfactorios, obteniéndose información de detalle para el análisis de la estratificación y el transporte de sustancias en zonas acuáticas someras. Por tanto, el empleo del PALITROQUE revisado en próximas pruebas de campo puede facilitar la compresión de la hidrodinamica estuarina y portuaria en tiempo real, así como permitir un conocimiento en tiempo real de la calidad del agua mediante el emplazamiento de nuevos sensores, ayudando a la gestión de estos entornos.

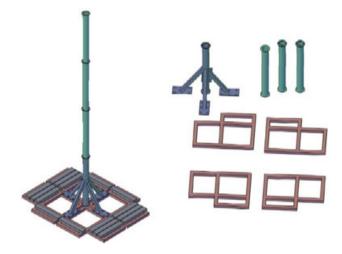


Fig. 1 Esquema conceptual del Palitroque. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 2 Campaña de campo. Fuente: Elaboración propia.

Referencias

GEYER, W.R., SCULLY, M.E. & RALSTON, D.K. (2008). "Quantifying vertical mixing in estuaries" en Environmental Fluid Mechanics 8, p. 495-509.

VALLE-LEVINSON, A. (2010). Contemporary Issuses in Estuarine Physics. Cambridge: Cambridge University Press.





Modelado numérico de la dispersión y acumulación de basura flotante en zonas costeras de la ciudad de Barcelona

Ivan Hernandez a, Manuel Espino Infantes b, Jose Maria Alsina Torrent c, Agustín Sánchez-Arcilla Conejo d

^a Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya (LIM, UPC), , ivan.hernandez1@upc.edu; b LIM, UPC, b, manuel.espino@upc.edu; c LIM, UPC, b, jose.alsina@upc.edu; d LIM, UPC, D, agustin.arcilla@upc.edu

1. Introducción

Según estimaciones recientes, entran anualmente unos 5 millones de toneladas de basura plástica en los océanos desde tierra, generando un gran impacto ecológico, social, y económico. Estudios recientes han encontrado que las concentraciones de plástico en las aguas costeras alrededor de Barcelona son comparables a la media de las zonas más contaminadas como pueden ser los giros del Pacífico y del Atlántico. Los mecanismos de acumulación y transporte en aguas costeras son en gran parte desconocidos. El seguimiento de la dispersión de residuos en aguas costeras y continentales cercanas al litoral mediante modelos numéricos es complejo debido a la complejidad de la geometría y procesos hidrodinámicos, y a la influencia de los procesos costeros en el transporte de plásticos.

2. LOCATE modelo numérico para la dispersión de basura flotante en zonas costeras

El proyecto LOCATE tiene como objetivo poder predecir el movimiento y acumulación de plásticos en zonas costeras acoplando datos eulerianos de hidrodinámica y simulaciones lagrangianas de partículas de basura, por tanto utilizando dos submodelos que requieren configuración y optimización para obtener predicciones óptimas de dispersión de plásticos. Usando mallas del dominio de cálculo anidadas con una resolución espacial variable cubriendo grandes áreas de la plataforma continental con resoluciones espaciales menores, anidadas a mallas más pequeñas de resolución superior al aproximarnos a la zona de costa de interés, se puede resolver procesos costeros con una precisión adecuada. Los datos hidrodinámicos se obtienen de productos del servicio de monitorización del ambiente marino de Copernicus (CMEMS), mientras que las simulaciones costeras se obtienen usando el sistema de código abierto de modelado regional acoplado de COAWST. El submódulo lagrangiano utiliza el modelo de código abierto de OceanParcels. Para este estudio los datos eulerianos de hidrodinámica se obtienen por el conjunto de datos del Atlántico-Vizcaya-Irlanda (IBI) de CMEMS, y los datos hidrodinámicos costeros y portuarios a través del sistema de modelado desarrollado en el marco del proyecto SAMOA por el LIM-UPC en colaboración con Puertos del Estado. Los procesos de difusión están definidos por el desplazamiento estocástico de posiciones de partículas como una función de difusividad local de corrientes de Foucault y la evolución temporal de la trayectoria (advección) cuya resolución utiliza un sistema de Runge-Kutta del 4º orden (van Sebille, et al., 2018). Una de las facetas más importantes de LOCATE es la cuantificación de beaching de partículas, incorporando un módulo que detecta la demarcación del límite terrestre y marino, retirando las partículas que cruzan este límite y guardando sus datos temporales y posicionales.

El modelo LOCATE puede ser utilizado en conjunto con datos de limpieza de playa y entrada en el ámbito marino para identificar rutas de transporte entre zonas costeras, crear mapas de puntos clave de acumulación y zonas de riesgo, evaluar fluctuaciones en la distribución de plásticos y ayudar con planes de reducción de basura al definir datos de base específicos y objetivos para diferentes categorías de basura. Utilizando observaciones, las simulaciones retrospectivas con LOCATE (Fig. 1) pueden inferir información sobre posibles fuentes de basura, como por ejemplo ríos u otras vías fluviales o marítimas, permitiendo la derivación de correlaciones con otras variables como el régimen de lluvias y descargas fluviales.



Fig. 1 Gráfico de simulaciones de LOCATE de concentración de partículas comenzando el 1 de mayo 2017, con mediciones entre mayo y junio 2017.

Se presentarán resultados preliminares obtenidos de los ríos Besòs y Llobregat en conjunto con datos de limpieza de playa proporcionados por la Autoridad Metropolitana de Barcelona (AMB) y simulaciones numéricas, para comparar y contrastar el modelo con el muestreo de datos de basura marina. El objetivo principal de este sistema y modelo es ser exportable y ajustable a otras regiones costeras.

Referencias

VAN SEBILLE, E. et al. (2018). Lagrangian ocean analysis: Fundamentals and practices. Ocean Model. 121, 49–75. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.11.008





Resultados del proyecto SEALAB. Embarcación autónoma para toma de muestras de agua en ámbitos portuarios y dotada con labon-a-chip para determinar sustancias prioritarias en tiempo real

González Castromil, Miguel Ángela; Rodríguez, Eliab; Samaniego, Ricardoc

- ^a INDROPS LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CALIDAD MEDIOAMBIENTAL, S.L. (vía Marconi, 33 -15890 Santiago de Compostela, A Coruña, España) laboratorio@indrops.es,
- ^b INDRUSTRIAS FERRI, S.A. (A Pasaxe 81 36316 Gondomar, Pontevedra, España) eliarodriguez@ferri-sa.es
- ^c IMATIA INNOVATION, S.L. (Edificio CITEXVI, Fonte das Abelleiras, s/n Local 27 36310 Vigo, Pontevedra, España) ricardo.samaniego@imatia.com

1. Introducción

El Proyecto SEALAB ha sido desarrollado por el consorcio formado por las empresas IMATIA INNOVATION, INDUSTRIAS FERRI e INDROPS, contando con la colaboración de CETMAR e INL, consiguiendo desarrollar un nuevo servicio de monitorización de la calidad de las aguas en entornos portuarios.

La calidad de las aguas es uno de los pilares fundamentales en las políticas medioambientales a nivel global y en especial en la Unión Europea. Como consecuencia, existe una demanda creciente en servicios de control de la calidad de las aguas en las diferentes Administraciones Públicas, Autoridades Portuarias entre otras, para verificar el cumplimiento de los requisitos ambientales exigidos.

Para conseguir buenos resultados en los análisis en el laboratorio es fundamental realizar una correcta toma de muestras, por ello la sistematización de esta primera fase de la caracterización de las aguas es un paso importante para reducir el sesgo humano además de conseguir abaratar costes en los costosos procesos de muestreo.

La embarcación SEALAB se ha diseñado para realizar campañas de toma de muestras en ámbitos portuarios y aguas costeras a varias profundidades y de manera autónoma, preprogramando las ubicaciones de las estaciones de muestreo.

La embarcación se ha dotado de un laboratorio a bordo con el que se pueden medir, además de los perfiles en colomna de agua con una sonda multiparamétrica, diferentes SUSTANCIAS PRIORITARIAS [Atrazina, Diuron, Terbutrín y Benzo(a)pireno] para lo que se ha desarrollado un novedoso LAB-ON-A-CHIP basado en nanotecnología y microfluídica, con el que estos compuestos se analizan EN TIEMPO REAL y alcanzando los exigentes límites de cuantificación recogidos en la Directiva 2013/39/UE y el RD 817/2015.

La información recogida en el laboratorio SEALAB, se envía de forma inmediata a una plataforma de gestión de información facilitando la toma de decisiones al usuario final. El proyecto SEALAB aborda por primera vez la implementación de sensores para detección in-situ de sustancias prioritarias y su integración en un laboratorio portátil en una embarcación no tripulada de estas características.

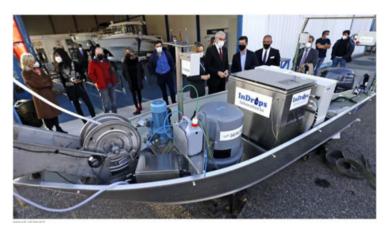


Figura 1. Presentación de la embarcación SEALAB.

Agradecimientos

Se agradece a GAIN (Axencia Galega de Innovación) y a los Fondos FEDER por facilitar la financiación para llevar a cabo el PROYECTO SEALAB.

Referencias

Legislación v normas (Leves, decretos...)

Europa. DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE, 22 de diciembre de 2000, núm. L327, p. 1-73

Europa. DIRECTIVA 2013/39/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 12 de agosto de 2013 por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas. DOCE, 24 de agosto de 2013, núm. L226, p. 1-17

España. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE, 12 de septiembre de 2015, núm. 219, p. 80582-80677





Tendidos de cables submarinos de fibra óptica en el Dominio Público Marítimo Terrestre. El caso del provecto MEDUSA y sus aterrajes en Tarifa y San Roque, en la provincia de Cádiz

Giada Trezzia, Francisco González Alcóna, Jurgi Areizaga Casaresa, Borja Martinez-Clavel Vallésa, Koldo Diez-Caballero Murua

^aTecnoambiente SLU.

1. Introducción

Los cables submarinos de fibra óptica son los medios de comunicación para la transmisión de grandes volúmenes de datos en Internet a alta velocidad entre diferentes continentes, países y zonas insulares.

El tendido de un cable de fibra óptica es una tipología de proyecto que no queda recogida en los Anexos I y II de la Ley 21/2013, de evaluación ambiental, y por tanto no está sometido a evaluación ambiental ordinaria o simplificada. No obstante, requiere la obtención del título de concesión de ocupación del DPMT, según lo indicado por el RD 876/2014 de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas. Para este propósito, es necesario presentar, junto con el proyecto básico, un análisis de los aspectos ambientales del proyecto, así como la evaluación del los efectos del cambio climático, un estudio de dinámica litoral y un estudio de la compatibilidad del proyecto con la Estrategia Marina de la Demarcación correspondiente.

El sistema de cables submarinos de fibra óptica MEDUSA conectará el Mediterráneo Oriental y Occidental con el Atlántico sur-oriental Europeo, ofreciendo un aumento notable de la conectividad entre los diferentes países involucrados. El sistema MEDUSA promovido por el operador de infraestructuras y telecomunicaciones AFR-IX Telecom, entrará en función en 2024, conectando Portugal, España, Francia, Italia, Marruecos y Argelia, conectando en 2025, también Túnez, Grecia y Egipto.



Fig. 1 Sistema de cables submarinos de fibra óptica MEDUSA.

El procedimiento se ha iniciado en el año 2021 para los aterrajes de al sur de Zahara de los Atunes, en Tarifa y Torreguadiaro, en San Roque, al objeto de salvar el Estrecho de Gibraltar aterrizando en las costas atlántica y mediterránea, respectivamente, de la provincia de Cádiz. El cable quederá conectado por via terrestre entre las dos localidades.

2. Ámbito de actuación

Se consideró el tendido del sistema de cables MEDUSA desde la arqueta de playa hasta el límite de las aguas territoriales en ambos los aterrajes, y hasta el límite de las demarcaciones marinas para el Informe de Compatibilidad con las Estrategias Marinas.

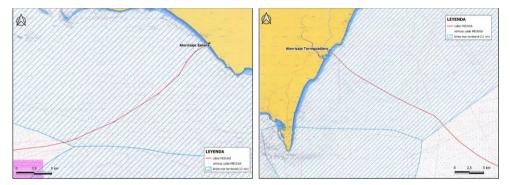


Fig. 2 Localización

3. Alcance de la actuación

Se presentará la gestión de permisología asociada a este tipo de proyectos, así como el alcance de los trabajos ambientales y de ingeniería marítima requeridos, considerando el caso del proyecto MEDUSA, que ha supuesto la recopilación de todo el material bibliográfico disponible para la caracterización ambiental del ámbito de estudio, así como la determinación de la vulnerabilidad del proyecto, de los efectos del cambio climático y de la dinámica litoral, con el fin de determinar las posibles interacciones del proyecto. Asimismo, las investigaciones bibliográficas han sido complementadas con trabajo de campo en la zona de la playa y en la zona marina somera. Han sido evaluados los posibles efectos del proyecto sobre las diferentes variables ambientales y redactadas las medidas preventivas y correctivas a emplear. Por último, la compatibilidad del proyecto MEDUSA respecto a los objetivos ambientales de la Demarcación Marina Estrecho-Alborán en el caso del aterraje de Torreguadiaro, y de las Demarcaciones Marinas Estrecho-Alborán y Suratlántica, en el caso de Zahara, ha sido investigada y documentada.





Ampliación de atraque para embarcaciones de acuicultura en el puerto de Cabo de Cruz (A Coruña)

Juan Antonio Rodríguez Pardo a y Pedro Urquijo Gómeza

^a E.P.E. Portos de Galicia. Consejería del Mar. Xunta de Galicia., jarpardo@portosdegalicia.com; pedro.urquijo.gomez@portosdegalicia.com

1. Introducción

El puerto de Cabo de Cruz, dependiente de la Entidad Pública Empresarial Portos de Galicia, es un puerto en el que se desarrollan diversas actividades relacionadas con la pesca, marisqueo y acuicultura, así como náutico deportivas. Entre ellas, la relacionada con la acuicultura, y en concreto, con el proceso de carga, transporte, distribución y transformación del mejillón es la que tiene una relevancia mayor. Para ello tiene una flota muy importante de embarcaciones para estas actividades y por tanto, debido a las dimensiones de estas embarcaciones, con esloras de unos 20 metros, es necesario una importante zona de lámina abrigada, así como una considerable zona o línea para atraque de estas embarcaciones.

El puerto de Cabo de Cruz, hace unos 15 años era un puerto de tamaño pequeño, dentro de los gestionados por la EPE Portos de Galicia, y fue entonces cuando se comenzaron a planificar unas obras para conseguir dar respuesta a la demanda existente de los diversos sectores que realizaban sus actividades en el puerto de forma deficiente debido a las instalaciones existentes. Muchas de las embarcaciones del puerto tenían que permanecer en zonas de fondeo, incluso la mayoría de ellas en zonas desprotegidas frente a los temporales existente, con la dificultad para la operativa y seguridad de dichas actividades. Por ello se fueron realizando principalmente diversas obras como la creación de una nueva dársena, unas instalaciones náutico-deportivas, pantalanes para las embarcaciones de pesca y marisqueo y, para finalmente completar todas estas actuaciones planificadas desde el inicio, con las obras de pantalanes para embarcaciones de acuicultura.

2. Resumen de las obras

Las obras consisten fundamentalmente en la instalación de pantalanes de hormigón armado para el atraque de 100 plazas de amarre de embarcaciones de acuicultura, con esloras comprendidas entre los 14 metros y los 22 metros. Los atraques se realizan por medio de fingers de estructura de aluminio con piso de pavimento sintético. Debido a la agitación que entra por la bocana en algunas direcciones, una de las alineaciones y pantalanes estará

formada por un dique flotante. Tanto estos pantalanes como los fingers y el dique flotante estarán fijados al suelo por medio de pilotes de acero. En este proyecto fué necesarios 97 pilotes con diámetros de 610 mm en pantalanes y pilotes de 813 mm en el dique flotante. En algunos casos a longitud del pilote fué excepcional, ya que se encontraba en una zona de bastante profundidad y una capa de fangos importante. Los módulos de dique flotante tienen 20 m de longitud, 5 m de anchura y 2,25 m de altura, de los que 90 cm serán de francobordo. Estan realizados en hormigón con armadura galvanizada en caliente y se instalarán 11 módulos de 12 m, con el que se alcanzó una longitud de 120 m. El atraque de las embarcaciones se realizará por medio de fingers de 2 m de ancho y distintas longitudes. Las instalación estarán dotas de las instalación correspondientes para este tipo de actuaciones, alumbrado, tomas de fuerza y tomas de agua.

Los datos principales de la obra son los siguientes:

Presupuesto: 4.138.000,00 € (sen IVE)

UTE Aister – Astilleros Amilibia – Ronautica Marinas Empresa adjudicataria:

Plazo de ejecución: 20 meses Inicio de las obras: 05/03/2019 Finalización de las obras: 19/11/2020



Fig. 1 Puerto de Cabo de Cruz (A Coruña) con la obra recién terminada



Fig. 2 Trabajos de hincado de pilotes





Aplicación de modelos CFD para el análisis del comportamiento de estructuras flotantes en puertos

Ignacio Berenguer Pérez

HIDTMA, S.L. , iberenguer@hidtma.com

1. La modelización CFD (Computational Fluid Dynamics)

La dinámica de fluidos computacional (CFD) es una rama de la mecánica de fluidos que utiliza análisis numérico y algoritmos para resolver y analizar problemas que involucran flujos de fluidos.

La base fundamental de todos los problemas de CFD son las ecuaciones de Navier-Stokes, que definen muchos flujos de fluidos monofásicos (gas o líquido, pero no ambos).

Estas ecuaciones se pueden simplificar eliminando términos que describen acciones viscosas para obtener las ecuaciones de Euler.

Una mayor simplificación, al eliminar los términos que describen la vorticidad, produce las ecuaciones potenciales completas.

Finalmente, para pequeñas perturbaciones en flujos subsónicos y supersónicos (no transónicos ni hipersónicos), estas ecuaciones se pueden linealizar para producir las ecuaciones de potencial linealizadas.

2. La simulación de la propagación del oleaje.

Desde el año 1.986, en que el modelo MIKE 21 se implementó en el CEPYC-CEDEX, con éxito aprobado se vienen aplicándo en España modelos numéricos de propagación del oleaje y agitación interior del máximo nivel mundial.

Por las limitaciones propias de los modelos bidimensionales, y de la aproximáción a las ecuaciones completes de Navier-Stokes que son las eccuaciones de Boussinesq, cuando se trata de similar el comprotamiento y los efectos de estructuras flotantes es necesario acudir a la modelización física o a utilizer coeficientes de trasmisión de energía o de altura de ola obtenidos empírivamente.

3. La aplicación de modelos CFD al análisis de estructuras portuarias

La aplicación de modelos CFD permite el análisis tridimensional de la propagación de la masa de agua, tanto en lo relativo a ondas superficiales como corrientes en la vertical, por lo que se puede realizar una descripción completa tanto de de la propagación del oleaje y de law corrientes existentes antes y después de la estructura.

Con todo ello es posible analizar la propagación/tramsisión del oleaje del oleaje como consecuencia de la existencia de estructuras flotantes y no flotantes que no se encuentres sustentadas por el lecho marino y como consecuencia parte de la energía se trasmita a la parte protegida.

En la presente ponencia se presentarán resultados empleando esta técnica ante distintos tipos de estructura.

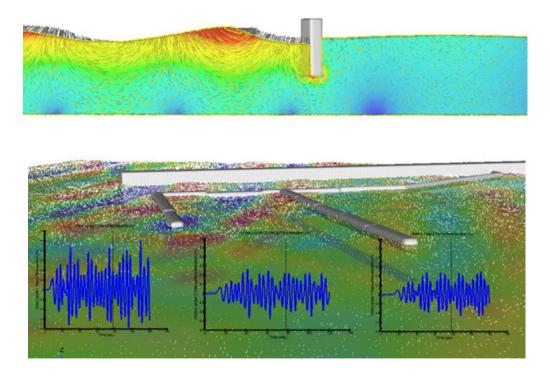


Figura 1. Ejemplo de simulaciones de una estructura y de una Marina



Desarrollo de un sistema inteligente para el mantenimiento predictivo de diques de abrigo

Corrado Altomarea, Enrique Alvarezb, Jose Maria Garcia-Valdecasasc, Rebeca Garitaonaindia^d, Francesc Xavier Gironella^a, Manuel Gonzalez^d, Daniel Gonzalez-Marco^a, Mario Hernaez^e, Pedro Liria^d, Javier López Lara^f, Julien Mader^d, Anna Rubio^d, Javier Sánchez^c, Agustín Sánchez-Arcilla Jr.^a, Lohitzune Solabarrieta^d Antonio Tomasf, Cesar Vidalf

^a Universitat Politècnica de Catalunya (BarcelonaTech), Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM/UPC), Barcelona, Spain, corrado.altomare@upc.edu, xavi.gironella@upc.edu, daniel.gonzalezmarco@upc.edu, agustin.sanchez-arcilla@upc.edu, agustin.arcilla@upc.edu, bPuertos del Estado, Madrid, Spain, enrique@puertos.es, cologin consulting, Av. de Ranillas, 1D, of. 3G, 50018 Zaragoza, jose.gvaldecasas@nologin.es, javier.sanchez@nologin.es, dAZTI, Investigación Marina, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Herrera Kaia, Portualdea s/n, 20110-Pasaia (Gipuzkoa), rebeca@azti.eus, mgonzalez@azti.es, pliria@azti.es, jmader@azti.es, lsolabarrieta@azti.es, eAutoridad Portuaria de Bilbao, Oficinas generales 48980 - Santurtzi (Bizkaia), mhernaez@bilbaoport.eus, Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabriaf, C/ Isabel 39011-Cantabria, Spain, jav.lopez@unican.es, antonio.tomas@unican.es, cesar.vidal@unican.es.

1. Introducción

El mantenimiento predictivo es una técnica para minimizar fallos o reducir sus consecuencias en multitud de aplicaciones. Aplicado a infraestructuras portuarias como son los diques de abrigo, puede permitir alargar su vida útil y mejorar su comportamiento resistente y funcional reduciendo impactos, riesgos y costes, tanto de la propia estructura como la de los bienes protegidos.

El proyecto PI-BREAK (Predictive Intelligent system to optimize BREAKwater maintenance) plantea el desarrollo de un mantenimiento predictivo aplicable a diques de abrigo y a otras estructuras costeras, tanto para condiciones de operación cómo de supervivencia. Está basado en una combinación de medidas in situ y remotas junto con un conjunto de resultados de modelos experimentales y numéricos anidados que, a partir de la información Copernicus, simularán las interacciones entre oleaje, corrientes y la estructura considerada bajo condiciones diversas. Con esta base se desarrolla un sistema inteligente de decisión que pretende optimizar la compatibilidad entre las intervenciones de mantenimiento a corto plazo (previsiones de alerta temprana) y las intervenciones de adaptación climática (proyecciones a escala de décadas).

2. Metodologia

El proyecto PI-BREAK combinará los resultados de las simulaciones numéricas, medidas de campo y datos experimentales tanto en 2D como en 3D, considerando conjuntamente el corto y largo plazo. A partir de aquí se desarrollará una carpeta prediseñada de actuaciones de mantenimiento junto con sus costes y planteamientos de inversión para así desarrollar protocolos de adaptación que faciliten la sostenibilidad de las estructuras portuarias y costeras, identificando sus puntos de no retorno. El desarrollo del proyecto facilitará el mantenimiento predictivo de estructuras típicas de ingeniería marítima, como se ilustrará en el artículo con algunos ejemplos concretos, mostrando cómo este mantenimiento puede reducir niveles de riesgo, costes acumulados y distancia a los puntos de no retorno, particularmente para tormentas extremas y futuros escenarios climáticos.





Diseño de los lastres de las infraestructuras marinas de la desaladora de Oropesa mediante modelado CFD

Francisco Jaime Fernández^a, María Maza^a, Gabriel Barajas^a, Javier García-Alba^a, Beatriz Rodrigueza, Antonio Tomása, Andrés García, Javier L Lara

^aIHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, España,

francisco.jaime@unican.es mazame@unican.es gabriel.barajas@unican.es garciajav@unican.es beatriz.rodriguez@unican.es antonio.tomas@unican.es andres.garcia@unican.es pav.lopez@unican.es

1. Introducción

Debido al deterioro de las infraestructuras marinas de la desaladora de Oropesa (Castellón), se precisa de un estudio para llevar a cabo su reparación considerando el clima marítimo actual y futuro, el estudio hidrodinámico de detalle de la zona y, finalmente, el cálculo de los lastres necesarios para asegurar la estabilidad y fiabilidad de la infraestructura. Tras caracterizar las condiciones de oleaje en la zona de estudio, se realiza el estudio de las fuerzas a las que se verá sometida la infraestructura. Dada la alta no linealidad del oleaje, la caracterización de dichas fuerzas se realiza mediante un estudio numérico utilizando modelos CFD (Computational Fluid Dynamics). Finalmente, se realiza el cálculo de los lastres de acuerdo con las fuerzas obtenidas con el modelos CFD.

2. Metodología

Se propone la siguiente metodología para calcular las fuerzas ejercidas sobre la infraestructura y dimensionar los lastres. Las fuerzas ejercidas sobre los diferentes elementos de la infraestructura se obtendrán mediante la hibridación o anidamiento de los modelos CFD IH2VOF (https://ih2vof.ihcantabria.com/) e IHFOAM (https://ihfoam.ihcantabria.com/) (Di Paolo et al., 2021). De este modo, el modelo IHFOAM, modelo RANS (Reynodls Average Navier-Stokes) tridimensional, se utiliza únicamente para simular el grupo de olas pésimo en términos de las fuerzas ejercidas sobre la infraestructura, previamente simulada con el modelo RANS bidimensional IH2VOF.La simulación tri-dimensional se lleva a cabo considerando la geometría global de la infraestructura. Para el cálculo de fuerzas se consideran diferentes tramos singulares. La Figura 1 muestra una imagen de los diferentes tipos de tramos considerados.



Fig. 1. Ejemplo de tramos de tipología A-F considerados a lo largo del emisario

La figura 2 muestra los campos de velocidades obtenidos con el modelo IHFOAM para el instante de la ola máxima en la supericie libre y para la columna de agua en tres secciones distintas: una sin lastre ni difusor, una con lastre y otra con difusor.

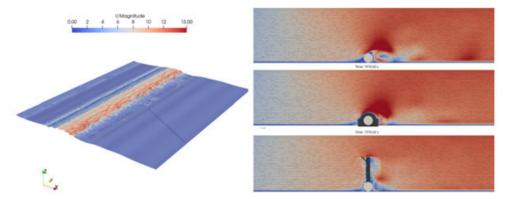


Fig. 2. Velocidades obtenidas en un paso de tiempo en la superficie libre (izquierda) y en la columna de agua en tres secciones: una sin lastre ni difusor, una con lastre y otra con difusor (derecha).

Las fuerzas obtenidas tras el estudio de modelado CFD se utilizan finalmente para dimensionar adecuadamente los lastres necesarios para asegurar la estabilidad de la estructura

3. Conclusiones

Este estudio ha permitido realizar un dimensionamiento óptimo de los lastres gracias a la integración de herramientas de última generación, como son los modelos CFD.

Referencias

Di Paolo, B., Lara, J.L., Barajas, G., Losada, I.J. (2021). Wave and structure interaction using multidomain couplings for Navier-Stokes solvers in OpenFOAM. Part I: Implementation and validation. Coastal Engineering, 164, 103799.





Evaluación de alternativas para la mejora de la navegación en el acceso al Puerto de San Vicente de la Barquera

Beatríz Rodrígueza, Antonio Tomása, Raúl Medinaa, Francisco Jaimea, Sandra M. Garcíab, Amador Gafob

^a IHCantabria - Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, Santander, España, beatriz.rodriguez@unican.es. antonio.tomas@unican.es. raul.medina@unican.es: francisco.jaime@unican.es; b Dirección General de Obras Hidráulicas y Puertos de la Consejería de Obras Públicas, Ordenación del Territorio y Urbanismo del Gobierno de Cantabria, garcia ms@cantabria.es, gafo a@cantabria.es.

1. Introducción

Al igual que la mayor parte de los Puertos de Cantabria, el puerto de San Vicente de la Barquera se ubicó en el interior de un estuario, al abrigo de los oleajes exteriores. Esta decisión, condicionada por las limitaciones constructivas de la época, dio como resultado que el acceso desde el mar al puerto se tuviera que realizar a través de la desembocadura del estuario, donde olas, mareas y corrientes condicionan la morfodinámica de dicho sistema y dan lugar a una cambiante y peligrosa canal de navegación.

Desde entonces se han definido varias actuaciones con el objetivo de reducir la peligrosidad del oleaje en la bocana, o aumentar el calado en la canal mediante dragados en roca o arena.

Actualmente, tal y como se muestra en la Figura 1 (imagen izquierda), la bocana del Puerto de San Vicente de la Barquera se ubica entre dos espigones que encauzan la desembocadura de la Ría y delimitan la navegación hasta el puerto. El dique Oeste arranca desde la Punta del Castillo y abriga el canal de navegación de los oleajes más energéticos. Por su parte, el espigón Este sirve de apoyo parcial a la arena de la playa de Merón.

Una de las problemáticas a las que se enfrenta el puerto en la actualidad es que, en condiciones de temporal, el oleaje rompe a lo largo de la ruta de aproximación al puerto (ver Figura 1, imagen derecha), condicionando la navegación segura en el acceso y limitando su operatividad en determinadas circunstancias meteoceanográficas (oleaje-nivel del mar). En estas ocasiones, cuando se hace imposible el acceso al puerto, las embarcaciones se ven obligadas a refugiarse en otros puertos de este tramo costero que ofrezcan garantías de refugio, debiendo realizar trayectos de hasta 4 horas de navegación, con el consiguiente riesgo tanto para los tripulantes, como para las embarcaciones.



Figura 1. Puerto de San Vicente de la Barquera. Izda.: ortofoto PNOA año 2017, Dcha.: oleaje rompiendo en la ruta de aproximación al puerto (temporal del día 8/01/2022).

2. Objetivos del estudio

Vista la problemática actual que tiene el puerto, el objetivo principal del presente proyecto de investigación consiste en proponer y evaluar distintas alternativas que mejoren las condiciones de navegación en el acceso del Puerto de San Vicente de la Barquera, mejorando su operatividad y fundamentalmente, la seguridad en la maniobra de entrada. Para ello, se definieron los siguientes objetivos secundarios:

- Evaluar la operatividad del puerto en la actualidad para las condiciones climáticas de oleaje, viento y corrientes, y las debidas a la falta de calado, cuantificando el tiempo medio anual en el que se superan los umbrales operativos a lo largo de la ruta de acceso al puerto.
- Evaluar distintas alternativas que mejoren las condiciones de navegación en términos de operatividad, tomando como referencia la situación actual.
- Estudiar el efecto de cada alternativa sobre la hidrodinámica de la desembocadura del Estuario, así como sobre la playa de Merón.

3. Conclusiones

Para cumplir con los objetivos del estudio se han analizado todos los agentes meteoceanográficos que pueden afectar a las condiciones de navegación en el acceso al Puerto de San Vicente de la Barquera (oleaje, viento, corrientes, y calado) para la situación actual y las distintas alternativas propuestas, definiendo una nueva metodología de análisis y mejora de la operatividad del puerto que incorpora un nuevo criterio de seguridad en la navegación: la rotura del oleaje, como complemento a los criterios de diseño clásicos de la ROM.





La Importancia de la Asesoría Náutica: Diseño de Canales y Zonas de Navegación de Gran Complejidad

Leandro Piresa, Carlos B. Calb, Raúl Redondoc, Raúl Atienzad

- ^a Siport21, leandro.pires@siport21.com
- ^b Siport21, carlos.cal@siport21.com
- ^c Siport21, raul.redondo@siport21.com
- ^d Siport21, raul.atienza@siport21.com

1. Introducción

El dimensionamiento de canales y zonas de navegación restringidas o confinadas de gran complejidad requiere de mucha experiencia, ya que las guías internacionales no ofrecen una solución completa. Por tanto, son necesarios equipos multidisciplinares con gran experiencia, formados principalmente por ingenieros civiles, ingenieros navales y asesores náuticos. Los Asesores Náuticos son fundamentales en proyectos de este tipo.

Junto al experimentado equipo humano, es fundamental contar con herramientas, como un Simulador de Maniobras de Buques en Tiempo Real, y aplicarles a éstas los conocimientos en ingeniería naval, que permitan garantizar el comportamiento adecuado y realista en los modelos de los barcos utilizados en las simulaciones, y la experiencia náutica para incluir el factor humano, importantísimo en el desarrollo de las maniobras en zonas complejas.

Todas las áreas técnicas mencionadas comparten, de esta forma, información a través de los resultados en el Simulador. Sin embargo, la Asesoría Náutica garantiza que el diseño propuesto, la metodología aplicada y los resultados obtenidos sean coherentes con la realidad, una vez que la infraestructura diseñada entre en operación.

Entre los parámetros más importantes e influyentes en el diseño de canales y zonas de gran complejidad se encuentran el ancho aparente y la maniobrabilidad del buque:

- El ancho aparente de un canal o vía de navegación es un factor muy importante para las condiciones de acceso: una navegación con corriente y/o vientos intensos cruzados conlleva ángulos de deriva importantes que requieren un mayor ancho de canal. Factores como la visibilidad y la señalización también influyen en este ancho.
- La maniobrabilidad del buque y la disponibilidad de medios auxiliares de maniobra tienen gran influencia en el dimensionamiento de canales. Formas de gobierno convencionales, por ejemplo, demandan mayor espacio de navegación frente a buques de gobierno con azipods, debido a su menor capacidad de maniobra.

También es fundamental la comparación de gobierno en aguas profundas y aguas someras y entender la influencia de la profundidad disponible en la capacidad de maniobra de un buque.

Actualmente, ABS propone una valoración entre 0-5 considerando las características de maniobrabilidad de cada buque. Este tipo de método permite una mayor precisión respecto al ofrecido por las guías internacionales de dimensionamiento: normalmente trabajan con 3 niveles (pobre, media y buena maniobrabilidad). En un futuro sería recomendable introducir este tipo de valoración en los estudios de dimensionamiento. Además, este tipo de valoración se puede mejorar teniendo en cuenta aguas someras, capacidad de reviro, etc.

2. **Ejemplos Prácticos**

Ejemplos prácticos en los que la Asesoría Náutica y el uso del Simulador de Maniobras en Tiempo Real han sido muy importantes para hacer viables proyectos que con la aplicación de la formulación determinista no se hubieran podido llevar a cabo:

- En algunos puertos por el mundo, los pilotos utilizan del efecto de succión para mejorar la maniobrabilidad del buque en zonas de curvas, reduciendo el radio de giro. Esto permite que la maniobra sea viable sin incremento del ancho del canal.
- Las **condiciones hidrometeorológicas** afectan directamente al diseño de los canales y zonas confinadas de navegación, como la dirección de viento afecta al radio de giro del buque. Es importante valorar todos estos aspectos bajo la asistencia de los asesores náuticos.
- El uso de medios auxiliares de maniobra, como remolcadores o hélices de maniobra, permite mejorar la maniobrabilidad del buque. Como resultado se puede apreciar un mejor control en los giros y en la velocidad, además de contar con una reserva de medios de maniobra en caso de emergencia. Otra vez más, el factor humano es fundamental.
- El diseño de zonas de navegación con buques atracados requiere herramientas de precisión para calcular las fuerzas de interacción entre el buque pasante y el buque atracado y también para calcular los movimientos del buque atracado a partir de las fuerzas anteriores y las condiciones climáticas locales. Se trata de obtener las velocidades y distancias de paso límites para no interferir en la operación y la permanencia del buque.
- Principalmente para buques de mercancías peligrosas, no se debe restar importancia a los estudios de riesgo. La comparación de los riesgos en diferentes alternativas de canal es muy recomendable, introduciendo la metodología de análisis de riesgos desde el principio del diseño. De esta manera, es posible adoptar medidas de mitigación teniendo en cuenta el coste/beneficio de dichas medidas. La capacitación previa de prácticos y capitanes es un ejemplo perfecto de medidas que tienen bajo coste y generan un gran beneficio a largo plazo.





Nuevo diseño de cajón de hormigón armado para cimentación de aerogeneradores

Joaquín M. Garrido Checa^a, Miguel Figueres Moreno^a, Gloria Argente Garrido^a, Ángela Pérez Bardala y Lisardo M. Fort Alarcónb

igarrido@ingeomar.es, mfigueres@ingeomar.es, gargente@ingeomar.es, aperez@ingeomar.es. bRover Maritime: lmfort@rovergrupo.com

1. Introducción

La energía eólica es una energía limpia cada vez más utilizada en entornos marinos offshore y en menor medida en el interior de recintos portuarios por sus múltiples ventajas de eficiencia y coste. No obstante, entre sus principales inconvenientes se encuentra la dificultad de su almacenamiento y el espacio requerido para la cimentación de grandes aerogeneradores. Por este motivo, un consorcio de empresas, entre las que se encuentra Ingeomar, han desarrollado un proyecto de I+D+i con un nuevo diseño de cajón de hormigón armado como estructura de cimentación de un aerogenerador capaz de albergar en el interior de sus celdas un sistema de almacenamiento para seguir aportando energía a la red en tiempos de parada de viento.

2. Diseño del nuevo cajón v modelización

El nuevo cajón tipo de celdas rectangulares cuenta con una distribución interior simétrica formada por paredes interiores de 0.3m de espesor y paredes de refuerzo en ambas direcciones de 0.6m. Las celdas más próximas a la zona central se utilizan para la ubicación de los depósitos de aire comprimido (Sistema CAES Compressed Air Energy Storage).

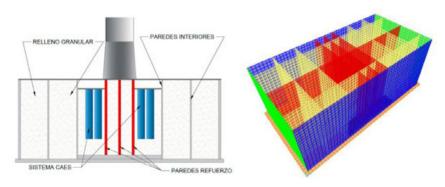


Fig. 1. Diseño delnuevo cajón (izq) y modelo 3D SAP2000.

El cajón tipo se ha modelizado mediante el software de elementos finitos SAP2000 para obtener las solicitaciones estructurales de cada elemento según lo establecido en el "Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hromigón armado" para obras portuarias publicado por Puertos del Estado y la normativa ROM.

3. Resultados y conclusiones

El dimensionamiento del armado del cajón se realiza considerando los esfuerzos resultantes a los que se ve sometido cada uno de los elementos del cajón durante la fase de flotación, fondeo y servicio.

Además, se verifican los principales modos de fallo (tipo EQU y tipo GEO) en Estado Límite Último (ELU) según la ROM 0.5-05: Deslizamiento, vuelco rígico y hundimiento.

Los resultados obtenidos verifican la viabilidad estructural del nuevo cajón de hormigón armado propuesto como cimentación para la integración de un sistema de generación y almacenamiento eólico, suponiendo un avance en la implantación de energías renovables dentro del entorno portuario.

Agradecimientos

El proyecto de I+D+i ha sido objeto de concesión de ayuda por parte de la Agència Valenciana de la Innovació (AVI).

Los autores agradecen la colaboración con el consorcio de empresas formado por: GEOZONE, SEAPLACE, FUNDACIÓN VALENCIA PORT, INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN (ICITECH-UPV) y ROVER MARITIME.

Referencias

MINISTERIO DE FOMENTO (2008). EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural

PUERTOS DEL ESTADO (2006) Manual para el diseño y la ejecución de cajones flotantes de hormigón armado para obras portuarias PUERTOS DEL ESTADO (2005) R.O.M 0.5-05: Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias.

PUERTOS DEL ESTADO (2005) R.O.M 0.5-05: Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias.

PUERTOS DEL ESTADO (2012) R.O.M. 2.0-11: Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre. Criterios generales y factores de proyecto.





Seguimiento de la vulnerabilidad de las infraestructuras portuarias mediante técnicas tecnología de radar satelital e inteligencia artificial

Candela Sancho^a, Rafael Molina^a, Jaime Sanchez^a, Alberto Rodríguez^a, Alfredo Fernández-Landa^a, David Rodríguez^a, Álvaro Campos^a

1. Introducción y metodología

Con la publicación de la ROM 0.0 en el año 2001 se establecen las bases metodológicas para el diseño y conservación de infraestructuras portuarias basadas en la probabilidad, en la observación y predicción de la vulnerabilidad frente a la acción de agentes del medio físico o de uso y explotación. En el año 2018 se publica la Guía de "Conceptos y herramientas probabilísticas para el cálculo del riesgo en el ámbito portuario", que impulsa el desarrollo de la digitalización de procesos portuarios y del contexto en el que éstos se desarrollan, con el fin de evaluar la vulnerabilidad y las consecuencias de las amenazas operativas e infraestructurales en los puertos. En el mismo año, con la publicación de la ROM 1.1, "Recomendaciones para el proyecto de Construcción de Diques de Abrigo", se introduce el concepto de evolución del daño en obras de abrigo, para lo cual es clave la observación y auscultación en dominio del tiempo y el espacio.

Para ser capaces de aplicar el concepto de evolución del daño se requiere de una observación espacial de alta resolución 3D. Técnicas como Lidar o Structure From Motion han sido una opción inicial para abordar este reto, pero han demostrado su alto coste y su dificultad para ser integrados en sistemas desasistidos de observación. Por ello, las técnicas de observación satelital son la alternativa para lograr una observación periódica, sistematizada y de alta resolución de la evolución geométrica de nuestros puertos.

En la actualidad no existen integraciones en ningún sistema portuario del mundo de series temporales actualizadas de la evolución geométrica generadas a partir de tecnología RADAR satelital con algoritmos de detección y cuantificación de anomalías basados en inteligencia artificial. Por ello se está desarrollando el proyecto VIPE (Vulnerabilidad de la Infraestructura Portuaria desde el Espacio) cuvo objetivo es apoyar la gestión del riesgo y mediante la monitorización de la evolución del daño y sus vulnerabilidades infraestructurales asociadas. Esto permitirá la planificación y optimización de mantenimientos predictivos,

^a Detektia Earth Surface Monitoring S.L., C/Faraday 7, 28049 Madrid. D, csancho@detektia.com;

^b Dpto. Ingeniería Civil. Transportes, Urbanismo y Territorio, UPM, Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040 Madrid. ETSICCyP. CEHINAV.. Universidad Politécnica de Madrid. Calle del Profesor Aranguren s/n. 28040 Madrid. , rafael.molina@upm.es

evaluando el impacto del medio físico y de la actividad en la explotación de un puerto sobre sus infraestructuras. El sistema está basado en el uso de técnicas de interferometría SAR diferencial (DInSAR), inteligencia artificial combinada con técnicas probabilísticas de evolución del daño.

La técnica DInSAR mide pequeños desplazamientos con precisión milimétrica: aplicada a la monitorización de la infraestructura portuaria tiene varias ventajas, entre ellas la amplia cobertura de área, el menor coste por m2 en comparación con las técnicas convencionales, precisión milimétrica actual e histórica, actualizaciones constantes, sin necesidad de instrumentación en tierra y con alta densidad de puntos de controla. En este artículo se presentará la metodología y los resultados obtenidos en el marco del proyecto.



Figura 1. Izda) Atlas de Riesgo Climático de la AP. Bahía de Algeciras, área piloto para la integración de los índices de vulnerabilidad en herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito marítimo y portuario. Dcha arriba. Resultado del procesado DInSAR sobre el puerto de Barcelona para el periodo 2008-2009. Deha abajo. Detalle del perfil de las velocidades medias obtenidas en la bocana sur del dique sur de Barcelona.

Agradecimientos

Se agradece al programa Puertos 4.0 de Puertos del Estado la financiación recibida para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

Gómez, R. & Molina, R., Castillo, C. Rodríguez, I. López, J. D. 2018. Conceptos y herramientas probabilísticas para el cálculo del riesgo en el ámbito portuario. Madrid (España), Ministerio de Fomento (Puertos del Estado). 322 págs.(2 /4)

Losada, M. A. PROGRAMA DE RECOMENDACIONES DE OBRAS MARÍTIMAS ROM-1.1: Obras marítimas frente a las oscilaciones del mar. Puertos del Estado. 2018. ISBN. 978-84-88740-11-3





Un proyecto innovador en eólica offshore: ARGO (Acciona Research on GBS for Offshore Wind)

Alfonso Capote Garcia^a, Domingo Antonio Gonzalez Suarez^b, Carlo Paulotto^c, Daniel Zamora Serrano^d Jose Manuel Gonzalez Herrero^e v Ander Tena Mesa^f

^aObras marítimas, Acciona Construcción, Madrid, <u>alfonso.capote.garcia@acciona.com</u>; ^bObras marítimas, Acciona Construcción, Madrid, domingoantonio.gonzalez.suarez@acciona.com; °Obras marítimas I+D+i, Acciona Construcción, Madrid, carlo paulotto@acciona.com; dDepartamento de Puertos e Ingeniería marítima, Acciona Ingeniería, Madrid,

daniel.zamora.serrano@acciona.com; eDepartamento Puertos Ingeniería Madrid, jgherrer ext@acciona.com; fDepartamento de Marítima, Acciona Ingeniería, Puertos e Ingeniería Marítima, Acciona Ingeniería, Madrid, atena@acciona.com.

1. Antecedentes

Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por Naciones Unidas dentro de la Agenda 2030, se incluyen, entre otros, el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos. Para ello, la energía eólica marina jugará un papel fundamental en la consecución de dichos logros. Las previsiones de potencia instalada entre 2021-2030 en Europa alcanzan los 103 GW, multiplicando así por 4 la potencia instalada durante las últimas dos décadas (24.5 GW). Planes todavía más ambiciosos se esperan en la eólica marina para poder alcanzar el llamado Net Zero Target en 2050, estimando una potencia instalada de hasta 2000 GW a nivel mundial.

En un mercado dominado por las soluciones de monopilotes (80%), seguido de las jackets (6.5%), desde diversos agentes del sector de la eólica marina se detecta la necesidad de hacer frente a varios retos, especialmente ligados a la instalación en condiciones cada vez más retadoras y a la aparición de nuevos mercados distintos al Mar del Norte. Las cimentaciones de gravedad toman y deben tomar cada vez un papel más relevante debido principalmente a una serie de ventajas competitivas que presenta concretamente el concepto ARGO. Las soluciones de monopilotes y jackets parecen estar llegando a sus límites.

2. Descripción del concepto ARGO

El patentado concepto ARGO se basa en la aplicación de la experiencia y tecnología de ACCIONA en obras marítimas clásicas a la eólica offshore. La fabricación de cada GBS de hormigón armado mediante el cajonero KUGIRA, propiedad de ACCIONA, constituye una mejora importante desde el punto de vista de ritmos de producción y calidad de la ejecución. El proceso constructivo, botadura, transporte y fondeo de las GBS constituye toda una

innovación. Si la fabricación es innovadora, no lo es menos la metodología para su transporte e instalación. Entre las principales ventajas competitivas que presenta el concepto ARGO destaca el haber sido diseñado con la posibilidad de instalación de la turbina en el propio puerto, permitiendo realizar un transporte integrado y evitando así el uso de buques especializados, y por tanto su elevado coste, siendo el conjunto posteriormente transportado e instalado hasta su posición final. Para el transporte de la GBS, ya sea en su versión integrada o simplemente la cimentación, se emplea otro de los cajoneros de ACCIONA, el KUGIRA II.

El concepto ARGO irrumpe en un mercado donde terrenos especialmente duros con roca aflorante y profundidades superiores a 40 m cuestionan la viabilidad técnica y económica de solución de monopilote. Además, la escalabilidad del concepto ARGO permite abarcar rangos de profundidades de entre 20 y 50 m, e instalación de turbinas de hasta 15 MW, cubriendo así la demanda esperada para esta década.

Una de las características que los *marshalling ports* deben presentar cuando se consideran las soluciones de acero dominantes (monopilotes/jackets) son las grandes superficies de acopio. En el concepto ARGO se evita este requerimiento, ya que la ejecución y botadura de las cimentaciones se realiza directamente desde el cajonero. ACCIONA traspasa así su experiencia en obra marítima clásica al sector de la eólica offshore.

El impacto económico que tiene la volatilidad del precio del acero sobre las soluciones metálicas, hace que las soluciones de hormigón armado sean cada vez más competitivas. Además, la posibilidad de fabricación de hasta dos cimentaciones cada 10 días, gracias a la enorme capacidad de KUGIRA, viabiliza la producción a gran escala (parques superiores a 1 GW), repercutiendo positivamente en los plazos de ejecución.

En cuanto a la durabilidad, la experiencia evidencia la ventaja que presenta el hormigón frente al acero y los procesos de corrosión en ambientes marinos. La simplicidad logística (únicamente el transporte del cajonero al puerto de fabricación) y el uso de recursos locales están alineados con los objetivos de sostenibilidad que la UE demanda.

El concepto ARGO ha sido verificado mediante ensayos físicos a escala reducida en las fases de transporte, fondeo y servicio.



Fig. 1. Secuencia de instalación solución integrada GBS-WTG. Fuente: Elaboración Propia.





Análisis dea-bootstrapping. Modelo de eficiencia financiera del sistema portuario español

Alberto Camarero Orive^a, José Ignacio Parra Santiago^b, David Díaz Gutiérrez^c y Francisco de Asís de Manuel López^d

- ^a Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid, , alberto.camarero@upm.es;
- b Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, 🕒, joseignacio.parra.santiago@alumnos.upm.es;
- ^c Doctor Ingeniero Naval. Profesor Contratado Doctor de la Universidad Politécnica de Madrid, 📵 david.diaz@upm.es
- d Doctor Ingeniero Naval. Profesor Asociado de la Universidad Politécnica de Madrid. 🕞 francisco.demanuel@upm.es

1. Resumen

El objetivo de la ponencia es analizar diferentes modelos de gobernanza portuaria de manera que el modelo resultante dote de la mejor eficiencia financiera del sistema en su conjunto y de sus Autoridades Portuarias en particular. Para ello se ha realizado un estudio de DEA-Bootstrapping model para evaluar el rendimiento global del sistema portuario.

El sistema portuario español está compuesto por 28 Autoridades Portuarias que gobiernan un total de 46 puertos de los denominados de Interés General. Actualmente, este sistema altamente competitivo situado en un mercado marcado por la competencia ha movido en más de 560 millones de toneladas entre sus diferentes puertos, ya que nuestro sistema contiene grandes puertos de relevancia, tanto europea como internacional, en donde los grandes megabuques realizan escala en sus rutas "round the world". Es cierto, que estos puertos no tienen las cifras de movimientos que los grandes puertos asiáticos, o los grandes puertos centro-europeos, pero sí de tal magnitud para situarse entre los 50 primeros del mundo y los primeros europeos.

Análisis dea-bootstrapping. Modelo de eficiencia financiera del sistema porturario español



El régimen económico del sistema portuario está basado en la autosuficiencia económica, es decir, a través de los ingresos que reciben las Autoridades Portuarias por el cobro de las distintas tasas portuarias. Puertos del Estado, como ente regulador revisa las cuentas de cada Autoridad Portuaria, y estudia y autoriza cada inversión económica que se quiera realizar en materia portuaria española. Por ello, con los ingresos de las tasas, las Autoridades Portuarias invierten en activos, es decir, en terrenos, edificios o infraestructuras, entre otros, para la mejora de la competitividad de sus puertos.

Para ello se han seleccionado diferentes inputs de índole económica, como son los activos totales y los ingresos netos de las tasas portuarias, frente a unos outputs operacionales, ya que son indicadores de resultados; las toneladas movidas en un año y los buques albergados en ese mismo periodo. La idea básica de la DEA es transformar las entradas en salidas para poder determinar la eficiencia de las DEA.

Entre las conclusiones extraídas, en primer lugar, la media global de la eficiencia financiera del sistema portuario español es baja, tanto para el año 2017 y 2018 (cercana al 0,44), provocado en gran parte por los activos de los que se compone el sistema.

En segundo lugar, los puertos con mayor eficiencia financiera son puertos consolidados en el sistema portuario español, con grandes tráficos y con los activos destinados a favorecer a la atracción de nuevos buques y nuevas mercancías.

Palabras clave: DEA Bootstrapping; eficiencia financiera; sistema portuario.





Estimación de riesgo de varada en navegación interior mediante simulaciones de Monte Carlo y estimación de squat

Juan Carlos Carmona^a, Raúl Atienza^b, Raúl Redondo^c, José R. Iribarren^d

- ^a Siport21, jcarlos.carmona@siport21.com
- ^b Siport21, raul.atienza@siport21.com
- ^c Siport21, raul.redondo@siport21.com
- ^d Siport21, jose.r.iribarren@siport21.com

1. Introducción

En los puertos interiores, cuyo acceso debe realizarse a lo largo de un estuario, rio o un canal artificial, la operación está muy condicionada por la marea en caso de que exista carrera suficiente, o bien por el nivel de agua en el rio si no existe gran carrera de marea. Las variaciones en el nivel de agua implican restricciones de calado para los barcos que operan en este tipo de puertos.

Para evitar estas restricciones, existe la posibilidad de dragar la vía navegable interior hasta una cierta profundidad que garantice la operación de los barcos hasta un cierto calado objetivo. Pero este tipo de solución no es adecuada en muchos casos, va sea porque los trabajos de dragado necesarios son excesivamente costosos, o bien porque estén limitados por razones ambientales o de otro tipo.

Por ello, la práctica habitual de este tipo de puertos es implantar una solución intermedia, ejecutando un dragado de mantenimiento que asegure cotas mínimas de profundidad y, por otro lado, sincronizando las operaciones con la marea para aprovechar al máximo el nivel de agua disponible. En caso contrario, el calado de acceso podría verse limitado con la consiguiente pérdida de capacidad.

Siport21 lleva varios años trabajando con puertos de estas características, habiendo desarrollado herramientas de análisis de sincronización, que permiten identificar las "ventanas operativas" y maximizar el calado de los buques en operaciones de tránsito. El resultado es aprovechar la carrera de la marea mediante una adecuada programación, de manera que siempre haya suficiente resguardo bajo quilla.

El trabajo presentado va un paso más allá, e introduce en la metodología dos elementos que pueden contribuir a optimizar las operaciones y aumentar la seguridad:

- Estimación precisa del squat experimentado por el buque, calibrada con mediciones a bordo durante la navegación.
- Estimación de la probabilidad y riesgo de varada.

La estimación de squat se obtiene a lo largo de toda la vía navegable, considerando la profundidad y la sección cambiante (mediante mediciones batimétricas detalladas), así como el tipo y calado de buque. Esto permite optimizar el calado de acceso y la velocidad de navegación a lo largo de la vía navegable.

La estimación del riesgo de varada se obtiene aplicando el método de Monte Carlo. Se define una función de fallo (varada), considerando la propagación de la onda de marea (nivel de agua y corriente), la velocidad del buque a lo largo de la vía de navegación, las condiciones de viento y otras variables. Se consideran las distribuciones de probabilidad de todas las variables involucradas, de modo que se pueden simular miles de condiciones de navegación aleatorias. Esto permite estimar la probabilidad de fallo.

Esta metodología se aplica a un caso práctico de un puerto que está realizando acciones para mejorar y optimizar sus operaciones. Para ello se han utilizado datos AIS y datos de marea a lo largo de todo el cauce, obtenidos a partir de sensores de medida y un modelo numérico de predicción calibrado con estas medidas.



partículas procedentes de operaciones de Liberación de mantenimiento y reacondicionamineto de embarcaciones en el puerto de Mallorca: análisis toxicológico e impacto en el medio ambiente.

María López^{1*}, Carla Ribalta², Fernando Romero⁴Ana López Lilao⁴, E. Pérez-Albaladejo¹, C. Porte¹, Arantxa Ballesteros³, Carlos Fito³, Eliseo Monfort⁴ Mar Viana¹

- ¹Intituto de diagnosis ambiental y estudios del agua (IDAEA-CSIC), Barcelona.
- ²National Research Centre for the Working Environment (NRCWE), Copenhagen, Dinamarca.
- ³ Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística (ITENE), Valencia.
- ⁴ Instituto de tecnología cerámica (ITC), Castellón.

Introducción

La investigación sobre contaminación por partículas atmosféricas en zonas portuarias suele centrarse en las emisiones de las chimeneas de los barcos o de los vehículos portuarios. Sin embargo, existen otras fuentes significativas que emiten partículas a la atmósfera con impactos potenciales tanto en la salud humana como en el medio ambiente: las actividades de mantenimiento y reacondicionamineto de embarcaciones. Este trabajo de investigación se centra en el estudio de la emisión de material particulado y contaminantes atmosféricos durante actividades de reacondicionamiento de embarcaciones recreativas en el puerto de Mallorca. De la exhaustiva revisión bibliográfica realizada, cabe destacar la escasez de publicaciones científicas encontradas en este campo de investigación, especialmente de trabajos que incluyan una caracterización química y toxicológica de la partículas. Precisamente, por ello el objetivo de este trabajo fue caracterizar la composición química y la toxicidad de las partículas generadas y emitidas durante las operaciones de reacondicionamiento en el astillero, para valorar sus posibles impactos y poder establecer protocolos que minimicen la exposición, especialmente de los trabajadores.

Metodología

Para el reacondicionamiento de estas embarcaciones, se monta una carpa que envuelve completamente la embarcación, de forma que todas las operaciones se realizan en un espacio confinado, dotado de un sistema de renovación de aire, en la que los trabajadores utilizan como EPIs trajes de protección integral (tipo 5), guantes, botas y protección respiratoria. Los muestreos de partículas se realizaron en todos los casos en el aire en el interior de las carpas, en horario laboral, donde se llevaba a cabo lijado mecánico y manual del casco del barco, imprimación por capas con pinturas especializadas y lijado final de estas. Se realizaron diferentes campañas de muestreo durante las que se empleó instrumentación para el monitoreo de contaminantes en tiempo real así como impactadores en cascada para el muestreo y post análisis en el laboratorio de las partículas, colocados en diferentes puntos dentro de la carpa. De este modo fue posible caracterizar la concentración en masa y número de partículas, la distribución del tamaño de las partículas, su composición química, morfología y citotoxicidad. La composición química de los aerosoles con tamaño 0,25µm, 2,5µm, 4µm y 10µm se caracterizó mediante ciclones de impactación. Se usó un equipo de alta resolución, ELPI, para obtener una composición más detallada de 0,006µm a 10µm dividido en 15 canales (rangos de diámetro de partícula). Los aerosoles con tamaño < 2um se muestrearon con un muestreador Biosampler, un equipo de reogida de aerosoles capturados en un medio de cultivo celular, y se hizo análisis in vitro con células pulmonares A549. La morfología de las partículas se determinó mediante microscopís electrónica de transmisión (TEM; Transmission electron microscopy).

3. Resultados

En general, se observó emisión de partículas gruesas, finas y ultrafinas en todas las campañas de muestreo. Se puso en evidencia también la presencia de nanopartículas antropogénicas (López et al.,

Liberación de partículas procedentes de operaciones de mantenimiento y reacondicionamineto de embarcaciones en el puerto de Mallorca: análisis toxicológico e impacto en el medio ambiente

2021), y se detectaron concentraciones de metales característicos de las pinturas empleadas en este sector como Ti (270 µg/m³ como media durante el turno diario), Mg (177 µg/m³) y Al (54 µg/m³) en los aerosoles de 10 µm (PM₁₀). La composición química según el tamaño del material particulado evidencia una relación entre el tamaño y los elementos encontrados en cada rango. A pesar de su variabilidad en función de las actividades llevadas a cabo cada día (lijado, imprimación, etc.), la composición promedio de las partículas respirables muestra una clara relación con la composición química de los nanoaditivos utilizados en las pinturas (por ejemplo, Ti, Al, Ba, Zn; Figura 1).

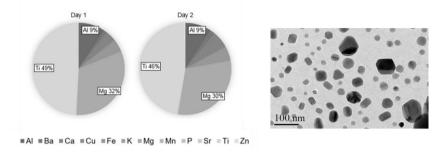


Figura 1. Izquierda: Variabilidad en la composición química de los aerosoles en la fracción respirable. Derecha: ENPs detectadas por microscopía electrónica de transmisión (TEM)

Se observaron diferentes morfologías de partículas y elementos trazadores (Figura 1), con partículas de <50nm hasta <2000nm de diámetro. Además de las partículas gruesas, finas y ultrafinas formadas incidentalmente y emitidas durante la imprimación y el lijado, también se detectó la presencia de nanopartículas angulares (Figura 1) de procedencia antropogénica con diámetros <50 nm (conocidas como engineered nanoparticles, ó ENP) probablemente usadas como nanoaditivos en las pinturas. Finalmente, los ensayos in vitro (ensayo MTT) indicaron una citotoxicidad moderada para las partículas. Sin embargo, los resultados indicaron un cierto estrés oxidativo que mostró diferencias entre los distintos días de muestreo.

Conclusiones 4.

Como resultado de este trabajo es posible concluir que las actividades de mantenimiento de embarcaciones en los puertos constituyen una fuente relevante de partículas (gruesas, finas y ultrafinas). La liberación de estas partículas en el interior de las carpas puede conlllevar impactos potencialmente elevados para los trabajadores de las carpas, por lo que es especialmente importante desarrollar protocolos que minimicen la exposición (herramientas de baja emisión, control de la renovación de aire, uso EPIs de elevada eficacia, entre otros). Por otra parte, para minimizar la emisión al medio ambiente, se deben utilizar sistemas de filtración de alta eficacia del aire extraído, de las carpas. Para la optimización de los protocolos, se recomienda implantar sistemas de monitorización de aerosoles que incluyan el control de partículas ultrafinas, especialmente cuando se utilizan pinturas con nanoaditivos.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto IDAEALPORT (RTI2018-098095-BC21).

Referencias

López, M., et al. (2021). Particle release from refit operations in shipyards: Exposure, toxicity and environmental implication. Science The Total Environment, 804, 150216. of 356 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150216



Modelo operacional de viento de muy alta resolución para predicción en entornos portuarios de gran escala

J.M. Terrés-Nícoli^{a,b} C. Mans^a, E. K. Bandi^a, Javier García-Valdecasas^a y E. Álvarez-Fanjul^c

Oritia Boreas S.L. <u>terresnicoli@oritiayboreas.com</u>; <u>bandieswara@oritiayboreas.com</u>; mans@oritiayboreas.com; garciavaldecasas@oritiayboreas.com; b Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada [°]Área de Medio Físico de Puerto del Estado. enrique@puertos.es

1. Introducción

En el marco del proyecto SAMOA II (Sistemas de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico a las Autoridades Portuarias) del Organismo Público de Puertos del Estado (OPPE) y dentro del módulo de "Servicios para el desarrollo y puesta en marcha de nuevos sistemas de predicción de vientos de muy alta resolución en el interior de los puertos", se han desarrollado sendos sistemas operacionales de viento de alta y muy alta resolución. Respectivamente, se han integrado en un número de Puertos con resoluciones del orden de 50 y 200 metros. Los modelos se han diseñado de forma coordinada con el OPPE, de modo que sus predicciones operacionales puedan ser consultadas online dentro del CMA (Cuadro de Mando Ambiental) del OPPE.

El sistema operacional de viento es una herramienta que permite a los distintos usuarios y gestores del puerto disponer de información de apoyo a la toma de decisiones. Está basado en un modelo predictivo de viento que, anidado a un sistema meso-meteorológico con resolución del orden de kilómetros, es capaz de crear predicciones operacionales con resolución de 50/200 metros, respectivamente. El objetivo final del sistema operacional es de proporcionar información fiable en las Áreas Operativas de Interés (AOIs) que son sensibles a la acción del viento (zonas de maniobra, carga y descarga, almacén de graneles sólidos, etc). El artículo se centra en las particularidades y resultados de ambos modelos con especial atención al de muy alta resolución.

2. Metodología

El sistema operacional de viento en muy alta resolución está compuesto de tres módulos. En una primera lugar, se realiza un pretratamiento de los datos meso-meteorlógicos con el objetivo de tener una malla constante de 1km de resolución independiente de la resolución del modelo meso-meteorológico de entrada. Así, la salida de este primer módulo es la predicción de los campos de viento con 1km de resolución horizontal mediante técnicas de downscaling estadístico, tomando como base los modelos de Harmonie-Arome de 2.5km de resolución horizontal y de ECMWF de 10km de resolución horizontal. A partir de las salidas de 1km del primer módulo, se generan los mapas de viento de resolución horizontal. En particular para el de 50m a tres alturas de 10m, 20m y 50m, desarrollados a partir de los resultados de un conjunto de simulaciones numéricas CFD de distintos estados de viento.

Este modelo permite tener en cuenta la circulación y estructura turbulenta compleja, más allá de las predicciones del modelo mesometeorológico anterior (ver Fig 1). La malla del dominio numérico del estudio tiene una resolución suficientemente alta como para poder representar el campo de viento en el dominio portuario que, debido a la gran extensión que suponen los dominios portuarios y la topografía compleja circundantes, se espera que presente variaciones espaciales significativas. Así, se fija una resolución mínima de 25 metros en las zonas marítimas y de metros en las zonas terrestres. La rugosidad de la zona a barlovento del dominio define las condiciones de contorno de entrada, la cual se tiene en cuenta conforme a las direcciones de cada estado de viento considerado.

A partir de la información proporcionada por las autoridades portuarias y la información disponible en las fuentes públicas, se ha creado un modelo 3D para cada puerto. La aplicación de un algoritmo paramétrico al proyecto permite la programación personalizada de las relaciones entre los archivos de entrada de topografía, catastro, y los archivos proporcionados por las AAPP. Así, se ha automatizado el proceso de modelado de la edificación y topografía, eliminando las tareas repetitivas y la posibilidad de error humano.

Finalmente, las predicciones resultantes se integran en la infraestructura digital de Puertos del Estado para que estos sean accesibles a través de todas las herramientas de las que dispone el área de Medio Físico de Puertos del Estado (CMA, Portus, OPeNDAP, etc.)

Las dimensiones de los dominios objetivo así como la complejidad meteorológica de algunas ubicaciones, obligan a cuidadas estrategias de anidamiento y modelado que aseguren una ejecución operacional fiable y eficaz. El artículo presenta los detalles de las variables predecidas, su integraciónen el CMA así como las particularidades de los modelos y estrategias de integración.

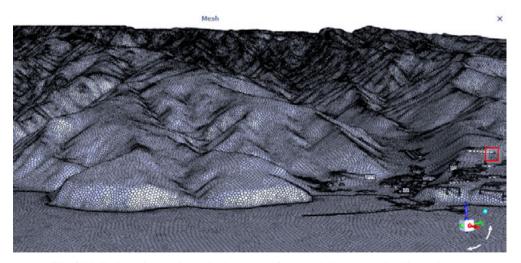


Fig. 2 Mallado típico en dominio de topografía compleja en grandes dimensiones. Oritia&Boreas - Ansys 2022. La Gomera.



Aproximación multiherramienta al estudio del impacto de un emisario submarino en la dinámica costera

Ana M. Bernabeu^a, Aimar Lersundi-Kanpistegui^a, Daniel Rev^a, Rafael Diaz^b

^aCentro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, GEOMA, Edificio Olimpia Valencia, Campus de Vigo, As Lagoas, Marcosende, 36310 Vigo, Spain; <u>bernabeu@uvigo.es</u>, 0000-0002-9623-

1. Introducción

En la actualidad, las costas de todo el mundo están sometidas a una elevada presión debido a su inherente interés turístico y al desarrollo industrial. Una gestión deficiente de las actividades costeras ha generado numerosos problemas ambientales, por lo que es fundamental tener un buen conocimiento del medio litoral para garantizar una adecuada gestión que preserve tanto el medio ambiente como las actividades económicas.

En Galicia, la Ría de Vigo (NO Península Ibérica) es una de las áreas costeras más impactadas por la presión demográfica e industrial. Como consecuencia de esta presión, la ría ha tenido graves problemas de contaminación, que se tradujeron en multas impuestas por el Tribunal de Justicia Europeo relativas a la mala calidad de las aguas y el deficiente tratamiento de aguas residuales. La construcción de una nueva depuradora con hasta 800.000 IE de capacidad, permitió finalmente archivar el expediente impuesto a Vigo.

Esta nueva estación implicaba la construcción de un nuevo emisario de mayor tamaño que los dos actuales y que debía atravesar la Playa de Samil, la playa urbana de la ciudad de Vigo, hasta alcanzar la batimétrica de 35 m en el centro de la ría.

El objetivo de este estudio se centró en analizar el efecto de las diferentes alternactivas propuestas sobre la playa de Samil. Esta investigación se realizó utilizando una estrategia multiherramienta para mejorar los resultados, dada la complejidad del entorno, y para apoyar la toma de decisiones en los primeros pasos del proyecto de construcción.

2. Metodología

2.1. Área de estudio

La Playa de Samil está situada en el margen sur del sector exterior de la Ría de Vigo, tiene 1,9 km de longitud, y una orientación NE-SO. La marea es semidiurna y mesomareal. El clima marítimo presenta una fuerte componente estacional. La dirección de procedencia más frecuente es WNW-NNW (aprox 76%), mientras que la dirección SO, a la que la ría está abierta, está asociada a condiciones de temporal.

^b Acuaes, delegación Vigo, 36201 Vigo, Spain

2.2. Métodos v datos

Este estudio se abordó desde una aproximación multiherramienta. Se obtuvo la batimetría mediante multihaz (Reson SeaBat 8125) y las características del fondo mediante sonar de barrido lateral (SBL, Klein System 3900). Se recogieron un total de 16 muestras de sedimeto superficial en la zona submareal. El análisis granulométrico de estas muestras se realizó por tamizaje en seco (>63) y con sedígrafo (<63). Además, se utilizó un modelo numérico (DELFT 3D) para determinar el transporte de sedimentos bajo diferentes condiciones de oleaje y batimetría (modificada para incluir las diferentes alternativas del trzado del emisario)

3. Resultados

La zona submareal de la playa de Samil está dominada por arenas.

La batimetría obtenida permitió establecer la situación actual del fondo respecto a los emisarios submarinos existentes. Así, hasta unos 12 m de profundidad, se identificaron rasgos erosivos en el lado este de las estructuras y de sedimentación en el lado oeste, de unos 0,5m de profundidad y paralelos a las infraestructuras. La imágenes de SBL confirmaban esta tendencia.

Los resultados del modelo numérico mostraron que el transporte de sedimentos durante el invierno se produce a lo largo de una franja de 300 m de ancho en el sector submareal paralela a la línea de costa, generando acreción en el sector intermareal y submareal somero y erosión en el sector más profundo. El modelo permitió también analizar la mejor alternativa de trazado de las propuestas en función de su efecto sobre la dinámica sedimentaria.

Conclusiones

Se han integrado diferentes técnicas de adquisición de datos y aproximaciones numéricas para explorar la interacción entre dos alternativas de construcción de emisarios submarinos con la dinámica costera de la playa de Samil. Esta metodología multiherramienta permitió descartar las alternativas de trazado de mayor impacto.

Referencias

LERSUNDI-KANPISTEGUI, A.V., BERNABEU, A.M., REY, D., DIAZ, R., 2020. "Multidata study to evaluate the impact of submarine outfall in a beach sedimentary dynamic: the case of Samil beach (Galicia, Spain)". Journal of Marine Science and Engineering, 8 (6), 461.





Metodología y Optimización estadística de datos de viento en la Duna Costera de Valdevaqueros para ecuación de transferencia

Félix P. Martinez-García^a, Antonio Contreras-de-Villar^b, Gregorio Gómez-Pina^b v Juan J. Muñoz-Pereza

^a Dpto. de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, España, felix.martinezgarcia@alum.uca.es

1. Introducción

La duna de Valdevagueros (Cádiz) es un sistema geomorfológico en movimiento, patente de ello son los intentos de contener su avance (Fages-Antiñolo et al. 2007), que evidencia el comportamiento de la duna ante un viento unidireccional de levante (componente E). En este sentido, Sierra et al. (2004), ya evaluaron su avance que puede ser de hasta 1 m/día. En general, ha habido grandes desarrollos en los modelos de circulación global (GCM) (Huebener et al., 2007), pero el pronóstico del viento a escala local es un problema que no se ha resuelto por completo. Se necesita una ecuación de transferencia de viento basada en datos a escala local (Martinez-García et al., 2021) y para ello las campañas de medición deben estar orientadas a este fin. El objetivo de este trabajo es optimizar la toma de datos que permita desarrollar dicha ecuación.

2. Material y métodos

La metodología se basa en la comparación de las series temporales de viento en la estación meteorológica de Tarifa (Cádiz) con los registros de una primera campaña en el año 2012 en la Duna de Valdevaqueros (Cádiz), distante de la estación meteorológica 10 km aproximadamente.



Fig. 1 Localización Duna de Valdevaqueros y Tarifa. Fuente: Google Earth

^bDpto. Ingeniería Industrial y Civil, Universidad de Cádiz, España, antonio contreras@uca

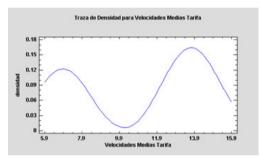
^bDpto. Ingeniería Industrial y Civil, Universidad de Cádiz, España, gregorio.gomez@uca.es

^aDpto. de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, España, juanjose.munoz@uca.es

La investigación se basa en extraer correspondencias entre ambos puntos analizando módulos de velocidad y dirección. Mediante regresión estadística, se establecen las directrices necesarias para diseñar una segunda campaña de toma de datos en la Duna costera que esté totalmente optimizada y metodológicamente adaptada para lograr una ecuación de transferencia entre la estación de Tarifa y la Duna.

3. Resultados y discusión

Una primera campaña genérica permite un análisis estadístico de los datos para obtener los primeros rasgos de la ecuación de transferencia: tipo de distribución, correlación entre datos medidos y desfase temporal entre la ocurrencia de vientos en ambos lugares. Además, el estudio del perfil de viento exponencial de Hellman conduce a las alturas de medición óptimas según el coeficiente de determinación R².



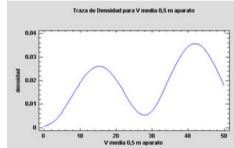


Fig. 2 Distribución de velocidades de viento Tarifa vs. Valdevaqueros. Fuente: Elaboración propia

El resto de los resultados e interesantes conclusiones se expondrán con mayor detalle en la comunicación para las XVI Jornadas Españolas de Costas y Puertos.

Referencias

- FAGES-ANTIÑOLO, L. et al. (2007) "Coastal Management Activities in Valdevaqueros Dune Area (Tarifa, SW Spain)." International Conference on Management and Restoration of Coastal Dunes. http://hdl.handle.net/10498/15020 (January 19, 2019).
- SIERRA, JORGE R. et al. 2004. "Ecosistemas Dunares En La Provincia de Cádiz: Estabilizaciones En Bolonia y Valdevaqueros, T.M. Tarifa." Revista de Obras Publicas 151(3450).
- HUEBENER, H., and Kerschgens, M. (2007). "Downscaling of Current and Future Rainfall Climatologies for Southern Morocco. Part I: Downscaling Method and Current Climatology." International Journal of Climatology.
- MARTINEZ-GARCÍA, F. P., CONTRERAS-DE-VILLAR, A. and. MUÑOZ-PEREZ, J.J. 2021. "Review of Wind Models at a Local Scale: Advantages and Disadvantages." Journal of Marine Science and Engineering 9(3).





Monitorización del litoral mediante el empleo de vehículos aéreos de bajo coste (UAV) en el municipio de Guardamar del Segura (Alicante)

José Ignacio Pagán Conesa^a, Luis Bañón Blázquez^b, Luis Aragonés Pomares^c y Isabel López Úbedad

^aDepartamento de Ingeniería Civil. Universidad de Alicante. De iipagan@ua.es: ^bDepartamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, , Ibanon@ua.es; Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, 👵, laragones@ua.es; Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, (D), lopez.ubeda@ua.es.

1. Introducción

Las zonas costeras son difíciles de monitorizar debido a la compleja interacción entre la topografía, la batimetría, la vegetación y los procesos eólicos y costeros que desplazan la arena a lo largo de todo el sistema. Para detectar los cambios es necesario medir repetidamente su topografía a lo largo del tiempo. La fotogrametría basada en vehículos aéreos no tripulados (UAV) tiene varias ventajas: permite el estudio de áreas específicas con estudios de campo cortos y de alto rendimiento y la frecuencia deseada en la adquisición de datos, produciendo modelos digitales del terreno de alta resolución (Pagán et al., 2019).

Este estudio se centra en Guardamar del Segura, Alicante (España), una zona fuertemente afectada por la presión antropogénica y erosión de sus playas (Pagán et al., 2017). El principal objetivo es evaluar la aplicabilidad de los UAV para realizar periódicamente estudios de precisión a un coste razonable, con el fin de analizar la evolución del sistema costero de playas y dunas, así como evaluar la erosión causada por la regresión del litoral.

2. Campañas de campo y adquisición de datos

El equipo utilizado fue un modelo de UAV de bajo peso al despegue, el cuadricóptero DJI Phantom 4, valorado en 1200 € y con una cámara de 12.4 Mpixel. Se emplearon dianas distribuidas por el área de estudio cuyas coordenadas fueron tomadas con precisión centimétrica por un equipo Leica Zeno FLX100 con corrección GNSS en RTK para servir de puntos de control (GCP) al proceso de georeferenciación fotogramétrico. Se aplicó la metodología desarrollada por Bañón et al. (2019), planificando los vuelos de manera que en 5 pasadas se cubrió el área de estudio, de 5.2 km de longitud y 150 m de ancho (77.5 ha). La altitud de vuelo se fijó en 60 m sobre el nivel del suelo, tomando una imagen cada 2-4 s. La duración fue de 15 min/vuelo. Se han realizado 3 campañas, en Noviembre 2020, Junio 2021 y Noviembre 2021.

3. Creación del MDS mediante SfM v detección de cambios.

El algoritmo SfM permite reconstruir una escena en 3D resolviendo la geometría de las imágenes, las posiciones de la cámara y su orientación simultáneamente utilizando el software Agisoft Metashape. Se obtiene así una nube de puntos densa coloreada que se utiliza para generar un Modelo Digital de Superficie (MDS) en formato raster con una resolución de 450 puntos/m². Este MDS se usó para crear un ortomosaico de 2.5 cm/pix de resolución. El error en XY fue < 3 cm y en Z < 1 cm. Los MDS se procesaron con un sofware GIS para detectar los cambios entre cada periodo de estudio, identificando los cambios en la elevación del terreno y las diferencias en volumen, detectándose que el retroceso de la línea de costa ha afectado a las dunas, erosionándolas gravemente y alterando la pendiente de sus taludes.

4. **Conclusiones**

El litoral de Guardamar del Segura se ha revelado como un excelente sitio de prueba para la metodología propuesta. El complejo ecosistema dunar y las playas advacentes han sido estudiados utilizando un pequeño, ligero y poco costoso UAV comercial. La rapidez de obtención de MDS de muy elevada resolución, cubriendo grandes extensiones a un coste bajo permite analizar la evolución de estos sistemas tan cambiantes con regularidad y en detalle.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada gracias al proyecto GRE19-02 Monitorización intensiva de los procesos litorales en la provincia de Alicante mediante el empleo de vehículos aéreos no tripulados de bajo coste financiado por la Universidad de Alicante.

Referencias

- BAÑÓN, L., PAGÁN, J. I., LÓPEZ, I., BANON, C. y ARAGONÉS, L. (2019). "Validating UAS-Based Photogrammetry with Traditional Topographic Methods for Surveying Dune Ecosystems in the Spanish Mediterranean Coast" en Journal of Marine Science and Engineering, 7, 9, 297
- PAGÁN, J. I., BAÑÓN, L., LÓPEZ, I., BAÑÓN, C. y ARAGONÉS, L. (2019). "Monitoring the dunebeach system of Guardamar del Segura (Spain) using UAV, SfM and GIS techniques" en Science of The Total Environment, 687, 1034-1045
- PAGÁN, J. I., LÓPEZ, I., ARAGONÉS, L. y GARCÍA-BARBA, J. (2017). "The effects of the anthropic actions on the sandy beaches of Guardamar del Segura, Spain" en Science of The Total Environment, 601-602, 1364-1377





Transporte selectivo de minerales pesados en playas de Galicia Ana M. Bernabeua, Daniel Reva

^aCentro de Investigación Mariña, Universidade de Vigo, GEOMA, Edificio Olimpia Valencia; bernabeu@uvigo.es, 0000-0002-9623-6178

1. Introducción

Los placeres son depósitos sedimentarios que se forman como consecuencia de la acumulación y concentración natural de minerales densos de interés económico. Estos depósitos se pueden encontrar en diferentes ambientes como aluvial, eólico, lacustre y marino.

La importancia de los placeres se ha incrementado a lo largo de los años, por ser una de las fuentes principales de obtención de minerales como el estaño (75%), el oro (11%) o el platino (13%).

Las playas son ambientes propicios para la formación de estos depósitos. Sin embargo, en España, según la Ley de Costas 22/88 de 22 de julio de 1988, se salvaguardará la estabilidad de la playa frente a la extracción de áridos, siendo necesaria una evalución de los efectos sobre el dominio público para otorgar autorizaciones.

En la costa de Galicia la presencia de depósitos tipo placer en playas es frecuente. Aunque en la actualidad estas acumulaciones no alcanzan la concentración suficiente para tener interés económico, estas playas son laboratorios naturales para estudiar el comportamiento de estos depósitos y el posible impacto que su extracción puede generar en ambientees costeros.



Fig. 1 Localización de la playa de Montalvo en la costa de la Ría de Pontevedra

2. Metodología

En este trabajo se presenta el estudio realizado en la playa de Montalvo. Esta playa se sitúa en la parte externa de la costa norte de la Ría de Pontevedra, con orientación NO-SE, expuesta al oleaje del SO, que en estas costas es poco frecuente (<8%) pero asociado a condiciones de tormenta.

Se midieron: topografía, muestras de sedimento superficial y de los diferentes niveles de acumulación de minerales pesados y testigos sedimentarios. Se utilizó el modelo SMC para analizar las condiciones hidrodinámicas que afectan a la playa.



Fig. 1 Zanja realizada en la dirección transversal del intermareal de la playa de Montalvo donde se pueden identificar la laminación asociada a la acumulación de placeres.

Resultados

La presencia de minerales pesados se identificó principalmente en el extremo NO, no existiendo evidencias en el resto de la playa. El modelo numérico reveló la existencia de dos células litorales con entrada por la parte central de la playa y la generación de corrientes litorales desde ese punto central hacia los extremos. Esta dinámica favorecía el confinamiento de los minerales pesados y ponía de relieve la existencia de una fuente local.

Se estableció la dimensión total del placer, con una extensión de 200 m en dirección longitudinal y acumulación en láminas hasta más de 1 m de profundidad. La alternancia en la laminación de minerales ligeros y pesados revelaba la actuación de diferentes fenómenos de transporte selectivo.

Conclusiones

Los afloramientos locales situados en la mitad norte de la playa se identificaron como fuente del placer. Estos minerales permanecen estables en la parte alta del perfil. Las diferencias en el transporte transversal del sedimento a lo largo de los ciclos estacionales genera la segregación posterior en láminas con diferentes proporciones de minerales pesados. En este proceso de segregación, los eventos erosivos de alta energía tienen especial relevancia en la configuración del placer.





Un nuevo y más ajustado método para seleccionar entre diferentes arenas de préstamo

Enzo Pranzini a, Giorgio Anfuso b v Juan J. Muñoz b

- ^a Dpto de Ciencias de la Tierra, Universidad de Florencia, Borgo Albizi, 28, 50122 Florence, Italia (enzo.pranzini@unifi.it)
- ^b Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, CASEM, Universidad de Cadiz, Rio San Pedro s/n, 11510 Puerto Real, España (giorgio.anfuso@uca.es y juanjose.munoz@uca.es).

1. Introducción

La importancia de las regeneraciones de playas ha crecido junto con el incremento de la industria turística en las últimas décadas y el desarrollo de grandes dragas capaces de aprovechar de manera económica depósitos de arena situados a grandes profundidades. La compatibilidad de las arenas de préstamo con las nativas de la playa se basa principalmente en las características del tamaño de grano. El Coastal Engineering Manual (USACE, 2002) aconseja un material de relleno cuyo D_{50} sea similar al nativo. De ese modo, se consigue un comportamiento parecido en cuanto al perfil de equilibrio, la respuesta frente a las tormentas y al uso de las playas (Pranzini et al., 2011).

Para poder evaluar la idoneidad de un material de préstamo, Krumbein and James (1965) propusieron unas ecuaciones que nos indican un factor de realimentación. Esto es, el volumen de arena preciso para obtener una unidad de volumen con la misma distribución de grano que la nativa y una vez descontadas las pérdidas por finos. Posteriormente, otros autores (Dean, 1974; James, 1975) ahondaron en el tema, siendo el nomograma de este último (conocido posteriormente como el Ábaco de James) de fácil uso y el más ampliamente utilizado por los proyectistas de realimentaciones de playa (ver Fig 1). Este nomograma proporciona un factor de sobrellenado u Overfill Factor (R_A).

Como fortaleza, indicar que los datos de entrada (M_φ y σ_{φ)} usan los parámetros D₁₆ y D₈₄ de fácil obtención. Entre las debilidades, señalar que precisa una distribución logarítmico normal del sedimento, lo que no siempre es cierto (e.g. Hobson, 1977). Otro defecto importante del método es que no se puede calcular R_A cuando la arena de préstamo está mejor clasificada que la nativa. En este caso, se le asigna un valor 1 si el tamaño es superior y simplemente se declara inestable cuando es inferior (Fig. 1). Eso impide indicar, por tanto, cuál es la mejor entre dos o más posibles fuentes de sedimento.

Stauble (2007) indica que, para una buena predicción de la compatibilidad entre arenas de préstamo y nativa, se precisa de toda la distribución granulométrica. Cumpliendo con esta necesidad, se explicará en esta ponencia un nuevo método que:

- no requiere de una distribución log-normal del sedimento, puede emplear cualquier serie de tamices y no necesita que la arena de préstamo sea mejor clasificada que la nativa
- permite clasificar distintas fuentes de préstamo por su idoneidad y es de fácil utilización.

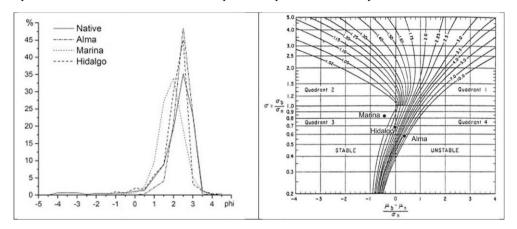


Fig. 1 Tres fuentes de sedimento en una playa italiana y la aplicación del ábaco de James

Tras haberse aplicado en varias regeneraciones de playa en Italia y España (ver un ejemplo en la Fig. 1), el método ha probado su consistencia y utilidad (Pranzini et al., 2018;).

Referencias

- BITAN M., ZVIELY D. (2020). Sand beach nourishment: Experience from the mediterranean coast of Israel. J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8(4), 273.
- DEAN R. (1974). Compatibility of borrow material for beach fills. In: Proc. 14th Int. Conf. on Coastal Engineering, vol. 2, pp. 1319–1330.
- JAMES W.R. (1975). Techniques in Evaluating Suitability of Borrow Material for Beach Nourishment. T.M. 60. CERC, US Army Corps of Engineers, Fort Belvoir.
- HOBSON R.D. (1977). Review of Design Elements for Beach Fill Evaluation. T.P. 77-6. CERC, US Army Corps of Engineers, Fort Belvoir.
- KRUMBEIN W.C. y JAMES W.R. (1965). A Lognormal Size Distribution Model for Estimating Stability of Beach Fill Material. T.M. 16. US Army Corps of Engineers, Beach Erosion
- PRANZINI E. et al. (2011). Sand colour rating and chromatic compatibility of borrow sediments. *J. Coast Research* 26, pp. 798–808.
- PRANZINI E., ANFUSO G. y MUÑOZ J.J. (2018). A probabilistic approach to borrow sediment selection in beach nourishment projects. *Coastal Engineering* 139, pp. 32-35
- USACE (2002). Coastal Engineering Manual. EM 1110-2-1100, www.publications.usace.army.mil





Estrategias para la protección de la costa considerando los efectos del cambio climático en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería.

Jara Martínez Sáncheza, Raúl Medinaa, Íñigo Aniel-Quiroga Zorrillaa, Ignacio Aguirre Ayerbea, Juan Jesús Viadero Andrésa, Cristina Casal Escalonia, Albert Gallego Jiméneza, Ángel Muñoz Cubillo^b, Ana García-Flecher^b

^aInstituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria – IHCantabria, jara.martinez@unican.es (ORCID 0000-0003-4917-4215), raul.medina@unican.es (ORCID 0RCID 0000-0002-0126-2710), inigo.anielquiroga@unican.es ORCID 0000-0001-8528-0010). ignacio.aguirre@unican.es (ORCID 0000-0002-0985-258X), juanjesus.viadero@unican.es (ORCID 0000-0002-0985-258X) ORCID 0000-0002-0302-4943), cristina.casal@unican.es ORCID 0000-0002-9223-4992), albert.gallego@unican.es (ORCID 0000-0001-9038-7250). DG de la Costa y el Mar, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, amunoz@miteco.es y agfletcher@miteco.es.

1. Introducción

En abril de 2022, se han presentado las estrategias de la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) para la protección de la costa en las Islas Baleares, Cádiz, Málaga y Almería considerando los efectos del cambio climático.

Elaboradas entre noviembre de 2019 y febrero de 2022, aspiran a ser una herramienta fundamental para garantizar el buen estado de la franja costera, a trayés de un enfoque conjunto que contempla la importancia de la costa desde el punto de vista ambiental, humano y también socioeconómico, con base en el mejor conocimiento científico-técnico y consenso social.

En la presente comunicación se presentarán las componentes del proyecto y los resultados finales disponibles desde la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

2. Componentes del proyecto

Las componentes de las estrategias se organizaron en 3 paquetes de trabajo:

1°) El diagnóstico que contempla la elaboración de los documentos de información básica, análisis del riesgo de erosión e inundación costera, análisis de la gobernanza, análisis de la percepción de los problemas y, finalmente, el diagnóstico integrado. 2°) La propuesta de medidas, que comprende la elaboración del catálogo de medidas, el desarrollo de una metodología para la selección y priorización de medidas y para su implementación y monitorización, así como la elaboración de la memoria final de las estrategias.

3°) La comunicación y participación pública, que permite planificar e implementar sendos procesos de consulta en el marco del diagnóstico y de propuesta de medidas.

3. Resultados disponibles

Todos los informes técnicos y herramientas informáticas elaboradas se encuentran ordenados según los anteriores paquetes de trabajo y disponibles para su descarga en el siguiente enlace (véase Figura 1):

https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategias-proteccion-costa



Fig. 1 Captura de pantalla de la web del MITECO.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el programa de Apoyo a las Reformas Estructurales de la Unión Europea. Los autores agradecen al personal de la DG de la Costa y el Mar en las Demarcaciones de Costas de Islas Baleares, Cádiz y Málaga y en el Servicio Provincial de Costas de Almería su colaboración a lo largo del proyecto. También agradecen al Coastal & Marine Union - EUCC, la Universidad de Cádiz, el Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB) y MedCities todas sus contribuciones.



Organizadores









Patrocinador Oro



Patrocinador Plata



Patrocinadores

















