

XVI JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE
COSTAS Y 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

Vigo, 11 y 12 de mayo de 2022

Editora científica

M. Esther Gómez-Martín

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Congresos UPV

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 Vigo

© 2024 Editorial Universitat Politècnica de València
www.lalibreria.upv.es / Ref.: 6775_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-000-5

DOI: <https://doi.org/10.4995/CyP.2024.677501>

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 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.

Organizadores



Patrocinador Oro



Patrocinador Plata



Patrocinadores



www.costasypuertos2022.com





XVI JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE
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.



XVI JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE
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



XVI JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE
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
18:00-19:00h. **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

www.costasypuertos2022.com

ÍNDICE

I. SESIÓN 1: 11/05 9:30-11:10

1.1. Obras Marítimas I (Sala 1)

- 1.1.1. Retos durante la ejecución del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL y Carga de Ganado en la Dársena de Escombreras 1

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

- 1.1.2. Proyecto de la Ampliación norte del Muelle Sur de Huelva..... 8

Alfonso Peña, Eloy Pita, Lucas Martín

1.2. Actuaciones en la costa (Sala 2)

- 1.2.1. Acondicionamiento y acceso a la Cetárea de Sarridal en Cedeira. (A Coruña)..... 20

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

- 1.2.2. Análisis del hundimiento de bloques en fondos arenosos..... 28

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

1.3. Puertos: Economía Azul y Estrategia Verde (Auditorio)

- 1.3.1. La descarbonización del transporte marítimo y su impacto en la infraestructura portuaria: competitividad y gobernanza 40

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

- 1.3.2. Producción de amoníaco verde en parques marinos aislados: Proyecto BahíaH2. 52

César Vidal Pascual, Francisco Royano Gutiérrez, Raúl Guanche García

- 1.3.3. Análisis sectorial de los criterios fundamentales para la evaluación de la viabilidad de las instalaciones de generación de energía undimotriz en los puertos 60

Raúl Cascajo Jiménez, Rafael Molina, Luis Pérez-Rojas

1.4. Contaminación Marina y Atmosférica (Sala 6)

- 1.4.1. Metodología para la estimación en tiempo real de las emisiones procedentes de buques, a partir de datos AIS 71

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

II. SESIÓN 2: 11/05 11:40-13:40

2.1. Obras Marítimas II (Sala 1)

- 2.1.1. Obra de refuerzo del dique de abrigo del puerto de Bermeo 80

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

2.2. Procesos litorales (Sala 2)

- 2.2.1. Relevancia del transporte transversal de sedimentos en óvalo valenciano 87

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

2.2.2. Dinámica sedimentaria en la ría de Avilés.....	93
<i>Maria Jesús Martín Soldevilla, José Francisco Sánchez, Patricia Martín Gómez, Ana Lloret Capote, Laura Ruiz Mateo, Olga Mª Sánchez Luzón</i>	
2.2.3. Ensayos en modelo físico para el estudio de rebases en la segunda playa del Sardinero.....	105
<i>Melva Martín Hidalgo, José Francisco Sánchez González</i>	
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 Sofía Sur en Las Palmas.....	117
<i>Clara Pintado Gorordo, Antonia Bordón Guerra, Araceli López Mentado, Antonio Molguero Corredor</i>	
2.4. Clima Marítimo II (Sala 5)	
2.4.1. Evaluación de los datos de oleaje de proyecciones climáticas en la costa española	126
<i>Maria Suárez Bilbao, Melisa Menéndez García, Adrián Acevedo García, Marta Ramírez-Pérez, Héctor Lobeto Alonso</i>	
2.5. Basura y contaminación marina (Sala 6)	
2.5.1. Identificación de fuentes de basuras marinas en playas en España: una aproximación al origen de las basuras marinas que encontramos nuestras playas.....	135
<i>Pilar Zorzo Gallego, José L. Buceta, Juan L. Gil, Marta Martínez-Gil</i>	
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	143
<i>Juan Piñero Coloma, Antonio Baonza González, Diana de la Lama Jiménez, José María Valdés Fernández de Alarcón</i>	
3.1.2. Diques homogéneos de baja cota para la protección de playas y la recuperación de arrecifes de coral	154
<i>Josep Ramón Medina Folgado, M. Esther Gómez-Martín, Patricia Mares-Nasarre, Mireille Escudero, Itxaso Odériz, Edgar Mendoza, Rodolfo Silva</i>	
3.1.4. Análisis de los efectos de escala en ensayos de rebases en modelo físico.....	165
<i>José María Valdés Fernández de Alarcón, Montserrat Vilchez Solís, José Lozano Pedroche, César Gutiérrez Revilla, Alberto López Pecharromán</i>	
3.1.5. Reflexión, disipación y transmisión en diques en talud. Condicionantes del método experimental	176
<i>Pilar Díaz Carrasco, María Clavero, Miguel Á. Losada</i>	
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.....	184
<i>Patricia Martín Gómez, Miriam García Oliva, José Francisco Sánchez González</i>	
3.2.4. Levantamiento topográfico de zonas dunares mediante RPAS: Zonas de gran pendiente.....	196
<i>Francisco Contreras de Villar, Juan José Muñoz Pérez, Antonio Contreras de Villar, Bismarck Jigena, Patricia López García</i>	

3.3. Buques, operatividad y navegación (Auditorio)

- 3.3.1. Aplicación de la tecnología machine learning para el dimensionamiento de las operaciones de remolque en un puerto 207
Antonio Gómez Gómez, David Lucio Fernández, Diego Souto Couceiro, Antonio Tomás Sampedro, Julián García Rodríguez
- 3.3.2. Siflow21. Simulación Predictiva de Capacidad de Canales de Navegación e Infraestructuras Portuarias Basado en Análisis de Datos AIS 217
Carmen Ayuso Bernaola, Raúl Redondo, Raúl Atienza, José Ramón Iribarren

3.4. Inundación Costera y Tsunamis (Sala 5)

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..... 229
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..... 236
Jorge Molines Llodra, M. Esther Gómez-Martín, Josep R. Medina

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

- 4.2.1. Colisiones entre buques y cetáceos: Análisis del tráfico marítimo y riesgo asociado en el Corredor de Cetáceos del Mediterráneo..... 243
Marta S. Jiménez Saavedra, José María Grassa Garrido, Ana Lloret Capote, Isabel Moreno Aranda

4.3. Gestión de Puertos (Auditorio)

V. SESIÓN 5: 12/05 9:00-11:00

5.1. Obras Marítimas III (Sala 1)

- 5.1.1. Campaña geotécnica marina para la ampliación del Puerto de Barcelona..... 255
Amadeu Deu Lozano, Xavier Martí Armengol, Miguel Ángel Pindado Rodríguez, Ramon Griell Bernadó

5.2. Gestión del Litoral I (Sala 2)

- 5.2.1. Regeneración o mantenimiento. ¿Son la solución a la erosión costera?: Caso de estudio Playa de Poniente (Benidorm)..... 264
Ignacio Toledo Sepulcre, José Ignacio Pagán Conesa, Isabel López Úbeda, 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..... 273
María Clavero Gilabert, Pilar Díaz Carrasco, Miguel Á. Losada
- 5.3.2. Revisión de las fórmulas de remonte y descenso por un talud..... 282
Miguel Santamaría Cervantes, María Clavero, Miguel Á. Losada

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..... 293
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 300
Rodrigo García Orea, Antonio Bejarano Moreno, Macario Fernández-Alonso Trueba, Sara Calvo, Ángel Mateos, Laia Ortego, Silvia Troiteiro, Francisco González, Mercedes García
- 6.1.3. Estudio para la ampliación del frente de Almadrabillas y Muelle de Levante en el Puerto de Almería..... 311
María Piedad Herrera Gamboa, Jorge Martín, Pablo Arjona, Jorge Molines, Roberto Pillado
- 6.1.4. Empleo de la tecnología CUBIPOD en la Ampliación del Puerto Pesquero de Elmina, Ghana..... 322
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)..... 329
José Manuel de la Peña Olivas, José Francisco Sánchez González
- 6.2.2. Consideraciones sobre las regeneraciones de playas mediante dragados 338
Ana María Castañeda Fraile, Guillermo Bosch Coiras

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)..... 350
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..... 362
César Sastre Gil, José Luis Orts Egío, Alejandro Perales Juidías, Jaime H. García Palacios, Vicente Negro Valdecantos
- 6.3.3. Aplicación de los modelos SPH al rebase en diques verticales 373
Ignacio Fernández de Bobadilla Hildebrandt, M. Jesús Matín, Paloma Aberturas, Corrado Altomare, Alejandro J. C. Crespo, José M. Domínguez, Moncho Gómez-Gesteira

VII. PÓSTERS

7.1 Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Puertos y Costas

- 7.1.1. Cambio climático. Escenario científico o encrucijada política 385
Nerea Portillo Juan, Vicente Negro Valdecantos, José María del Campo Yagüe

7.2 Clima Marítimo. Oceanografía Física

- 7.2.1. Evolución de la altura de ola en el entorno de la Comunidad Valenciana desde 1958 hasta 2020 391
José Ignacio Pagán Conesa, Pablo Ortiz García, Isabel López Úbeda

7.3 Obras y Estructuras Marítimas

- 7.3.1. Simulaciones Masivas para el Dimensionamiento de Canales de Navegación con Modelo Numérico de Maniobra con Autopiloto..... 397
Lourdes Pecharromán, Leandro Pires, Raúl Redondo y Carmen Ayuso
- 7.3.2. Nuevo diseño de cajón de hormigón armado para cimentación de aerogeneradores 409
Joaquín M. Garrido Checa, Miguel Figueres Moreno, Gloria Argente Garrido, Ángela Pérez Bardal y Lisardo M. Fort Alarcón

7.4 Planificación y Gestión de Puertos

- 7.4.1. Estimación de riesgo de varada en navegación interior mediante simulaciones de Monte Carlo y estimación de squat..... 419
Juan Carlos Carmona, Raúl Atienza, Raúl Redondo, José R. Iribarren

7.5 Procesos Litorales y Actuaciones en la Costa

- 7.5.1. Metodología y Optimización estadística de datos de viento en la Duna Costera de Valdevaqueros para ecuación de transferencia 432
Félix Pascual Martínez García, Antonio Contreras de Villar, Gregorio Gómez-Pina, Juan J. Muñoz Pérez
- 7.5.2. Utilización de vehículos aéreos no tripulados de bajo coste (RPAS) para monitorizar cambios en la costa..... 363
José Ignacio Pagán Conesa, Luis Bañón Blázquez, Luis Aragonés Pomares, Isabel López Úbeda

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

Challenges faced during the Escombreras Berthing Line Adaptation to Livestock and LNG Loading Execution Project

Peña Portillo, Luis^a; Corredor Molguero, Antonio^b; González Esteban, Juan Manuel^c

^aSociedad Anónima Trabajos y Obras (SATO). Edificio Centro Servicios - Dársena Escombreras Cartagena luis.pena@ohla-group.com;^bSociedad Anónima Trabajos y Obras (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.

Abstract

On certain occasions, the design conditions of some projects require complex solutions that are incompatible with the desired simplicity and uniformity. Under these circumstances, an intensive study of each of the challenges is obligatory. In this article, the challenges faced during the Escombreras Berthing Line Adaptation to Livestock and LNG Loading Execution Project have been summarized, a project that required an exhaustive attention to each detail.

Keywords: *Construction challenges, marine works, concrete caissons.*

Resumen

En determinadas ocasiones, las condiciones de diseño de ciertos proyectos exigen soluciones complejas que son incompatibles con la simplicidad y uniformidad deseadas en todas las obras. Bajo estas circunstancias, se hace necesario un estudio intensivo de cada una de las situaciones que se plantean. En el presente artículo, se han puesto de manifiesto los retos enfrentados durante la ejecución del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL y Carga de Ganado en la Dársena de Escombreras, un proyecto que por su propia concepción requería una atención específica de cada detalle.

Palabras clave: *Retos de construcción, trabajos marítimos, cajones de hormigón.*

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 presente artículo describe la complejidad de este tipo de obras, con cajones pequeños y de distintos tamaños, detallando los problemas enfrentados y las diferentes soluciones adoptadas en cada caso.

Tal y como se ha mencionado, 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. La imagen siguiente muestra la situación inicial.



Fig. 1 Estado inicial. Fuente: Google Earth (2020)

Los objetivos de la obra eran diversos. Por un lado, se pretende la creación de un muelle continuo que permita el atraque de un rango de embarcaciones amplio. Por otro lado, se plantea el incremento de la superficie de operación, la renovación del equipamiento y la instalación de nuevos servicios.

El atraque Oeste disponía de una estructura continua de cajones cimentados a la cota -14.00 m mientras que la alineación perpendicular era un atraque discontinuo con cajones de celdas circulares cimentados a la cota -12.5 m. Varios de estos cajones actuaban como duques de alba, siendo estructuras exentas. La protección interior del muelle estaba ejecutada con núcleo de escollera de más de 5 kg, filtro de 100-150 kg y manto de protección exterior de escollera de más de 2 ton.

La solución debía adaptarse a las restricciones anteriores. Ésta se planteó mediante la instalación de 6 cajones de hormigón armado de diversas dimensiones, con un total de 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.



Fig. 2 Esquema en planta de la obra. Fuente: SATO (2020)

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

3.1. Cajones de distintas tipologías

Durante el desarrollo del proyecto, se habían analizado las diferentes alternativas estructurales para la obra. El empleo de cajones de hormigón se mostró como la opción preferente, principalmente por la economía de la

solución y por su menor dificultad constructiva. El diseño final de la obra consideró, por tanto, 6 cajones que abarcan 3 esloras, 2 mangas y 2 puntales distintos.

Una vez iniciada la ejecución, se hizo necesario estudiar las posibilidades de modulación de los encofrados deslizantes de los cajoneros para poder abordar la construcción de las diferentes tipologías manteniendo las ventajas consideradas en la evaluación de alternativas. Con tal objetivo se desarrolló una solución de encofrados modulares que facilitarían la adaptación de los medios a todas las tipologías.



Fig. 3 Manipulación de módulos de encofrados. Fuente: SATO (2020)

Fueron fabricados un total de 5 módulos, con dimensiones de mangas ajustables, permitiendo una adaptación rápida del encofrado durante los periodos entre deslizado de cajones. La manipulación de estos elementos se realizó con grúa telescópica de 300 tons desde el propio muelle. Esta maniobra puede verse en la imagen anterior.

3.2. 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. El amplio rango de periodos propios cubierto por las diferentes tipologías de cajones hacía que una misma solución fuera válida para unos, pero dejara a otros dentro de la zona de riesgo. Ante esta situación, se hizo necesario estudiar de manera individual el amarre y lastrado de cada uno de ellos para establecer una solución específica para cada cajón.

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

La existencia de distintas geometrías externas en las infraestructuras existentes (plataforma, duques de alba y muelle continuo), hizo necesario desarrollar diversas soluciones para las diferentes juntas entre cajones. Estas soluciones debían permitir dar continuidad al muelle cubriendo diferentes separaciones, alineaciones y posibilidades de acceso. Además, estas juntas deberían actuar, en algunos casos, como soporte para la superestructura, lo que requiere cierta capacidad estructural.

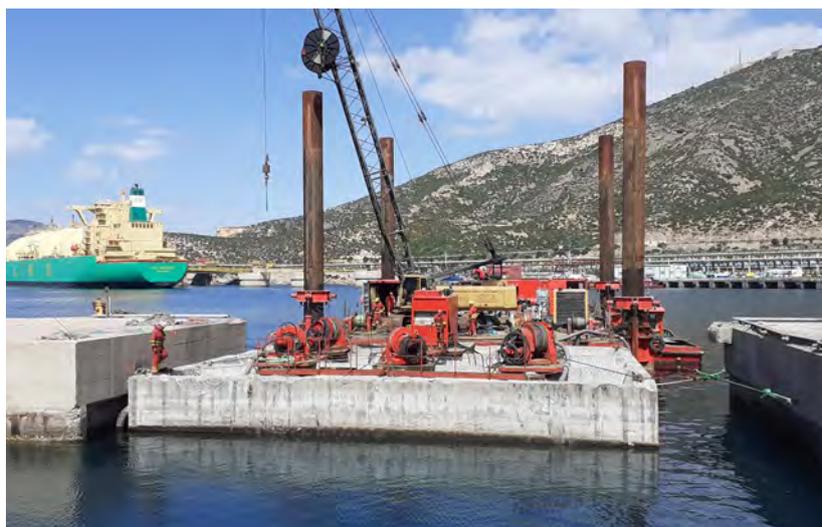


Fig. 4 Fondeo de cajón intermedio. Fuente: SATO (2020)

Entre los cajones 2 y 3 las juntas fueron realizadas con tubos prefabricados de hormigón en el lado mar y bloques ala de gaviota en el lado tierra. En la imagen siguiente puede observarse el proceso constructivo.



Fig. 5 Juntas con bloques prefabricados. Fuente: SATO (2020)

Entre los cajones nuevos y la zona de la plataforma central fueron empleados también este tipo de bloques. La imposibilidad del acceso a parte de la plataforma y la necesidad de evitar afecciones a la balsa lateral de derrames dificultó la ejecución de los trabajos.

Los bloques prefabricados presentaban las siguientes ventajas frente a otras alternativas:

- Facilidad de prefabricación
- Permite su uso en aquellas juntas que no disponen de tetones de cierre
- Permiten ser adaptados a distintos anchos
- Buen cimiento para la posterior superestructura
- Se desarrolló un procedimiento de ejecución con un cálculo específico para garantizar su estabilidad durante los trabajos
- Fácil colocación con buzos

3.4. Diversidad de soluciones para la superestructura

La necesidad de transformar el atraque discontinuo de la terminal existente en un atraque continuo, así como la imposibilidad de acceder al recinto industrial durante los trabajos, hizo necesario desarrollar diversas soluciones para la ejecución de la superestructura que permitieran garantizar esta continuidad en el muelle.

3.4.1. Sección 1 Superestructura sobre cajones nuevos con el muro lado mar alineado con el cantil

La superestructura poseía un vuelo máximo de hasta 1.1 metros y requirió, dada su cota, de anclajes y trepas instaladas con buzos. Los cálculos de estabilidad de este elemento fueron realizados por la Oficina Técnica de SATO y el diseño del encofrado por el proveedor con supervisión de SATO.



Fig. 6 Superestructura sección 1. Fuente: SATO (2020)

3.4.2. Sección 2 Superestructura sobre plataforma y duques de alba existentes con retranqueo

Para superar el voladizo entre soportes de defensas de 6.5 metros, se ejecutó un soporte para el encofrado con vigas HEB apoyadas sobre la estructura existente. La imagen siguiente muestra el esquema del sistema.

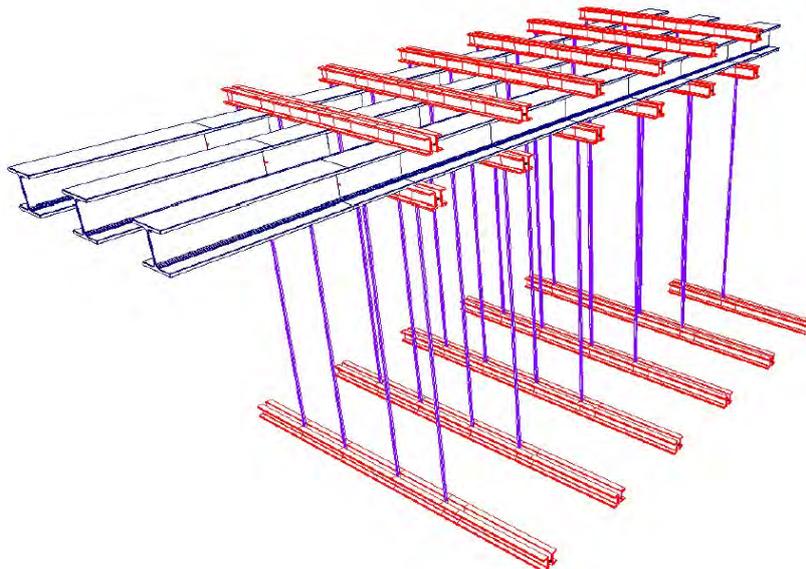


Fig. 7 Superestructura sección 2. Sistema de soporte. Fuente: SATO (2020)

3.4.3. Sección 3 Superestructura en vuelo frente a la zona industrial de acceso restringido

En este caso el voladizo alcanzaba los 13 metros, parte de los cuales no eran accesibles debido a las restricciones existentes sobre la instalación. Se diseñó un soporte continuo y se ejecutó la superestructura en tres puestas diferentes para evitar sobrecargar la estructura.

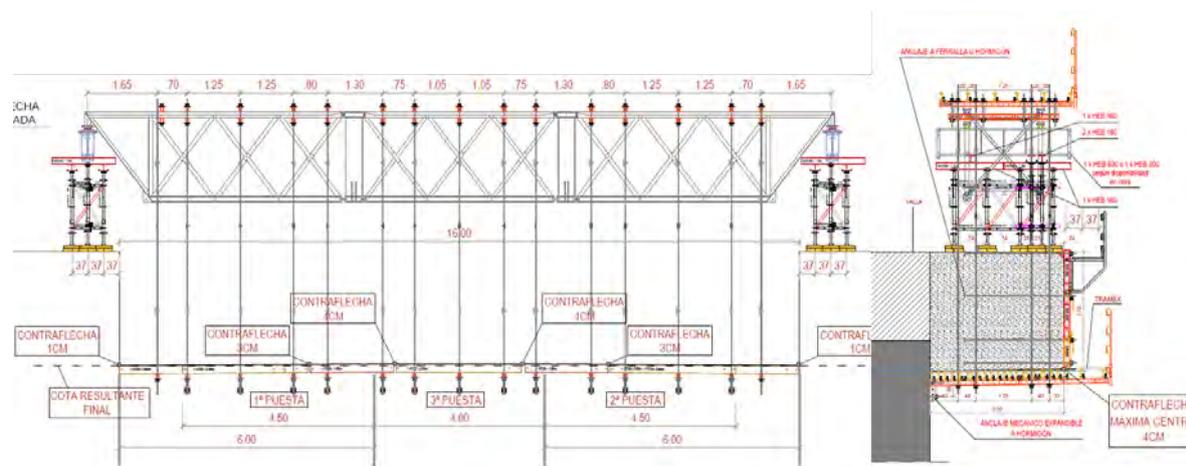


Fig. 8 Superestructura sección 3. Sistema de sujeción. Fuente: SATO (2020)

En los tirantes de soporte se ajustaron las geometrías para genera las contra-flechas necesarias que mantuvieran el fondo plano durante el hormigonado. La imagen siguiente muestra la estructura de soporte sobre el elemento ejecutado.



Fig. 9 Superestructura sección 3. Ejecución de los trabajos. Fuente: SATO (2020)

Los trabajos fueron finalizados alcanzando los objetivos establecidos en el proyecto de ejecución. La infraestructura se encuentra en la actualidad en uso.



Fig. 10 Resultado final de los trabajos. Fuente: SATO (2020)

En determinadas ocasiones, las condiciones de diseño de ciertos proyectos exigen soluciones complejas que son incompatibles con la simplicidad y uniformidad deseadas en todas las obras. Bajo estas circunstancias, se hace necesario un estudio intensivo de cada una de las situaciones que se plantean. En el presente artículo, se han puesto de manifiesto los retos enfrentados durante la ejecución del Proyecto de Adaptación y Mejora para la Carga de GNL y Carga de Ganado en la Dársena de Escombreras, un proyecto que por su propia concepción requería una atención específica de cada detalle.

El desarrollo de encofrados modulares fácilmente adaptables a las diferentes geometrías de los cajones, el diseño de juntas con bloques prefabricados que pueden acomodarse a diferentes tipologías o el análisis específico de los sistemas de cuelgue de los encofrados de la superestructura, son claros ejemplos de esas soluciones hechas a medida e ilustran a la perfección las dificultades enfrentadas en el día a día de una obra de este tipo.

Para SATO, es un orgullo poder presentar el resultado de un proyecto de esta complejidad y exigencia, en el que el esfuerzo y la dedicación de cada miembro del equipo han sido determinantes para lograr la completa ejecución de los trabajos.

Los autores de este artículo desean agradecer su colaboración a las siguientes partes involucradas en el desarrollo del proyecto:

- Autoridad portuaria de Cartagena
- Grupo Tysa
- UTE Muelle GNL

Proyecto de la Ampliación norte del Muelle Sur de Huelva

Project of the North Extension of the South Quay in Huelva

Alfonso Peña^a, Eloy Pita^b y Lucas Martín^c

^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

Abstract

This paper describes the design carried out for the northern extension of the South Quay in the Port of Huelva. The typical section of the quay is based on a front sheet pile wall anchored to a rear sheet pile wall. It is one of the highest quays in the world built with sheet piles without the collaboration of unloading platforms, which has led to the use of enormous resources. A number of optimisations were made during the design process, resulting in major construction savings.

Keywords: *quay, sheet piles, anchorages*

Resumen

El presente artículo describe el diseño llevado a cabo para de la ampliación norte del Muelle Sur de Huelva. La sección tipo del muelle se plantea mediante una pantalla principal de tablestacas anclada en una pantalla de tablestacas trasera. Se trata de uno de los muelles de mayor altura del mundo contruidos con tablestacas sin la colaboración de plataformas de descarga, lo que ha llevado a emplear medios enormes. Durante el diseño se realizaron una serie de optimizaciones que han supuesto un gran ahorro de construcción.

Palabras clave: *muelle, tablestacas, anclajes*

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 consolidado) 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 ha sido construida por la empresa Ferroviaria y está próxima a su finalización.



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

2. Diseño de las obras

La sección tipo del muelle se plantea mediante una pantalla de tablestacas delanteras anclada 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.

2.1. Principales características del muelle

A continuación, se indican las características principales de la obra:

- Longitud: 525 m
- Cota final de dragado de la fosa: -17 m. Anchura final de la fosa de atraque: 60 m
- Secciones tipo: tablestacadas, con dimensiones “record”: 23,5 m de vuelo, por situar coronación a la cota 6,5 m
 - o Tablestacas ancladas en otra fila de tablestacas
 - Sección 1: L=225 m (zona del paleocauce)
 - Sección 2: L=300 m (fuera del paleocauce)
 - Cierre Norte: cierre perpendicular, similar a la sección 2
- Buque de cálculo final: portacontenedores Super Post-Panamax de hasta 9.000 TEU (L=335 m)

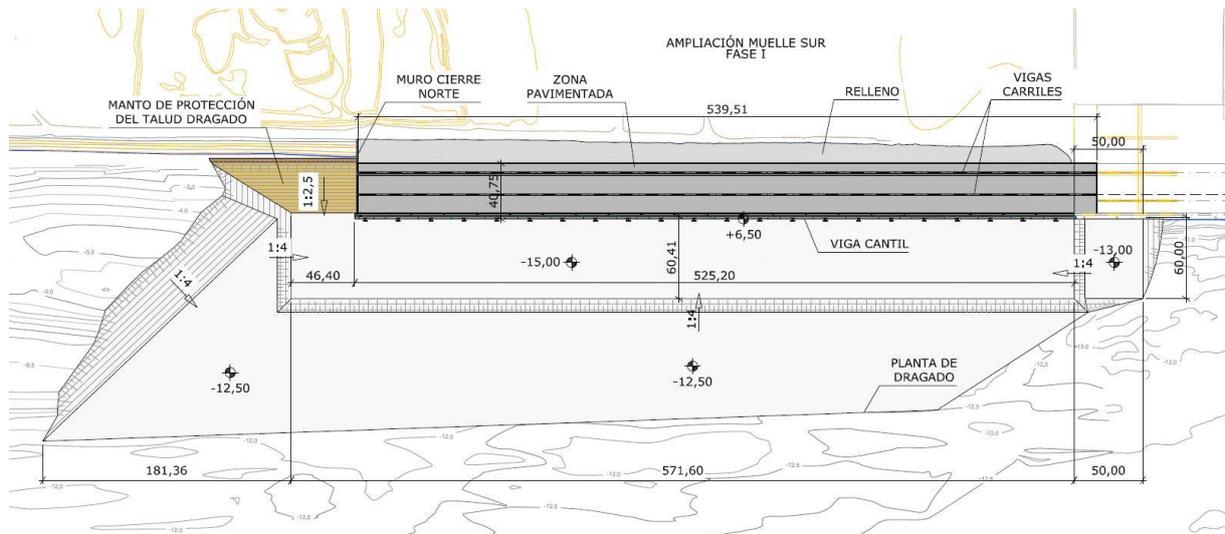


Fig. 2 Planta de las obras antes del dragado a la cota -17. No se incluye el dragado de la canal

2.2. Aspectos singulares del diseño

Las secciones tipo dan lugar a uno de los muelles con mayor altura libre (distancia entre el fondo de la fosa de atraque y la cota del cantil, de 23,5 m) del mundo contruidos 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. Se ha de mencionar que el sismo ha sido condicionante del diseño.

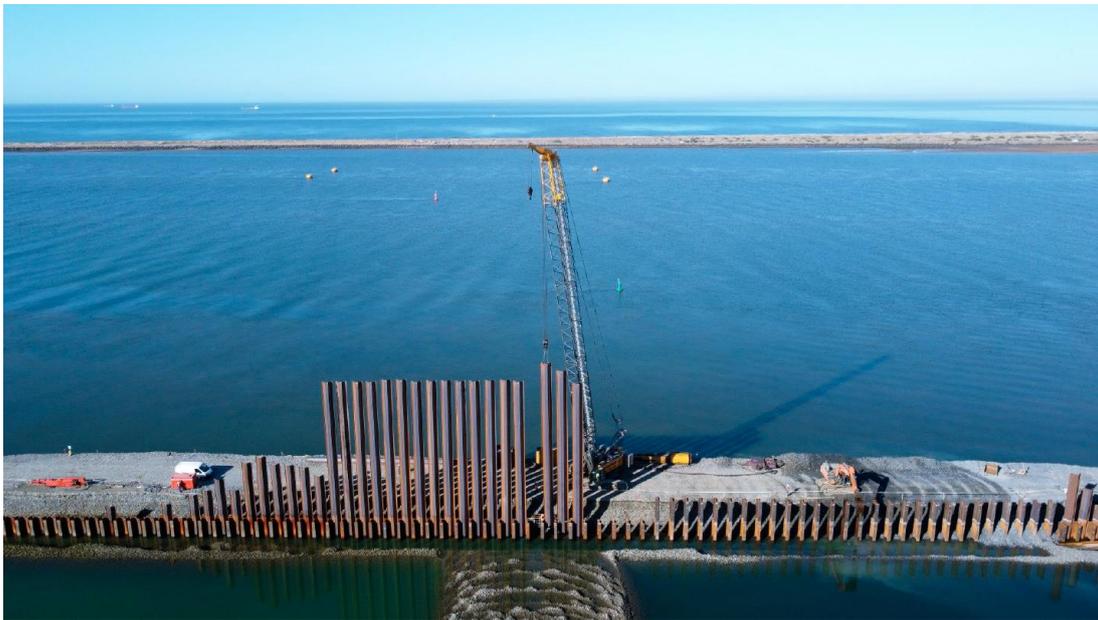


Fig. 3 Hinca de las tablestacas

2.3. Principales acciones y cargas

2.3.1. Sobrecarga de operación

De acuerdo con la ROM 2.0-11, los muelles de contenedores se deben diseñar teniendo en cuenta una sobrecarga de estacionamiento en el área de operación de $q_{op} = 20 \text{ kN/m}^2$ y de sobrecarga de estacionamiento en el área de almacenamiento de $q_{op} = 60 \text{ kN/m}^2$.

Estos muelles también deben contemplar una grúa portacontenedores tipo 17-19 según la ROM 2.0-11.

La anchura del área de operación es de 52 m, de modo que las sobrecargas de almacenamiento se sitúan muy alejadas de la pantalla del muelle y no condicionan su diseño.

Con el objeto de que, en el futuro, este muelle pueda ser utilizado para otros usos la Autoridad Portuaria de Huelva decide considerar una sobrecarga de operación de $q = 30 \text{ kN/m}^2$ y una sobrecarga de almacenamiento de $q = 100 \text{ kN/m}^2$.

2.3.2. Sismo

Se ha incorporado el sismo al diseño del muelle porque se trata de una construcción de importancia especial localizada en una zona con una aceleración sísmica básica de $a_b=0,10g$, de acuerdo con la NCSE-02.

Así pues, se consideran las siguientes aceleraciones sísmicas básicas:

Condiciones de Trabajo	Periodo de retorno	a_b
CT3,31	50 años	0,043g
CT3,32	500 años	0,10g

Tabla 1 Aceleraciones sísmicas básicas consideradas

2.3.3. Buque de diseño

La Autoridad Portuaria de Huelva tiene previsto incrementar el calado en la Canal de navegación a medio plazo. Por ello, la estructura del muelle se ha diseñado para permitir la entrada futura de buques Super-Post Panamax de 9.000 TEUs. De acuerdo con la ROM, se considera que este buque tiene un desplazamiento de 172.000 t, una eslora total de 352 m, una manga de 45,6 m y un calado de 14,80 m.

2.3.4. Carrera de marea

De acuerdo con la ROM 2.0-11 y los niveles registrados por el mareógrafo de Huelva, se considera como nivel más alto +5,52 m y como nivel más bajo -0,3 m.

2.4. Terreno

El terreno está formado principalmente por tres niveles geológicos por debajo del relleno:

- Nivel I. Fangos, Arenas limosas y Arcillas arenosas. Cuaternario
- Nivel II. Unidad Detrítica continental: Arenas y gravas marrones. Plio-cuaternario
- Nivel III. Unidad Detrítica marina: Arenas limosas grises. Terciario

El perfil longitudinal del terreno a lo largo de la alineación del muelle es bastante uniforme, aunque interrumpido por la presencia de un paleocauce cuaternario perteneciente a un afluente de la ría, relleno de materiales granulares y cohesivos alternos, situado en la zona de conexión con el actual muelle Sur (ver siguiente figura). La presencia del paleocauce hace que sea necesario emplear, en este tramo, unas tablestacas con una capacidad superior a la del resto del muelle.

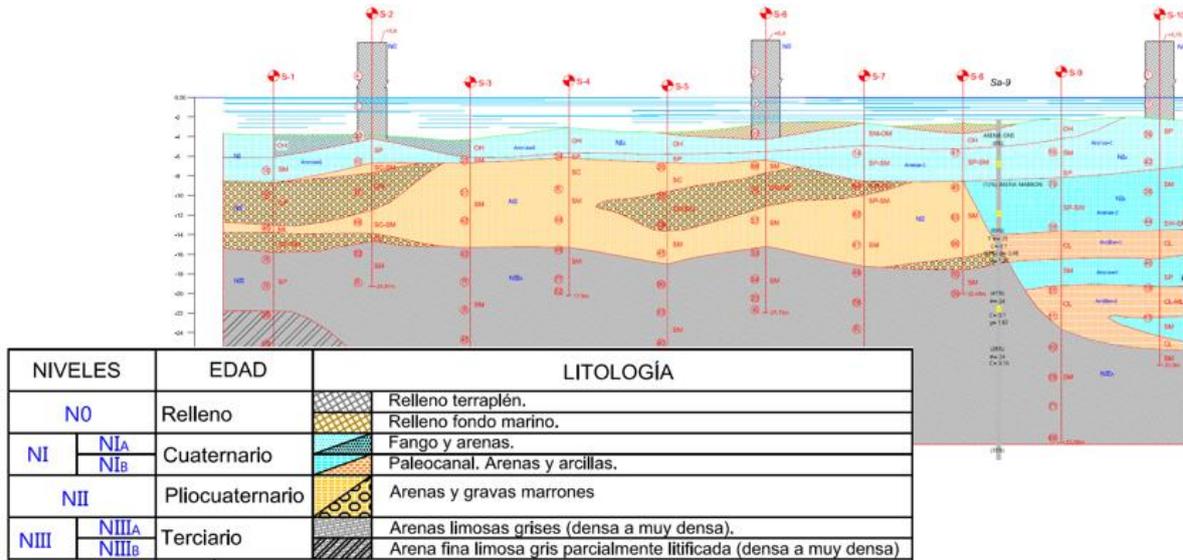


Fig. 4 Perfil geotécnico. El muelle se sitúa entre los sondeos S-5 y S-10. El paleocauce se muestra en el lado derecho

2.5. Secciones tipo: pantallas de tablestacas

Como consecuencia de la caracterización del terreno, en la que se distinguen dos perfiles estratigráficos tipo, se obtienen dos secciones tipo de pantallas:

- **Sección tipo 1:**

Longitud: 225 m (zona del paleocauce)

La pantalla principal: perfiles dobles HZ 1180M D-26 / AZ 26

Cota de coronación de la pantalla: +3 m

Perfiles HZ hincados hasta la cota -30 m

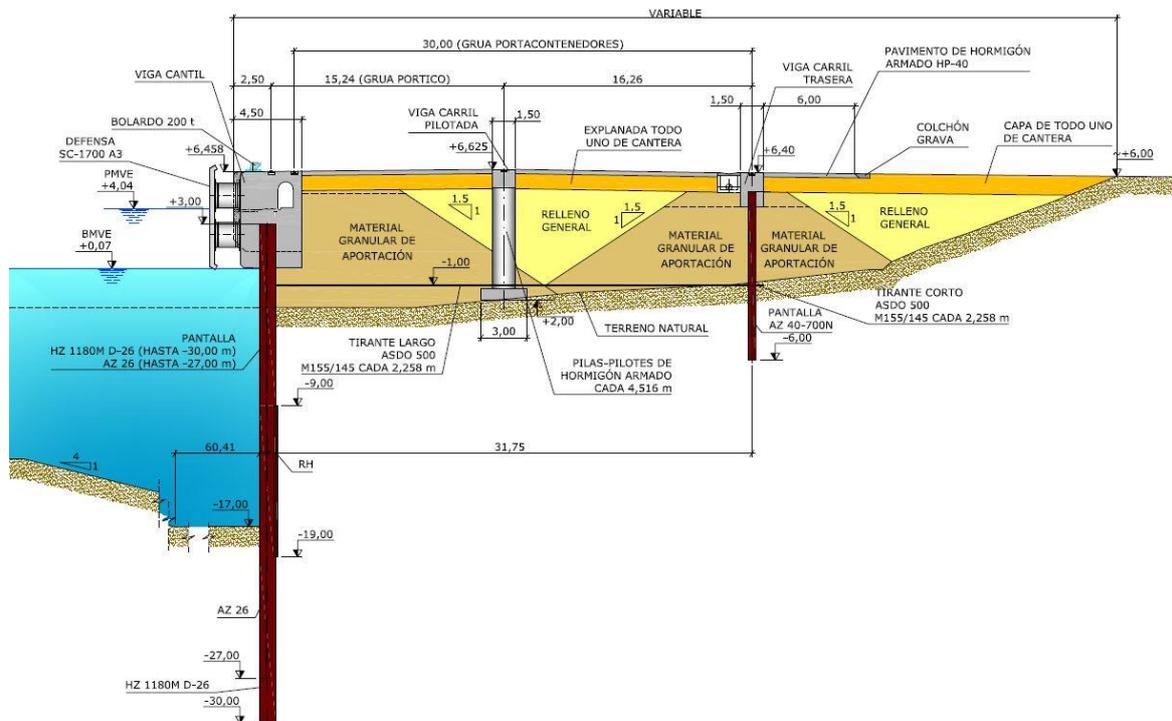


Fig. 5 Sección tipo 1 del muelle de proyecto

- **Sección tipo 2:**

Longitud 300 m

La pantalla principal: perfiles HZ 1180M D-14 / AZ 28-700

Cota de coronación de la pantalla: +3 m

Perfiles HZ hincados hasta la cota -26 m

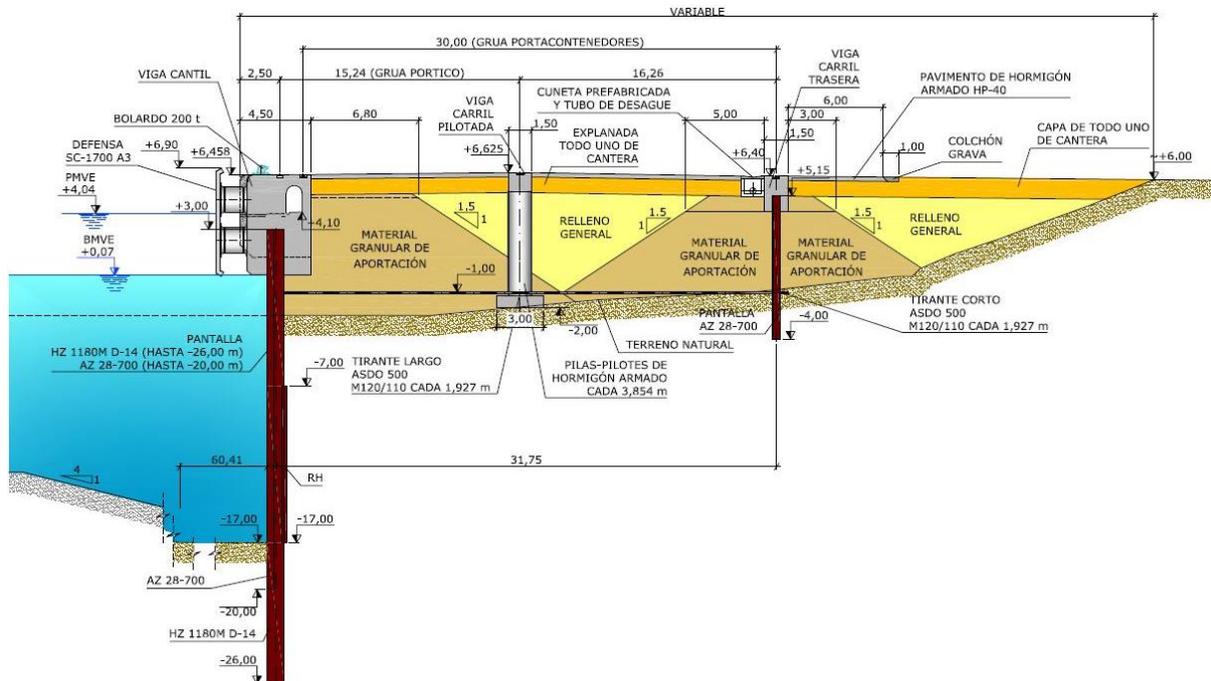


Fig. 6 Sección tipo 2 del muelle de proyecto

La pantalla del cierre norte (cierre perpendicular) emplea los mismos módulos que la sección tipo 2, con longitudes más cortas según va disminuyendo el desnivel de tierras a salvar.

La **viga cantil** se ejecuta sobre la pantalla principal, quedando las tablestacas embebidas en ella. Las tablestacas de la pantalla de anclaje también quedan embebidas en la viga carril trasera, que corona a la cota +6,40 m.

Los perfiles HZ son de acero S 430 GP mientras que los perfiles AZ son de acero S 355 GP.

Se plantea perforar la pantalla delantera en su zona alta entre las cotas -1,43 m y +1,12 m para drenarla y, así, disminuir las cargas hidrostáticas sobre la tablestaca. Para evitar la migración de finos, en dicha zona y en la cara interna de la tablestaca, se adosaría un geotextil.

Las figuras siguientes describen las plantas de los módulos de pantallas proyectados, tanto para la sección tipo 1 como para la sección tipo 2.

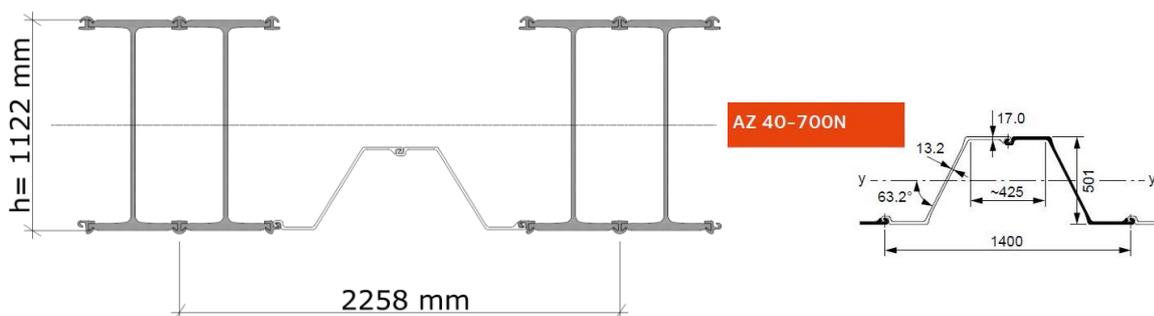


Fig. 7 Detalle del perfil de la tablestaca principal de la sección 1 de la tablestaca trasera (derecha) de la Sección 1



Fig. 8 Detalle del perfil de la tablestaca principal de la sección 2 de la tablestaca trasera (derecha) de la Sección 2

La **Sección tipo** finalmente **construida** sufre algunos cambios, tales como:

- Finalmente, por la evolución de las grúas, no hace falta dar servicio a la grúa pórtico. Ello permite suprimir el carril central y, por tanto, la pila-pilote intermedia.
- Se colocan conectores en la parte superior de los perfiles de la tablestaca delantera para mejorar la adherencia con el hormigón de la viga cantil.
- El trasdós está formado por un solo material.
- Las tablestacas no se perforan.
- La altura de la tablestaca trasera de la segunda sección tipo se iguala a la primera.

2.6. Anclajes

Ambas pantallas están unidas por unos **tirantes** de grandes dimensiones, convenientemente anclados en ambas pantallas. Para no generar esfuerzos de flexión en los mismos, cada tirante está dividido en cuatro tramos articulados entre sí, por lo que se colocan tres rótulas intermedias.

Cada sección tipo dispone de un anclaje distinto:

- Sección tipo 1:

Tirante modular articulado modelo ASDO 500 M155/145 cada 2,258 m

Cota del anclaje: -1 m

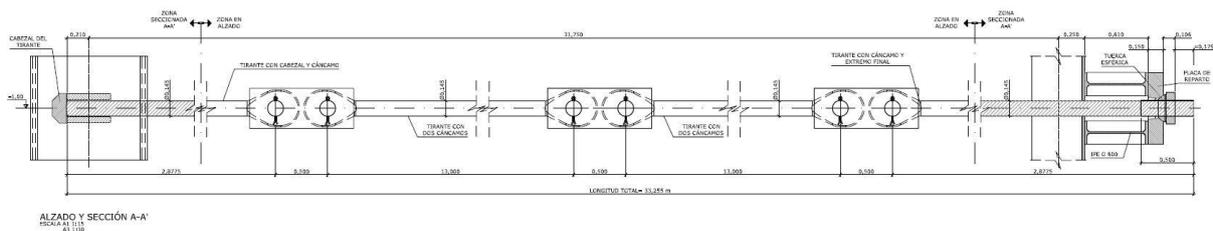


Fig. 9 Alzado de los tirantes de la Sección tipo 1

- Sección tipo 2:

Tirante modular articulado modelo ASDO 500 M120/110 cada 1,927 m

Cota del anclaje: -1 m

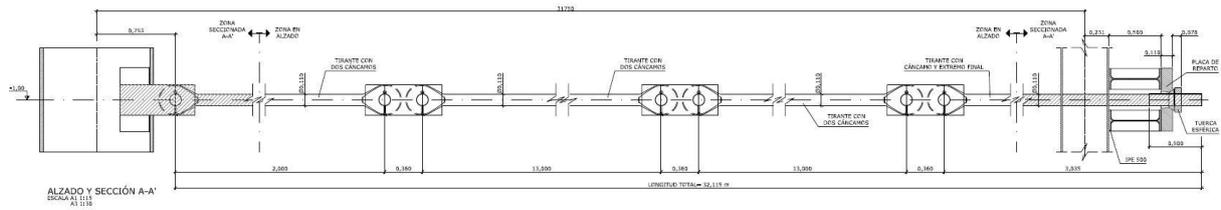


Fig. 10 Alzado de los tirantes de la Sección tipo 2

- **Cierre norte:**

Tirante modular articulado modelo ASDO 500 M120/110 cada 1,927 m

Cota del anclaje: -0,50 m



Fig. 11 Fabricación de los anclajes (izquierda) y pieza para alojar los anclajes en la tablestaca principal (derecha)

2.7. Protección contra la corrosión

La protección contra la corrosión a lo largo de la vida útil se consigue dándole un sobre-espesor a los elementos metálicos.

2.8. Viga cantil

La superestructura de la tablestaca principal está formada por una viga cantil de hormigón armado coronada a la cota +6,50 m en su cara interna. Las dimensiones de la viga cantil son de 4,50 m de anchura y 5,30 m de altura en su sección corriente.

La cara superior tiene una pendiente descendiente hacia el mar del 1%.

Las defensas, bolardos, escaleras y carriles de las grúas se instalan en la viga cantil. Más adelante se describen con mayor detalle.

Delante de las defensas, la anchura se reduce a 4,05 m para permitir la ubicación de las mismas, manteniendo el frente de las defensas en el mismo plano que el de las defensas colocadas en el muelle existente. Además, se ha recrecido el tamaño del frente, hacia abajo, con un faldón, para permitir recibir a cualquier tamaño de defensas.

No se ha mantenido la anchura más delgada de la viga cantil en toda la longitud, ya que ello impediría la colocación de los bolardos: al ser tan grandes, invadirían el espacio destinado a carriles.

La viga cantil tiene una galería de servicios, convenientemente drenada y con accesos cada 24 m.

Los carriles se sitúan en prolongación recta de los carriles del muelle existente, (con una capacidad mayor, para tener en cuenta las nuevas cargas).

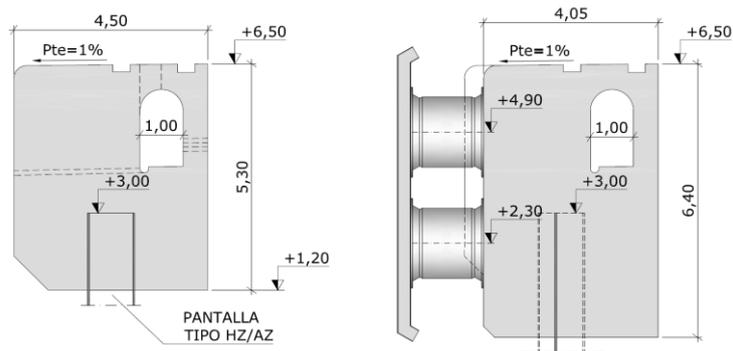


Fig. 12 Alzado de la viga cantil con y sin defensa

2.9. Defensas

Como resultado de los cálculos, se llega a la conclusión de que es necesario instalar defensas dobles, formadas por **dos** cilindros de caucho tipo **SC-1700 A3** colocadas en paralelo **con escudo**. El escudo tiene unas dimensiones mínimas de 6,50 m de altura y 3,20 m de anchura, sin tener en cuenta los biselés superior e inferior.

La distancia entre defensas es de **24 m**. Se han colocado a la mayor cota posible sobre el frontal de la viga cantil. No es prácticamente posible recrecer la viga cantil hacia arriba porque se afectaría al paso de los carriles.



Fig. 13 Escudos de las defensas acopiados en obra

2.10. Bolardos

Se han considerado **bolardos de 200 t cada 24 m**, manteniendo así la distancia entre bolardos del Muelle Sur.

El firmante de este Proyecto habría deseado colocar bolardos de 300 t, ya que, con un ligero sobrecoste, se reduce el riesgo de roturas, sin amenazar la integridad de la estructura, que se ha dimensionado para una carga mayor, por el efecto del sismo. Sin embargo, Puertos del Estado ha considerado que la capacidad de 200 t es más que suficiente.

La ubicación no coincide con la de las defensas, dado que, por su elevado tamaño, no cabrían sobre el estrechamiento, sin afectar al carril existente.



Fig. 14 Bolardos antes de su instalación

2.11. Pavimento

En la zona de operación, definida a partir de la línea cantil hasta 40,75 m lado tierra, se proyecta un pavimento portuario de **hormigón armado HP-40**; con espesor de **0,28 m** ejecutado sobre una **explanada** formada por un todo uno de cantera con espesor de **1 m**.

A partir de 6,75 m por detrás del carril trasero de la grúa portacontenedores; donde termina el alcance del pavimento portuario proyectado (límite de los 40,75 m) se proyecta la superficie con una terminación provisional a base de una capa de 1,25 m de espesor de material **todo uno de cantera** y cuya coronación coincida con la de la zona pavimentada, para facilitar su uso de forma provisional. El primer metro de esta zona se ejecuta con un material drenante (grava) que recoja las aguas que discurren por este tramo de pavimento.

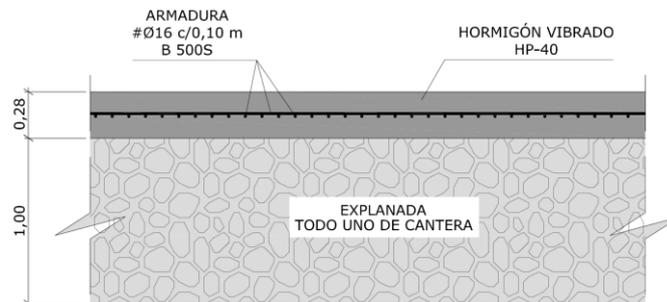


Fig. 15 Detalle del firme

2.12. Drenaje

El drenaje de las aguas pluviales será semejante al del muelle existente, con pendientes del entorno del 1% en el pavimento y recogida del agua en un sistema lineal de cunetas y colectores de drenaje.

Para evitar que el flujo del agua pueda verse interrumpido por el carril trasero de la grúa pórtico, no se ha mantenido la misma alineación para la limatesa, desplazándose ésta hasta la nueva posición del carril.

Antes del vertido a la ría, se coloca una arqueta separadora de grasas, que, a la vez, hace la función de desarenador. Ello exigirá cierto mantenimiento, vaciándola de grasas y arena; cuya periodicidad dependerá de la naturaleza del material acopiado en la superficie del muelle.

En relación con la pendiente de la zona de pavimento situada en el extremo tierra, se ha pensado que dicha pendiente sea descendiente hacia tierra, dado que, de este modo, el carril trasero de la grúa portacontenedores no hace de obstáculo a su fluir.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la planta de drenaje.

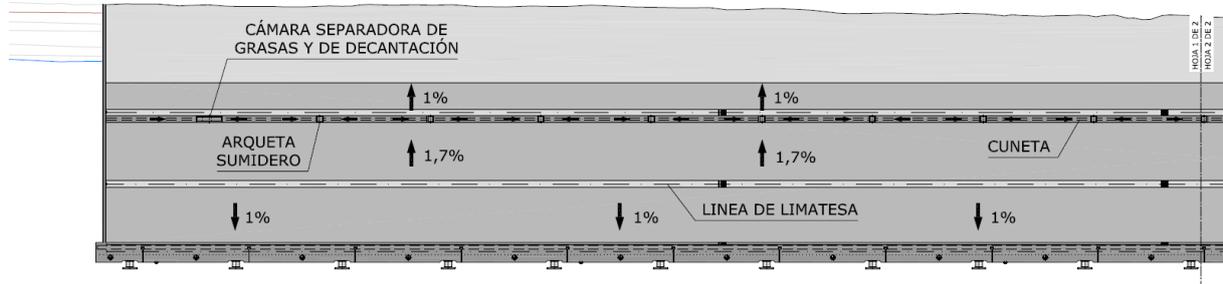


Fig. 16 Planta de drenaje

2.13. Caracterización del material de dragado

El material a dragar en este Proyecto está englobado dentro de las categorías A y C, el cual será vertido en los recintos de la Autoridad Portuaria.

2.14. Señalización marítima

Los cambios de señalización marítima resultantes del Proyecto son:

- Traslado del espeque situado en el extremo norte del muelle existente hasta el extremo norte del nuevo muelle.
- Traslado de la boya 15 hacia el norte, para delimitar el límite de la nueva zona dragada y su intersección con el canal principal.

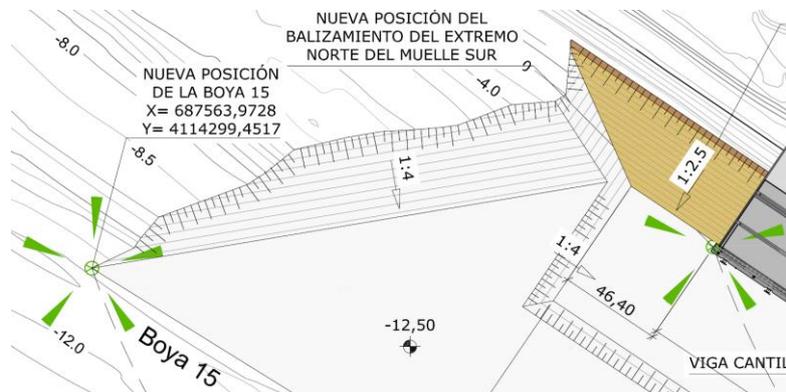


Fig. 17 Planta de la nueva ubicación de la señalización marítima

2.15. Mediciones principales

Las mediciones principales involucradas en el Proyecto se muestran a continuación:

- Dragado (fosa más acceso a la canal), tipo A y tipo C: 1.240.000 m³ (total hasta última fase)
- Tablestacas: 8.1 M kg
- Motas hinca tablestacas: 161.000 m³
- Relleno general: 52.516 m³
- Defensas: 22 unidades dobles SC-1700 (calidad A3)
- Bolardos: 22 unidades

3. Sensibilidad de la sección tipo a la geotecnia y a agentes

Es de destacar que el hecho de proyectar dos secciones tipo diferentes, en función de las condiciones geotécnicas de cada zona, permite una gran reducción de costes respecto de la alternativa de mantener la sección tipo pésima a lo largo de toda la longitud.

Además, a lo largo del diseño, se redujo la sobrecarga de operación desde 50 kN/m² a 30 kN/m²

Estas dos medidas han dado lugar a un ahorro de costes de construcción para la AP de más de 10 millones de euros.

4. Conclusiones

Los muelles de tablestacas son una solución muy ventajosa cuando no se quiere afectar a elementos situados en las inmediaciones.

Increa diseñó una solución de muelle 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.

La ejecución de una campaña geotécnica detallada y el diseño de diferentes secciones tipo adaptadas a la naturaleza del terreno en cada tramo han supuesto un enorme ahorro de construcción. Increa siempre ha sostenido que invertir en ingeniería tiene un impacto notable en la reducción de costes de construcción.

El muelle descrito supone una gran innovación por llevar las dimensiones y cargas a los límites máximos de la experiencia mundial, lo cual permitirá dar servicio a mayores buques, con los beneficios medioambientales que aportan las pantallas de tablestacas.

Referencias

PEÑA LÓPEZ-PAZO, A. (2022). Ampliación norte del Muelle Sur. *Revista del Ministerio de Fomento*, ISSN 1577-4589, N° 721, 2022, p. 56-69.

PITA OLALLA, E. (2014). Nuevo puerto pesquero en Nouadhibou, Mauritania. El reto de la internacionalización de la ingeniería española. *V Congreso Nacional de la Asociación Técnica de Puertos y Costas (Bilbao)*.

PITA OLALLA, E. (2016). Paper 33 – Cómo adaptar las terminales portuarias al incremento de tamaño de los buques. *IX Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria (Buenos Aires)*.

PITA OLALLA, E. (2016). Diseño estructural de elementos de hormigón de gran volumen: espaldones y vigas cantil. *XIII Jornadas Técnicas de Jóvenes Profesionales de la Asociación Técnica de Puertos y Costas (Sevilla)*.

PITA OLALLA, E. (2016). La trascendencia de la ingeniería portuaria. *XXVI Seminario Internacional de Puertos, Vías Navegables, Transporte Multimodal y Comercio Exterior (Buenos Aires, Argentina)*.

PITA OLALLA, E. (2019). Cuatro ejemplos del uso de tablestacas en muelles portuarios. *Jornada Técnica de Tablestacas de Acero (ETSICCPM, Madrid)*.

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

Refurbishment and entry pathway of the old shellfish farm on Sarridal (Cedeira)

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

^a Director de las Obras (Demarcación de Costas en Galicia, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, , <https://orcid.org/0000-0001-5200-6955>, cgil@miteco.es); ^b Autora del Proyecto; ^c Jefe de Obra (TRAGSA, Jpuerta1@tragsa.es); ^d Ingeniero-Jefe. (Demarcación de Costas en Galicia, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Reimil@miteco.es).

How to cite: Carlos Gil Villar, Jezabel Enriquez Castro, Javier S. Puertas Mosquera y Rafael Eimil Apenela mayo 2022. Acondicionamiento y acceso a la Cetárea de Sarridal en Cedeira (A Coruña). XVI Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. Vigo, 11 y 12 de mayo de 2022.

Abstract

Refurbishment of the old shellfish farm on Sarridal (Cedeira) is one of the most significant heritage restoration actions in the Coastal Domain carried out in the province of A Coruña by the Coastal Administration (MITECO). This installation is regarded as an important vestige of ancestral economic activity that gives its name to the town. It has been fully restored, including the improvement of its access ways, interpretation areas and a viewpoint over the estuary. It is a didactic example that allows us to learn about the activity that was carried out in the past, the fauna of this coastal strip, and the parallel evolution of human activity..

Keywords: shellfish farm, heritage restoration, coastal domain, Cedeira, Actions on the Coast, environmental restoration, MITECO, dirección general de la costa y el mar

Resumen

La restauración de la Cetárea de Sarridal en Cedeira es una de las actuaciones de restauración patrimonial en Dominio Público Marítimo Terrestre más significativas realizadas en la provincia de A Coruña por la Dirección General de la Costa y el Mar (MITECO). Esta instalación constituye un importante vestigio de una actividad económica ancestral que da nombre a la villa. Se ha realizado una restauración integral de la misma, incluyendo el acondicionamiento de los accesos, áreas de interpretación y mirador sobre la ría y constituye un ejemplo didáctico que permite conocer la actividad que se desarrollaba en otros tiempos, la fauna de esta franja litoral y la evolución paralela de la actividad humana.

Palabras clave: Cetárea, Patrimonio, Dominio Público Marítimo Terrestre, Cedeira, Actuaciones en la Costa, restauración ambiental, MITECO, dirección general de la costa y el mar.

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 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO) realizó este ambicioso proyecto para poner en valor esta instalación situada en Dominio Público Marítimo-Terrestre, con la restauración de la misma, el acondicionamiento del acceso, y así evitar un mayor deterioro, encargando la realización de los mismos a la empresa pública TRAGSA. Esta actuación fue iniciada a finales de 2021 y finalizada en el primer semestre de 2022 y ha supuesto una inversión total de 374.649.58 € realizada por la Dirección General de la Costa y el Mar (MITECO).



Fig. 1 Situación inicial y final de la Cetárea. Fuente: MITECO (2022)

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. Condicionantes

La complejidad de ejecución de la obra debido a tres factores:

- Dificultad de acceso por vía terrestre y marítima por la aislada ubicación y morfología de la costa
- Ciclos de trabajo reducidos dado que solo se puede trabajar en el interior de la cetárea en periodos de Bajamar
- Las condiciones climáticas en el interior de la ría han generado discontinuidad en las jornadas de trabajo, disminuyendo el rendimiento esperado.

3. Principales actuaciones

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

3.1. Acondicionamiento de accesos y trabajos previos

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. Después de los estudios de estabilidad correspondiente se instala una malla de triple torsión, formada por alambre

galvanizado de 2,7 mm con protección de PVC y apertura hexagonal de 80/100 mm. para mejorar la durabilidad ante el ambiente marino. Se priorizó la colocación de estos elementos de protección para garantizar unas condiciones seguras durante la realización de los trabajos



Fig. 2 Colocación de malla protectora del talud. Detalle de fijación. Fuente: MITECO (2022)

Implantación de medios en la obra. La principal complejidad de esta actuación fue el poder transportar los materiales y maquinaria a la zona de trabajo, dado que no había acceso rodado ni a la cetárea ni a la coronación del acantilado. Por otro lado era inviable realizarlo al necesitar para su ejecución la ocupación del castro de Sarridal, actualmente en proceso de excavación arqueológica. Por ello hubo que disponer de medios marítimos por medio de buques con grúas que solo eran operativas en determinadas condiciones de pleamar. Además, se instaló una tirolina en el alto del acantilado que podía transportar hasta un máximo de 1000 kg. Esta complejidad obligó a que gran parte de las unidades de obra debieran realizarse “in situ”, como el hormigones, morteros y estructuras.



Fig. 3 Implantación de medios marítimos y colocación de tirolina de carga. Fuente: MITECO (2022)

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 adaptó totalmente al entorno con un ancho medio de 1,2 m.



Fig. 4 Acondicionamiento de acceso peatonal con senda de piedra del litoral. Fuente: MITECO (2022)

3.2. 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. En el interior se acumulaba más de 2 m. de altura de arena que se había depositado a lo largo de estas últimas décadas. Para su extracción y dragado se dispuso de equipos de bombeo manipulados por buceadores que permitían evacuar las arenas hacia la pequeña cala de Sonreiras.

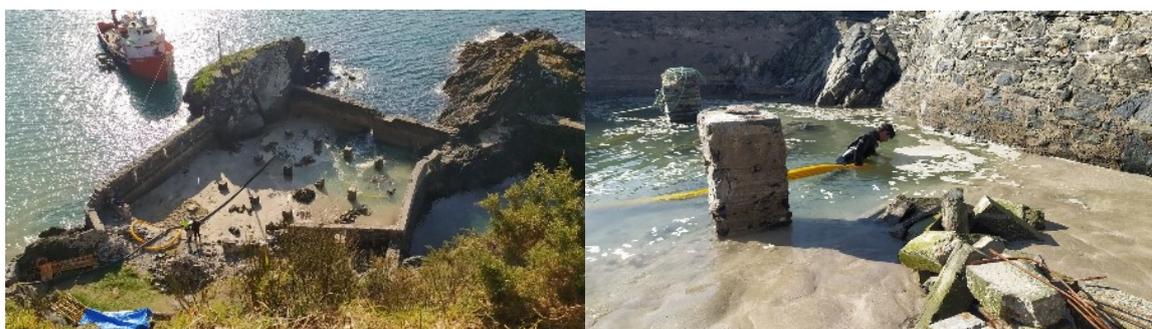


Fig. 5 Dragado de arena con bomba para arena y equipos subacuáticos. Fuente: MITECO (2022)

Una vez retirada una gran parte de arena por este método, se sellaron las fugas que se producían en las grietas de los muros. Después se colocaron unas bombas de agua permitiendo de esta manera el mantenerlo seco gran parte del tiempo y acceder con una mini-pala a su interior. Con esta maquinaria se retiraron residuos de la antigua cubierta y los restos de demoliciones, intruciendo en “big-bags” para su traslado a un gestor autorizado.



Fig. 6 Dragado con mini-pala y transporte residuos a gestor. Fuente: MITECO (2022)

También se procedió a la eliminación de los bloques de hormigón y ladrillos presentes en la fachada y que no forman parte de la estructura original. Los paramentos originales fueron repicados y recebados con un mortero resistente al ambiente marino con una coloración semejante a la mampostería utilizada. Las antiguas ventanas de barrotos fueron sustituidas por otras similares dimensiones de acero inoxidable con un tratamiento superficial.



Fig. 7 Repicado y recebado con mortero de muros y restauración de rejas. Fuente: MITECO (2022)

Se realizó la reconstrucción de la estructura y cubierta original respetando la tipología constructiva original, de este tipo de instalaciones. Se reforzó la estructura con vigas en diagonal con el objeto de transmitir los esfuerzos y cargas de los pilares hacia los muros.

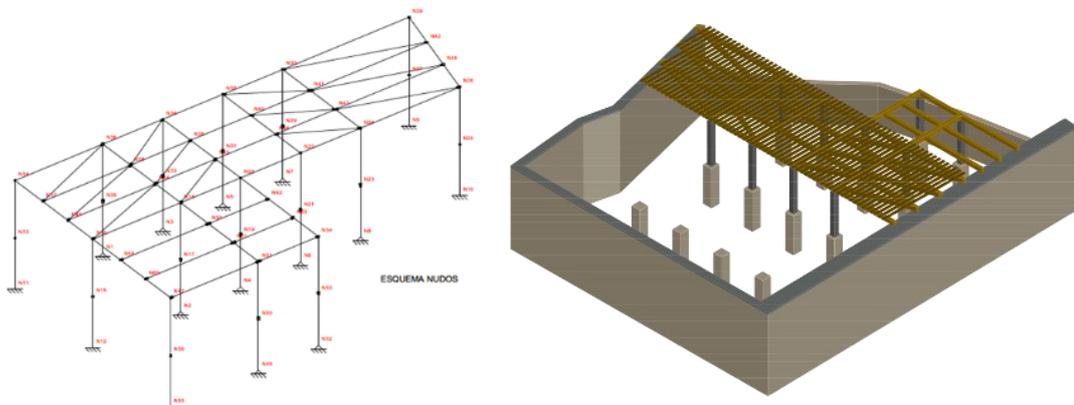


Fig. 8 Esquema de estructura de cubierta e infografía. Fuente: MITECO (2022)

Las columnas interiores que soportan la cubierta donde inicialmente el proyecto tenía previsto realizar pequeñas reparaciones, observó que tenían graves defectos estructurales causados por los últimos temporales,

por ello hubo que proceder a una laboriosa reconstrucción que incrementó el plazo y coste de construcción. También fue necesario implementar un zuncho de hormigón coloreado por la cara superior del muro para evitar su erosión.

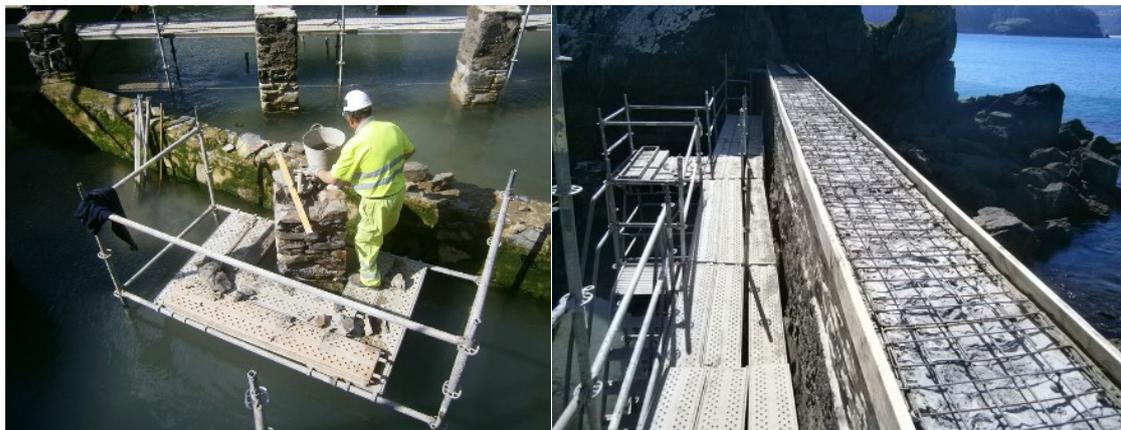


Fig. 9 Reparación estructural de pilares y muro perimetral. Fuente: MITECO (2022)

Se realizó una reconstrucción de la cubierta original respetando la tipología constructiva utilizada en este tipo de instalaciones. Además, se hizo una restauración de la maquinaria antigua existente procediendo al chorreado de arena y repintado de las grúas y mecanismos mecánicos.



Fig. 10 Reconstrucción de cubierta de madera. Fuente: MITECO (2022)

También se colocaron barandillas de acero y cartelería informativa para restringir el acceso a las zonas peligrosas o al interior de la misma.

**Para seguir leyendo, inicie el
proceso de compra, click aquí**