



INGENIERÍA naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es

AÑO XCIII · N°1038 · OCTUBRE 2024



YOUR PROPULSION EXPERTS

100
SINCE 1921



SRP



SRE



STP



SCP



SRP-R



SPJ



STT



SRT

WE KNOW WHAT MOVES VESSELS

WIRESA

Wilmer Representaciones, S.A.

Pinar, 6 BIS 1°

28006 Madrid | Spain

+34 91 4 11 02 85

+34 91 5 63 06 91

✉ ecostoso@wiresa.com

www.schottel.com

Filipinas y el Pacífico

La construcción naval,
la navegación y la metalurgia

1575 - 1850



WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



FONDO EDITORIAL DE INGENIERÍA NAVAL
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEANICOS

Redacción

Nº 1038 • OCTUBRE • 2024

Revista editada por la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España.
Fundada en 1929 por Aureo Fernández Ávila, I.N.

PRESIDENTE DE AINE Y DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA

Diego Fernández Casado, I.N.

VOCALÉS DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA

Francisco Pérez Villalonga, Dr. I.N.

Jesús Valle Cabezas, Dr. I.N.

Luis Guerrero Gómez, Dr. I.N.

Raúl Villa Caro, Dr. I.N.

REDACCIÓN

Verónica Abad Soto, I.N. (Redactora Jefe)

PUBLICIDAD

David Sánchez Rosado

Tel: 682 120 545

comercial@ingenierosnavales.com

revista@sectormarítimo.es

ADMINISTRACIÓN

Noemí Cezón López

DIRECCIÓN

Castelló, 66 - 28001 Madrid

Tels.: 915 751 024 / 915 771 678

e-mail: revista@sectormarítimo.es

www.sectormarítimo.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

DiseñoPar Publicidad S.L.U.

parpubli@parpubli.com

www.parpubli.com

IMPRESIÓN

Imedisa Material de Oficina, S.L.

Tel: 914861606

SUSCRIPCIÓN ANUAL

SUBSCRIPTION FEE (2024):

Electrónica general 90,00 €

Electrónica estudiantes 45,00 €

Papel + electrónica 110,00 €

(sólo España)

SUSCRÍBETE AQUÍ:
sectormarítimo.es



SCAN ME

AÑO XCIII • N.º 1038

octubre 2024

Publicación mensual

ISSN: 0020-1073

Depósito Legal: M 51 - 1958

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO



NOTAS:

No se devuelven los originales. La Revista de Ingeniería Naval es una publicación plural, por lo que no necesariamente comparte las opiniones vertidas por sus colaboradores en los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados, ni se identifica con ellos, y sin que esta Revista, por su publicación, se haga en ningún caso responsable de aquellas opiniones. Los firmantes de los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados son autores independientes y los únicos responsables de sus contenidos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia, pero no la distribución de la revista por ningún tipo de medio (electrónico y/o físico).

CONSEJO TÉCNICO ASESOR

D. Francisco de Bartolomé Guijosa
D. Manuel Carlier de Laval
D. Rafael Gutiérrez Fraile
D. José María de Juan-García Aguado
D. Nandi Lorensu Jaesuria
D. Miguel Ángel Palencia Herrero
D. Mariano Pérez Sobrino
D. Jesús Valle Cabezas

Sumario

Nº 1038 · OCTUBRE · 2024

677

artículo técnico

“Proyecto HIDRAM - Descarbonización del transporte marítimo a través de soluciones de almacenamiento de hidrógeno mediante la generación de amoníaco verde como combustible multipropósito”,
por; L. Mingot; J. A. Durango; E. Martín;
M. B. Cardama; J. Álvarez;
J. F. Plaza Fernández; A. Martínez;
C. Contreras; A. Carneros.

“El Onshore Power Supply (OPS) en el sistema portuario español. Repercusión y Medidas tomadas por nuestros puertos”,
por; J. I. Parra Santiago; D. Díaz Gutiérrez; A. Camarero Orive; R. Pérez Fernández;
N. González Cancelas; J. Vaca Cabrero

709.

conectados

718.

en profundidad

“37ª Copa América 2024 - Un impulso a la innovación y tecnología azul”, por S. Girona

721.

actualidad

733.

coyuntura del sector naval

“El informe Draghi y algunas cosas más”,
por J-E. Pérez García

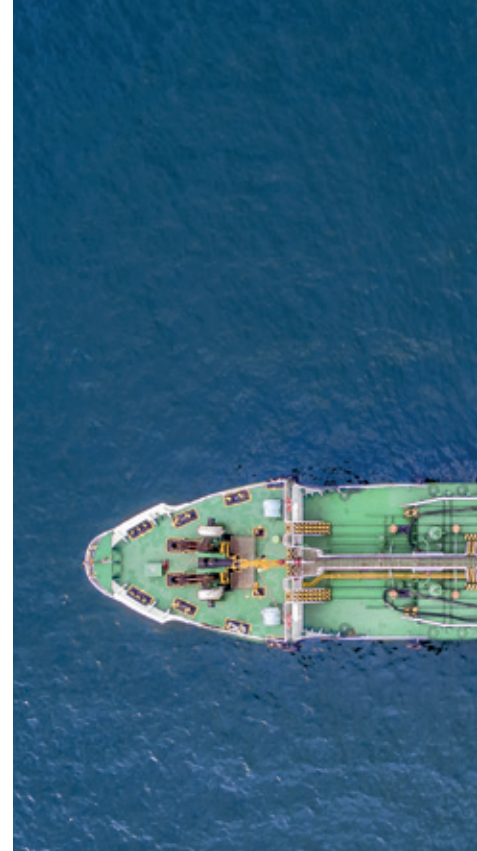
747.

guía de empresas

721

actualidad

Schottel/Wiresa celebra
la segunda edición de sus
Jornadas Técnicas



733
coyuntura
El informe Draghi y
algunas cosas más



715
conectados

Las delegaciones territoriales
en Madrid, Murcia y Valencia
visitan las instalaciones
de Navantia Cartagena



713
conectados

Nuestro compañero y
presidente, Diego Fernández
Casado ingresa en la Real
Academia de la Mar



Editorial

Ya está abierto el plazo de
presentación de trabajos para la
**64ª edición del Congreso
Internacional de Ingeniería
Naval e Industria Marítima**

Del 24 al 26 de marzo de 2025 nos vemos en Gijón



Acabamos de abrir el plazo para la presentación de trabajos al 64º Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima que nos reunirá en Gijón del 24 al 26 de marzo de 2025 en el Palacio de Congresos de Gijón. El lema de este año: “La industria naval y marítima como motor de la economía azul. Por un futuro sostenible para todos”. En esta nueva edición, volveremos a poner sobre la mesa la importancia de la ingeniería naval, en particular, y del sector marítimo, en general, a través del análisis en cuatro áreas temáticas principales: defensa, eólica marina, mercante - buques especiales - cruceros y pesca.

El 64º Congreso cerrará el ciclo de las últimas tres ediciones anteriores, con el objetivo claro que el futuro del sector naval está marcado por la innovación, la diversificación, la sostenibilidad integral y la aspiración a la soberanía nacional, tecnológica, alimentaria y energética, y la imperiosa necesidad de acercar a los más jóvenes a la ingeniería naval y al resto de profesiones que conforman el sector marítimo.

Toda la información está disponible en la web del congreso: www.64congreso.ingenierosnavales.com. Ahí encontraréis toda la información sobre la normativa de presentación de trabajo, las fechas, etc. Además, podréis encontrar la oferta hotelera de la ciudad y próximamente iremos actualizando toda la información.

Fechas clave:

- Título y resumen: 30 de diciembre de 2024
- Trabajo completo: 24 de febrero de 2025
- Presentación: 17 de marzo de 2025

Todos los envíos serán realizados por correo electrónico a la siguiente dirección:

congress@ingenierosnavales.com.





**BUREAU
VERITAS**

Bureau Veritas:

SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN
DE LA UNIÓN EUROPEA

PARQUES EÓLICOS OFFSHORE

@ **JAVIER GONZALEZ ARIAS**
javier.gonzalez-arias@bureauveritas.com

T. 91 270 21 26 **WEB** | WWW.MARINE-OFFSHORE.BUREAUVERITAS.COM



**CERTIFY YOUR OFFSHORE
WIND FARM**



**REDUCE
YOUR RISKS**



**CLASS YOUR
VESSEL**



**CERTIFY YOUR OFFSHORE
WIND FARM**



Proyecto HIDRAM - Descarbonización del transporte marítimo a través de soluciones de almacenamiento de hidrógeno mediante la generación de amoníaco verde como combustible multipropósito



L. MINGOT



J. A. DURANGO



E. MARTÍN



M. B. CARDAMA



J. ÁLVAREZ

J. F. PLAZA FERNÁNDEZ

A. MARTÍNEZ

C. CONTRERAS

A. CARNEROS

Trabajo presentado en el 63º
Congreso de Ingeniería naval e
Industria Marítima, celebrado en
madrid del 24 al 26 de abril de 2024.
Accésit

Resumen

El Proyecto HIDRAM busca ayudar a la descarbonización del transporte marítimo gracias al desarrollo de tecnologías innovadoras relacionadas con la cadena de valor del hidrógeno y del amoníaco, así como potenciar la capacidad de I+D+i de la industria española relacionada con la cadena de valor del hidrógeno. En base a ello, el reto tecnológico de HIDRAM será desarrollar un demostrador pionero en Europa de almacenamiento de hidrógeno verde en forma de amoníaco verde, incluyendo la síntesis de amoníaco a partir del Hidrógeno y dos tecnologías para su conversión en electricidad: una basada en pila multicomcombustible PEM (H_2/NH_3) adaptada al sector naval y otra ba-

ÍNDICE

Abstract / Resumen

1. Introducción

2. Contexto

3. Desarrollos del proyecto HIDRAM

- 3.1. Síntesis del amoníaco basada en catalizadores
- 3.2. Pila de combustible PEM de hidrógeno/amoníaco naval
- 3.3. Desarrollo de una pila SOFC directa de amoníaco
- 3.4. Nuevos materiales para los distintos elementos y depósitos de almacenamiento de combustible

4. Resultados alcanzados hasta la fecha

- 4.1. Síntesis del amoníaco basada en catalizadores
- 4.2. Disociación del amoníaco
- 4.3. Eliminación del amoníaco no disociado
- 4.4. Pila de combustible PEM de hidrógeno/amoníaco naval
- 4.5. Pila de combustible SOFC
- 4.6. Nuevos materiales para los distintos elementos y depósitos de almacenamiento de combustible
- 4.7. Análisis y selección de buques para la integración de los demostradores

5. Conclusiones y próximos desarrollos

sada en pilas de combustible SOFC-H directa de amoníaco. Con ello se espera obtener dos propuestas como soluciones viables y competitivas a la electrificación a bordo de los buques a partir del uso del amoníaco verde como combustible.

Abstract

The HIDRAM Project aims to assist in the decarbonization of maritime transport through the development of innovative technologies related to the value chain of hydrogen and ammonia. It also seeks to enhance the R&D capacity of the Spanish industry related to the hydrogen value chain. Based on this, HIDRAM's technological challenge will be to develop a pioneering demonstrator in Europe for storing green hydrogen in the form of green ammonia, including the synthesis of ammonia from hydrogen and two technologies for its conversion into electricity: one based on multifuel (H₂/NH₃) PEM fuel cells adapted to marine sector and another based on SOFC-H fuel cell directly using ammonia. This is expected to yield two proposals as viable and competitive solutions for onboard electrification of ships using green ammonia as fuel.

1. Introduction

Se presenta en este artículo el proyecto denominado 'Descarbonización del Transporte Marítimo a través de Soluciones de Almacenamiento de Hidrógeno mediante la Generación de Amoníaco Verde como Combustible Multipropósito' (HIDRAM), apoyado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que responde a la Misión 4, 'Impulsando tecnologías de aplicación en el sector naval que mejoren la competitividad en el siglo XXI', incluida en la convocatoria 'Programa Misiones de Ciencia e Innovación 2022 de CDTI (MIP-20221014)', todo ello bajo el programa del PERTE NAVAL.

El proyecto está siendo realizado por el Consorcio HIDRAM, que involucra a un equipo multidisciplinar conformado por cinco entidades:

- ADVANCED THERMAL DEVICES, S.L.
- ASTILLEROS DE MALLORCA, S.A. (Coordinador)
- FRANCISCO CARDAMA, S.A.
- JALVASUB ENGINEERING, S.L.
- VENTOR INNOVATIONS, S.L.

Además, HIDRAM involucra a su vez a tres organismos de investigación (Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC (ICV-CSIC), la UNED y la Fundación CIDAUT) y a una entidad externa especializada en el sector naval (Fundación Centro Tecnológico SOERMAR).

El proyecto comienza en octubre de 2022 y se extiende hasta diciembre de 2024 con una duración total de 27 meses. Se explican en esta ponencia los principales desarrollos que se plantean con esta actuación, así como los avances realizados en materia de I+D a la fecha de realización del presente documento (Marzo 2024).

2. Contexto

El amoníaco (NH₃) se presenta como un combustible alternativo de gran potencial en el sector marítimo gracias sobre todo a las siguientes consideraciones:

- Puede ser utilizado tanto en motores de combustión interna (ICM) sustituyendo a los combustibles fósiles (gas natural y gasóleos) y también en pilas de combustible para generar directamente energía eléctrica.
- Es uno de los sistemas de almacenamiento de H₂ verde más eficientes en peso y volumen (17,6% en peso de H₂), sumado al hecho de que se mantiene en estado líquido a 10 bar y 25°C o 1 bar y -33°C, lo que implica un grado de compresión del orden de 890 respecto al estado gaseoso, lo que supone

5,8 KWh/Kg de NH_3 o 4 KWh/L de NH_3 en términos de energía del H_2 contenido, es decir, se necesita casi la mitad de volumen respecto a utilizar H_2 almacenado a 700 bar.

Las dos características anteriores constituyen la base de su consideración como combustible alternativo y además multipropósito, esto es, no solo es apto para la transición de la propulsión libre de CO_2 sino también para llevar a cabo la electrificación completa del buque a partir de pilas de combustible que requieran de H_2 como combustible primario.

Por otra parte, la producción de NH_3 verde a partir de H_2 verde y N_2 extraído del aire, se basa en la transformación del proceso Haber-Bosch tradicional sustituyendo el H_2 obtenido del gas natural y que genera entre 2,1 y 2,8 Kg de CO_2 por Kg de NH_3 producido (siendo responsable de casi el 2% de las emisiones globales) por H_2 verde obtenido, generalmente por electrólisis del agua y energías renovables.

Este hecho penaliza la eficiencia energética respecto al proceso Haber-Bosch tradicional (en torno a 9 KWh/Kg NH_3), situándose en torno a 12-14 KWh/Kg NH_3 , pero se ve compensado por la eliminación de emisiones de CO_2 , incluso en costes dado el precio creciente de los derechos de emisión. Sin embargo, el nuevo proceso Haber-Bosch tiene las siguientes problemáticas:

- No es viable para plantas con producciones inferiores a 5 T NH_3 /día (5 TMD), siendo incluso discutible a medio y largo plazo (suponiendo coyunturas energéticas estables) para plantas inferiores a 50 TMD, lo que supone plantas de generación renovable superiores a 50-60 MW (500-600 MW a largo plazo) y con inversiones mínimas de plantas realmente relevantes¹.

- Es un proceso continuo que no se puede interrumpir, originando las paradas obligadas y programadas un reajuste profundo de las plantas.

El proyecto HIDRAM tiene como principales objetivos abordar los retos que supone la síntesis de amoníaco verde y su uso como combustible alternativo en el sector naval proporcionando soluciones para la electrificación de los buques y también de las instalaciones portuarias. En particular se están abordando dentro del proyecto las siguientes áreas:

- Síntesis de NH_3 basada en catalizadores con altos rendimientos a bajas presiones que permitan construir sistemas sencillos (producción de 0,1 a 5 T/Día) con presiones de trabajo bajas y siendo además posible el funcionamiento discontinuo para poder utilizar energía proveniente de fuentes renovables como eólica y solar.
- Utilización del NH_3 en pilas de combustible tipo PEM de H_2 mediante la disociación previa del NH_3 , diseñando una pila específica para el ámbito marino que pueda funcionar indistintamente con H_2 y NH_3 .
- Utilización del NH_3 en pilas de combustible directas de NH_3 (SOFC-H), lo que constituye la punta de lanza de las tecnologías de pilas de combustible en la dirección del máximo rendimiento y, de nuevo, multipropósito, pudiendo utilizar H_2 y NH_3 como combustible.
- Desarrollo de nuevos materiales compuestos para los distintos elementos y depósitos de almacenamiento de combustibles.

Gracias a ello se está trabajando en la disponibilidad de una cadena de suministro completa de amoníaco partiendo de la pequeña escala: síntesis, pilas de combustible para su conversión en electricidad y depósitos para

¹ Techno-Economic Challenges of Green Ammonia as an Energy Vector. Elsevier. Academic Press. 2021

almacenamiento y suministro de H_2/NH_3 adaptados a aplicaciones en el sector marítimo, con objeto de evaluar su viabilidad según la escala en distintos casos de uso.

3. Desarrollos del proyecto HIDRAM

El proyecto se basa principalmente en la consecución de los siguientes desarrollos, todos ellos encaminados a contribuir a la descarbonización del transporte marítimo a través del desarrollo propio y nacional de tecnologías innovadoras relacionadas con la cadena de valor del hidrógeno y del amoníaco desde el punto de vista de su uso como combustibles.

3.1. Síntesis del amoníaco basada en catalizadores

La síntesis del NH_3 basada en catalizadores permite realizar el proceso a bajas presiones manteniendo las temperaturas comparables ($400-550^\circ C$), lo que simplifica notablemente los sistemas a nivel de componentes (tuberías, válvulas, controladores de flujo, reactores, etc.) al poder trabajar en el rango entre 1 y 20 bar (incluso entre 1 y 10 bar). Este hecho permite el “desescalado” de las plantas, haciendo viables plantas entre 0,1 y 5 TMD tanto desde el punto de vista de rendimiento energético por Kg de NH_3 producido como en coste/planta, en su repercusión por Kg de NH_3 producido en su vida útil. Por otra parte, estos sistemas pueden funcionar de forma discontinua, acoplándose a la intermitencia de la generación renovable en cualquier grado deseado (dimensionamiento libre del almacenamiento de H_2 intermedio).

En resumen, la síntesis basada en catalizadores en contraposición al proceso Haber-Bosch tradicional permite:

- Cubrir todo el segmento pequeño-mediano de generación de NH_3 verde, evitando

grandes plantas tanto de síntesis de NH_3 como de generación renovable.

- Intermitencia o acoplamiento directo a la generación renovable, permitiendo cualquier grado de almacenamiento intermedio de H_2 .
- Por los dos anteriores, generación distribuida de NH_3 a cualquier escala.

Para que el rendimiento de una planta trabajando entre 1 y 10 bar sea comparable a una Haber-Bosch a 200 bar, los catalizadores deben ser lo suficientemente eficientes para compensar la “ayuda” de la presión en el proceso de síntesis (la presión desplaza la reacción $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$ en el sentido de la producción de $2NH_3$).

El desarrollo de catalizadores de última generación es objeto de una intensa investigación a nivel mundial, especialmente en Japón (pioneros), EE. UU. y Europa (Alemania, España, Holanda y Dinamarca principalmente). Entre los catalizadores candidatos más firmes está el “electride” C12A7:e-, que constituye la base del único sistema actualmente en funcionamiento (como demostrador) en Japón con una producción entre 20 y 24 Kg NH_3 /día llevado a cabo por la empresa TSUBAME participada por MIT-SUBITSHI.

El objetivo de HIDRAM se ha fijado en el desarrollo de un demostrador de síntesis de amoníaco equivalente (una producción de 24 Kg NH_3 /día), basado en el uso de catalizadores en lugar de proceso Haber-Bosch, lo que hará viable su uso en plantas a partir de 0,1 TMD y hasta 5 TMD, el rango donde el proceso de Haber-Bosch no es viable, pero manteniendo el coste energético por Kg de NH_3 producido comparable a Haber-Bosch, lo que supone un total de 14 KWh por Kg de NH_3 producido, contando el coste energético del H_2 verde. Con los rendimientos de los electrolizadores actuales, lo anterior supone

un coste energético de la planta de síntesis de entre 4 y 5 KWh por Kg de NH_3 .

La consecución de este demostrador puede suponer un hito muy significativo a nivel internacional para España, ya que se lograría la independencia del exterior tanto en materiales como en una tecnología clave como esta.

3.2. Pila de combustible PEM de hidrógeno/amoniaco naval

El objetivo principal de esta actividad es el desarrollo y evaluación funcional por separado de demostradores tecnológicos de los componentes principales de un sistema de pila de combustible PEM, compuesto por un módulo de pila de combustible PEM y su balance de planta (en adelante, BOP), de aplicación naval, y que pueda ser alimentada indistintamente por hidrógeno puro y amoniaco (en adelante, SPC PEM naval).

Para facilitar la alimentación con amoniaco verde, el sistema de pila de combustible PEM integrará, en su BOP:

- Un disociador de amoniaco, que permitirá obtener sus componentes elementales, H_2 y N_2 a partir de sistemas catalíticos basados en “electride” (C12A7:e-), con una presencia de trazas de amoniaco menores del 1000 ppm (0,1%).
- Un eliminador de trazas de amoniaco, que sea capaz de reducir la cantidad de trazas de amoniaco procedentes del disociador hasta los límites permitidos por el módulo de pila de combustible PEM, esto es en torno a 0,1 ppm o menor, facilitando así la alimentación del ánodo del módulo de la pila de combustible con una corriente rica en hidrógeno y nitrógeno (inerte para la MEA de la pila de combustible) con cantidades de NH_3 que no dañen la membrana PEM. El

N_2 se puede eliminar de forma selectiva en este mismo módulo, permitiendo la presurización adecuada para la pila PEM.

Por tanto, los tres demostradores tecnológicos que se van a desarrollar y evaluar funcionalmente de forma separada en esta parte del proyecto HIDRAM y que funcionando de forma integrada posibilitarán la generación de electricidad alimentados por amoniaco como combustible primario son:

- Demostrador de módulo de pila de combustible PEM capaz de operar en su ánodo con corrientes de gases ricos en hidrógeno y nitrógeno, con presencia de amoniaco hasta el límite establecido.
- Demostrador de disociador de amoniaco más eficientes y compactos, a partir de catalizadores propietarios basados en “electride” (C12A7:e-).
- Demostrador de eliminador de amoniaco que facilite la óptima eliminación del amoniaco no disociado, a niveles de menos de 0,1 ppm y también la selectiva eliminación del Nitrógeno. Con ello, se pretende poder utilizar las membranas poliméricas convencionales PEM tipo “Nafion” sin que se dañen por la presencia de NH_3 .

En paralelo a la evaluación funcional separada de los tres demostradores tecnológicos indicados, esta actividad también tiene como objetivo la simulación y diseño básico de su integración, con objeto de disponer de un modelo de dimensionamiento e integración para aplicaciones marítimas, las cuales requieren un desarrollo específicamente adaptado de módulos, con las características diferenciales mínimas siguientes:

- Áreas útiles de electrodo superiores a los 400 cm^2 .
- Resistencia a las condiciones ambientales propias del entorno marino, que requiere

la utilización de materiales específicos en elementos clave como las placas bipolares, las placas colectoras de corriente y las placas de cierre.

- Máxima estanqueidad y seguridad de operación.
- Máxima reducción del coste de adquisición, lo que conlleva:
 - La optimización de las capas catalíticas de los electrodos anódicos o catódicos, con la mínima utilización de catalizadores basados en metales nobles (platino) o de su sustitución por otros, libres de platino y por tanto de menor coste, con similares prestaciones.
 - El uso de materiales más económicos en placas bipolares y la utilización de métodos de fabricación más eficientes.

En particular, la operación indistinta con hidrógeno puro, o bien con gases ricos en hidrógeno y nitrógeno con trazas de amoníaco, requiere una configuración del módulo de pilas de combustible, con las siguientes especificidades:

- Una configuración en ánodo abierto.
- Una nueva configuración de MEA:
 - Cuyo electrodo anódico sea optimizado para operar con una mezcla de gases rica en hidrógeno y nitrógeno, con presencia de trazas de amoníaco.
 - Cuya membrana sea compatible con la presencia de trazas de amoníaco procedentes de eliminador de amoníaco que se desarrolle en el proyecto.
- Una nueva configuración de placas bipolares anódicas:
 - Cuyos colectores y canales sean especialmente diseñados para la operación con una mezcla de gases rica en hidrógeno y nitrógeno, con presencia de trazas de amoníaco.
 - Cuyos materiales sean compatibles con la presencia de trazas de amoníaco.

3.3. Desarrollo de una pila SOFC directa de amoníaco

El objetivo es desarrollar un demostrador de pila de combustible SOFC que se pueda alimentar tanto de H_2 como de NH_3 , que funcione por debajo de los $500^\circ C$ y mantenga un régimen mínimo de 250 mW/cm^2 , todo un reto tecnológico en el estado del arte actual. Además, se pretende demostrar que se pueden construir “stacks” a partir de elementos mono celda de forma que se pueda modelizar un factor de escalado, determinando las necesidades de tamaño y número de celdas en función de las necesidades de potencia.

Se plantea una pila de “Óxidos Sólidos” (SOFC), es decir, de alta temperatura, pero con membrana de conducción protónica (SOFC-H). Esto es un reto añadido, dado que desarrollos previos se han centrado en las SOFC-O (conducción aniónica o de iones oxígeno), con materiales muy estudiados como YSZ (Yttria Stabilized Zirconia). Sin embargo, la conducción protónica permite bajar considerablemente la temperatura (por debajo de $600^\circ C$ frente a $800-900^\circ C$ de las aniónicas) al ser un ion con mucha más movilidad y, por tanto, con una mayor conductividad iónica.

Por otra parte, esta configuración evita la posible generación de NO_x en el ánodo debido principalmente a las siguientes razones:

- No hay O_2 en el ánodo en con esta configuración.
- Se trata de trabajar a temperaturas lo más bajas posibles, lo que evita la formación de NO_x en cualquier situación.

Ambas razones son la causa de la intensidad de la investigación reciente en este tipo de membranas. Sin embargo, los materiales base de las membranas protónicas están menos estudiados (especialmente las “pero-

vskitas” tipo ABO_3 , con diversos dopajes). El proceso se inició con la síntesis satisfactoria de BaZrO_3 (comprobada en el ICV-CSIC, con una pureza del orden de 99,95%) que permite abordar el desarrollo de dichas membranas con distintas configuraciones (sólidas o en capa fina nanométrica y micrométrica) con grandes probabilidades de éxito. Después de un extenso barrido de opciones y pruebas, se ha llegado a membranas óptimas del tipo GDC (Gadolinium Doped Cerium Oxide u Oxido de Cerio dopado con Gadolinio) y SDC (Samarium Doped Cerium Oxide u Oxido de Cerio dopado con Samario).

En cuanto a la arquitectura de la pila de combustible, se partía de dos posibilidades:

- Pila integrada, con la disociación de NH_3 realizada en el ánodo añadiendo dicha función.
- Pila compuesta por disociador de NH_3 separado y pila SOFC de H_2 .

Después de múltiples pruebas y estudios de ventajas e inconvenientes se ha llegado a la conclusión de que, en el presente estado del arte, es mucho más práctica, eficiente y viable la segunda opción (disociador separado y no integrado), por las siguientes razones:

- La integrada no evita la formación de NO_x del todo, complicando enormemente el diseño.
- Complejidad del diseño al incorporar una línea de gases adicional en el “stack” con el N_2 separado del H_2 , producto de la disociación del NH_3 .
- Los potenciales del ánodo pueden llegar a ser incompatibles para ambas funciones (disociación de NH_3 y disociación-ionización del H_2 en H^+ para poder atravesar la membrana).

Los retos asociados al objetivo principal se centran en:

- El desarrollo de cerámicas avanzadas que funcionen como membranas protónicas de

alta conductividad a la más baja temperatura posible.

- La utilización de catalizadores específicos tratando de sustituir la familia del platino así como las tecnologías para su deposición:
 - “Electrospray” y “spraying” convencional.
 - Spinning con centrifugadora.
 - Sputtering Pulsed-DC (específico para cerámicas).
 - PLD (Pulsed Laser Deposition) (específico para cerámicas).
- Investigación de los sustratos más adecuados para las “GDL” (Gas Diffusion Layer) y el resto de los materiales que configuran el stack, especialmente el ánodo y el cátodo y los elementos auxiliares como separadores y selladores, placas bipolares, etc.

3.4. Nuevos materiales para los distintos elementos y depósitos de almacenamiento de combustible

El objetivo de esta actividad es el desarrollo de nuevos materiales principalmente basados en composites para la síntesis de NH_3 basada en catalizadores, para pilas de combustible de tipo PEM y de tipo SOFC-H, así como depósitos desarrollados específicamente para movilidad. En concreto se trabaja en las siguientes áreas:

- Desarrollo y ensayo de materiales soporte o sustratos basados en fibra de carbono y fibra de vidrio, que permitan incrementar su eficiencia y alcanzar condiciones ideales de máximo rendimiento (presión-temperatura-flujo). El desarrollo de estos materiales es de enorme interés por su aplicabilidad tanto a la pila PEM como a la SOFC-H.
- Desarrollo de mejoras en materiales empleados para las GDL (Gas Diffusion Layer) mediante la incorporación de nanoestructuras de fibras de carbono específicas.
- Desarrollo de nuevos materiales y procesos

de fabricación de placas bipolares en materiales compuestos que permitan alcanzar los objetivos de rendimiento propuestos en el proyecto, con la fabricación nacional de todo el sistema y con el control de las tecnologías clave implicadas.

- Desarrollo de placas de cierre en materiales compuestos que permiten alcanzar reducciones de peso importantes para movilidad, así como mejoras de prestaciones en la operación en el ámbito naval.
- Desarrollo de materiales soporte o substratos basados en fibra de carbono y fibra de vidrio, para alcanzar un funcionamiento en condiciones de temperatura de la pila SOFC-H (inferior a 500°C), que si bien son sensiblemente más bajas que las de otras tecnologías de pila SOFC (800-900°C), suponen una mejora sustancial de temperatura de funcionamiento, por encima del estado del arte actual (300-400°C).
- Desarrollo de nuevo concepto de depósitos de alta presión para H₂ y baja presión para NH₃ optimizados para movilidad por su bajo

peso, basados en materiales compuestos, así como su proceso de fabricación, haciendo más competitivos tanto los sistemas energéticos completos a embarcar en buques, como el almacenamiento transporte y utilización desde los sistemas de generación distribuida de Hidrógeno o Amoníaco verde.

4. Resultados alcanzados hasta la fecha

El proyecto ha ido avanzando desde su comienzo en los desarrollos indicados de forma simultánea y coordinada, a continuación, se definirán los avances y resultados en cada campo:

4.1. Síntesis del amoníaco basada en catalizadores

El parámetro que define la eficiencia de un catalizador es, principalmente, la cantidad de mili moles (o micro moles) producidos de NH₃ por cada gramo de catalizador a la hora,

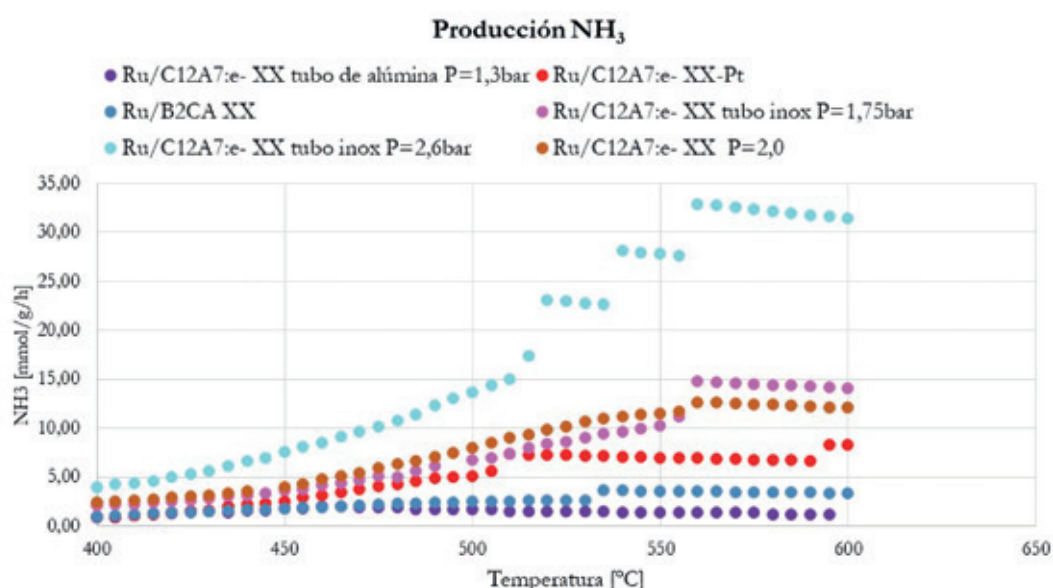


Figura1. Como referencias, a nivel internacional, se dispone de datos publicados por la Universidad de Tokio (equipo del profesor Hosono) y de ensayos realizados por “Leibniz Institute of Catalyt” y otros, detallados en la Tabla 1:

Tabla 1.

Resultados reportados catalizador Ru-C12a7:e

	mmol/gr.h	Condiciones
Univ. Alemania	2,5	Máx. a 360 °C, 2,5 mmol/g.h
Univ. Tokio (Prof. Hosono)	2,76	Máx. a 400 °C, 2,76 mmol/g.h

esto es, mmol/g.h. Es un parámetro que no solo independiza la cantidad de catalizador utilizado en cada configuración de prueba sino que permite comparar el comportamiento de cualquier candidato con las condiciones correspondientes de temperatura y presión. La presión actúa de forma casi lineal, con un incremento de la eficiencia con el aumento de presión, mientras que la temperatura tiene un comportamiento muy definido: En general, aumenta la producción de NH_3 hasta los 300°C-350°C, llegando a algún pico entre 300°C y 600°C y cayendo a partir de esta temperatura por el predominio de la disociación. Se trata de situarse en el punto óptimo de temperatura y que ésta sea lo más baja posible (menor energía consumida para la síntesis).

Con estas definiciones y parámetros clave, utilizando presiones de referencia realmente bajas (entre 1,2 y 2,7 bar) se han obtenido los siguientes resultados de NH_3 producido en mmol/g.h con distintas combinaciones de catalizadores según temperatura y con la presión como parámetro. (Ver Figura 1)

Como se puede observar, se están obteniendo resultados por encima de lo reportado. Como se aprecia, con ensayos a presiones entre 1,3 bar y 2,6 bar, se llegan a alcanzar más de 10 mmol/g.h con algunos casos superiores a 30 mmol/g.h, muy por encima de los valores habituales entre 2 y 5 mmol/g.h. En cuanto a la temperatura, hay que significar que una vez realizada la calibración de la temperatura medida (tomada en los calefactores) respecto a la real en la que se encuentran los gases y el catalizador, existe una diferencia de 50 °C aproximadamente, con lo que la temperatura real del reactor es

de unos 50 °C menos que la representada en el eje de la gráfica (medida en el calefactor). Así, los picos máximos ocurren en torno a 500 °C en lugar de 550 °C. Actualmente, los puntos óptimos se están situando entorno a los 450 °C, manteniendo el parámetro mmol/g.h por encima de 10.

Aunque el avance de distintas entidades de investigación es imparable, no cabe duda de que el proyecto HIDRAM presenta unos resultados de primer nivel respecto al estado del arte.

Con el parámetro anterior, es posible estimar el dimensionamiento del sistema final. Por ejemplo, para obtener 1 Kg de NH_3 a la hora, que supone 58,8 moles de NH_3 a la hora, con un valor de 10 mmol/g.h, se necesitarán $58,8/0,01 = 5.880$ g de catalizador para el reactor completo. Sabiendo que el reactor se configura en tubos capilares que contienen el catalizador, agrupando éstos en tubos básicos y los tubos en módulos, se dispone del parámetro clave para definir la arquitectura óptima conociendo la cantidad contenida en cada capilar del reactor, pudiendo definir, a partir de este punto, el número de capilares por tubo y el número de tubos por módulo.

Como se aprecia claramente, la sensibilidad respecto al parámetro mmol/g.h es muy relevante. Por ejemplo, si se consigue estabilizar el sistema por encima de 30 mmol/g.h, la cantidad de catalizador pasaría a ser de 1.960 g, con el consiguiente impacto en coste (lineal con la cantidad de catalizador) y volumen del sistema.

Por otra parte, es necesario realimentar los gases que no han producido NH_3 ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2$)

por lo que a menor tasa de conversión mayor es el número de ciclos de realimentación y, por tanto, más consumo de energía al tener que calentar los gases en cada ciclo.

Este hecho es especialmente significativo por lo que, nuevamente, el parámetro mmol/g.h es determinante para optimizar el consumo energético de la conversión, siendo el objetivo principal del proyecto: situarlo entre 4 KWh y 5 KWh por Kg de NH_3 producido, lo que situaría al sistema a la altura de Haber-Bosch en cuanto a coste energético por unidad producida pero a pequeña escala, aspecto inalcanzable, tal como se ha detallado anteriormente, mediante el proceso Haber-Bosch.

En conclusión, la viabilidad de los sistemas alternativos a Haber-Bosch a pequeña escala basados en catalizadores depende, fundamentalmente, del parámetro obtenido en el reactor expresado en mmol/g.h (mili moles de NH_3 por gramo de catalizador y hora). En

este punto, el proyecto HIDRAM presenta unos resultados en la vanguardia del estado del arte.

4.2. Disociación del amoníaco

El comportamiento de los sistemas desarrollados para la disociación de amoníaco en sus componentes constitutivos ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2$) está arrojando unos resultados muy por encima de lo esperado.

Como se observa en la figura 2 (Disociación de NH_3 (%) a distintas temperaturas), la disociación es prácticamente completa, con menos de un 0,5% del amoníaco sin disociar (en el cierre del presente artículo, se ha conseguido bajar incluso del 0,1%).

Dado que no merece la pena tratar de recuperar el 0,1% al 0,5% del amoníaco tratado, es posible diseñar los sistemas en un solo paso por el reactor, evitando realimentaciones, lo que no sólo impacta en la sencillez y

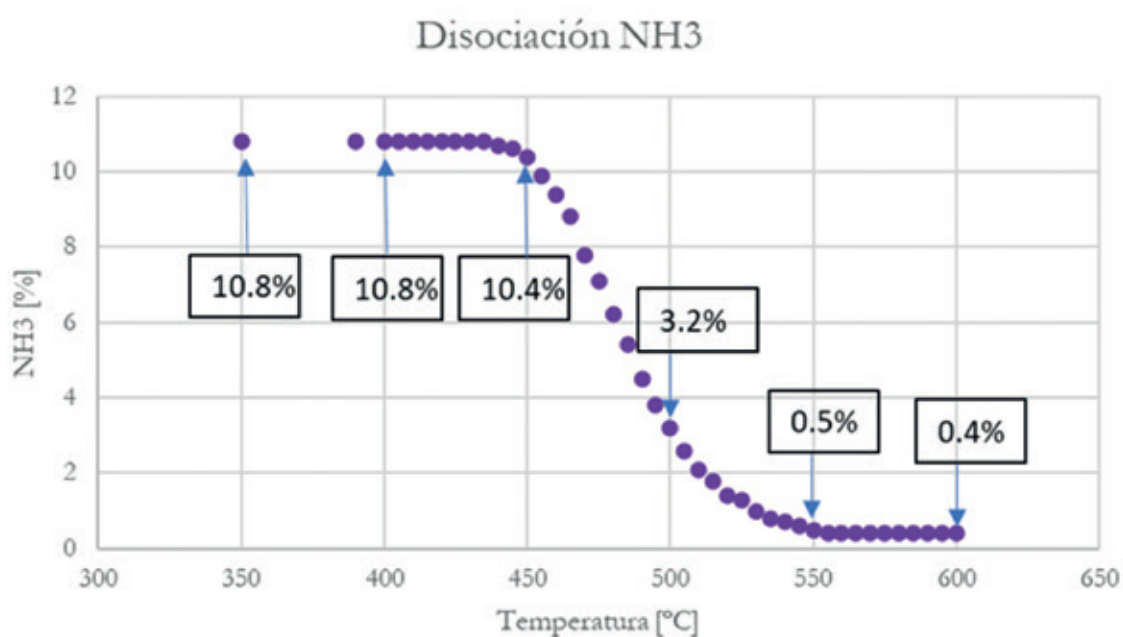


Figura 2.

volumen del sistema (y, por tanto, en el coste), sino en el balance energético final.

De esta forma, se espera alcanzar el objetivo de unas pérdidas totales inferiores al 30% del equivalente a la energía del H_2 contenido en el amoníaco procesado, lo que supondría un auténtico hito al estar la mayoría de los sistemas muy por encima del 50% de pérdidas.

4.3. Eliminación del amoníaco no disociado

Es necesario eliminar cualquier traza de amoníaco en el hidrógeno obtenido por disociación para alimentar a la pila PEM (debido a la degradación en el tiempo de la membrana polimérica), los resultados obtenidos hasta el momento son muy prometedores.

En una primera fase se han determinado los materiales más adecuados para una primera adsorción de NH_3 . Después de muchos ensa-

yos, la zeolita tipo “13X” resulta ser la óptima teniendo en cuenta su disponibilidad y coste, con una determinada disposición del sistema reactor y tratamientos previos de la zeolita base.

Como se observa en la figura 3, se obtienen por debajo de 20 ppm (en torno a 14 ppm) de una forma prácticamente constante independiente de la concentración de entrada de NH_3 que, a su vez, va a ser muy baja según los resultados obtenidos para el disociador (menor que 0.5%).

El resultado anterior ha sido mejorado notablemente, llegando a máximos de 2 ppm (un orden de magnitud inferior). Se considera que el rango 2 a 5 ppm va a ser el máximo posible en esta etapa y con este tipo de materiales.

Para la desorción (limpieza) del filtro de zeolitas, se dispone de dos sistemas en paralelo con uno de modo captura y otro en modo desorción (conseguido por temperatura),

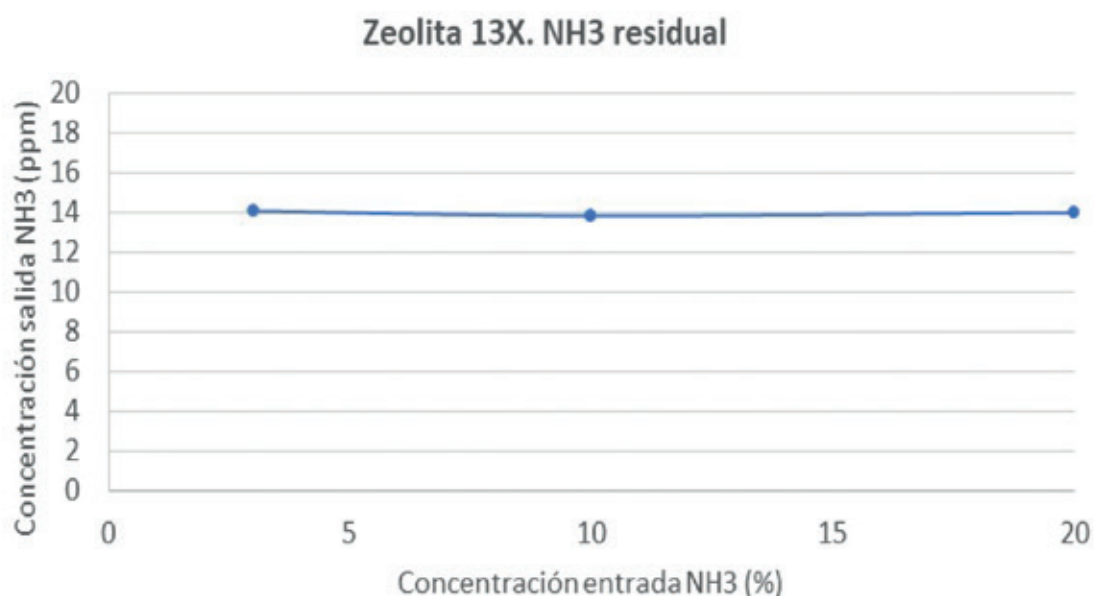


Figura 3.

con un sistema final de captura del NH_3 en agua. Obviamente, cuanto mayor es el factor de conversión del disociador (menor amoniaco residual) mayor es el tiempo de adsorción antes de saturación de los filtros.

En todo caso, esto será transparente para el usuario dado que el sistema se “auto limpia” con el sistema propuesto.

A continuación de esta etapa de primera adsorción del NH_3 se dispondrá de una segunda que denominamos de “super adsorción” que, partiendo de menos de 5 ppm a su entrada, proporcionará una salida de gases con menos de 0,1 ppm de amoniaco, objetivo para la pila PEM. Para ello se están desarrollando otro tipo de materiales, fuertemente polares, cuyo comportamiento final se espera se corresponda con el esperado.

Finalmente, se dispone de un filtro de N_2 para obtener o bien H_2 puro o con cantidades deseadas de N_2 que puede servir a su vez como gas presurizante para la pila PEM.

4.4. Pila de combustible PEM de hidrógeno/amoniaco naval

Se ha acometido el desarrollo y la evaluación funcional del demostrador tecnológico de módulo PEM naval analizando sus características en baja y en alta temperatura, incluyendo el análisis del comportamiento electroquímico de diversas configuraciones de MEAs con componentes comerciales ensayadas en Monocelda, primero a escala reducida y después a escala real.

Se ha hecho un estudio con distintos tipos de membranas poliméricas disponibles comercialmente para tratar de encontrar las más resistentes y tolerantes para su utilización con amoniaco, y a la vez se está analizando la posible utilización de membranas

protónicas cerámicas ultrafinas propias, en relación con su tolerancia al NH_3 .

Se ha hecho un estudio de los distintos catalizadores comerciales en base platino sobre carbono existentes en el mercado para determinar los más apropiados para este proyecto, y paralelamente se ha comenzado a sintetizar y probar nuevos catalizadores propios de bajo contenido de platino para probar su compatibilidad con el uso de mezclas de hidrógeno, con nitrógeno y trazas de amoniaco.

Se han sintetizado hasta cuatro muestras diferentes con distinto contenido de platino a partir de materiales básicos como un carbón electro conductor con muy alta área superficial y una sal precursora, y se han probado en MEAs a escala reducida para comprobar sus prestaciones. Como conclusión, se ha demostrado que resulta viable la fabricación de catalizadores propios con objeto de evitar la dependencia de proveedores extranjeros, tener una disponibilidad inmediata y con un menor coste.

Además, se ha hecho un análisis de la tolerancia a distintas concentraciones de NH_3 en la corriente de gases de alimentación al ánodo de las pilas PEM, estudiando detenidamente los efectos de contaminación producidos sobre los diferentes componentes, tanto a baja temperatura como en alta temperatura, al objeto de tener herramientas suficientes para dimensionar el eliminador de amoniaco que deberá estar situado aguas arriba en la configuración del sistema.

Por otro lado, se han hecho pruebas con distintas clases de GDLs comerciales para la deposición sobre ellas de la tinta catalítica y la conformación de electrodos anódico y catódico, con buenas prestaciones, y paralelamente se están desarrollando nuevas GDLs propias en base a nanoestructuras de fibra

de carbono, que se prevén ensayar a continuación para analizar sus prestaciones en comparación con las comerciales.

En relación con las placas bipolares, se ha hecho un estudio de evaluación de distintos materiales metálicos para determinar su resistencia frente a la oxidación y corrosión electroquímica, tanto en baja como en alta temperatura, así como un diseño fluidodinámico y térmico adaptado al proyecto.

En base a todo lo anterior se ha llevado a cabo el desarrollo de los diferentes componentes del módulo y se ha procedido a su fabricación con materiales comerciales para llevar a cabo una prueba inicial en Monocelda PEM de baja temperatura y posteriormente proceder con el apilamiento del número total de celdas necesarias y su disposición en un módulo PEM de 1 kW.

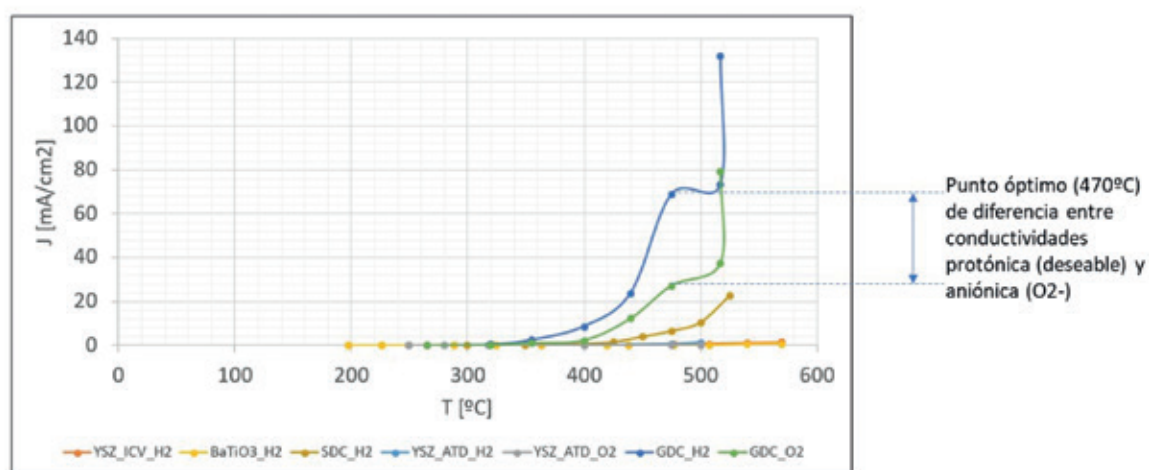
Finalmente se han llevado a cabo las pruebas en banco del módulo fabricado de 1 kW para comprobar sus prestaciones, pudiendo confirmarse que los resultados obtenidos

están en línea con lo especificado, por lo que se sigue trabajando para optimizar su eficiencia.

4.5. Pila de combustible SOFC

Se ha optado por la arquitectura de disociación separada, en lugar de integrada en el ánodo de la pila, no solo para aprovechar el disociador anteriormente descrito, sino por la aparición de dificultades añadidas además de presentar una dificultad extra en la construcción del “stack” al tener que disponer de una línea adicional de gases (N_2 y NH_3 que no haya reaccionado) lo que complica enormemente dicho “stack” y las placas bipolares, con un incremento notable del coste estimado.

Los resultados más relevantes son los correspondientes a la membrana cerámica, dado que es el elemento clave para el rendimiento final de la pila. En este apartado, se han realizado multitud de ensayos de los candidatos según el estado del arte, con la conclusión de que el material GDC (óxido de



Resultados de evaluación de las mejores membranas “bulk”

Habrà una mejora notable al utilizar “películas finas” con un factor estimado entre 10 y 25

Figura 4.

cerio dopado con gadolinio) es el más adecuado con diferencia:

Por otra parte, el diseño (y composición) de la membrana cerámica tiene que ser realizado para minimizar la corriente electrónica respecto a la protónica. En este caso, la electrónica será, aproximadamente, parecida a una corriente aniónica (iones oxígeno). Dicha corriente resta eficiencia a la pila dado que no contribuye a la formación de agua, bajando el potencial de la pila y, por tanto, la potencia por cm^2 .

Las medidas realizadas se corresponden a una muestra “bulk” de 25 mm de diámetro y 2 mm de espesor. La membrana final será mucho más fina y construida en un proceso de sinterización conjunto con ánodo y cátodo, esto es, obteniendo una MEA “monolítica” con la membrana incorporada en el proceso de fabricación. Con un objetivo entre 10 y 50 micras de espesor, el factor de forma (entre 20 y 100) multiplicaría la corriente obtenida por dicho factor, con lo que la densidad de corriente pasaría a ser de 1200 mA/cm^2 a 6000 mA/cm^2 , lo que daría un margen muy amplio para llegar al objetivo de una potencia de 250 mW/cm^2 suponiendo un potencial mínimo de 0,6 V.

Por lo anterior, la investigación y desarrollo se está centrando en las técnicas para la deposición de películas finas cerámicas y su posterior tratamiento con el ánodo y cátodo formando una única pieza monolítica. En cuanto al resto de componentes de la MEA, los resultados son muy satisfactorios, llegando a sistemas finales pendientes de aplicar una vez finalizada la membrana:

- Ánodo, compuesto por cerámicas porosas con níquel (NiO) consiguiendo una conductividad muy aceptable (superior a 2 S/cm) y, sobre todo, una permeabilidad de gases muy razonable (superior a 10 $\text{L}/\text{cm}^2/\text{min}$).
- Cátodo compuesto por el material LSCF (óxidos de La, Sr, Co y Fe) con una conductividad aceptable (superior a 0.5 S/cm) y una permeabilidad de gases también muy razonable, del orden de los obtenido en el ánodo.

Como conclusión, el desarrollo de la pila SOFC-H queda solo pendiente de la determinación de las técnicas más adecuadas para la deposición de películas finas de material cerámico y su composición (sinterización) junto al cátodo y ánodo en un elemento monolítico. Los resultados parciales permiten estimar de forma realista un rendimiento incluso superior al objetivo a temperaturas del orden de 500°C, claramente más baja que lo habitual en las pilas SOFC (600-800°C).

4.6. Nuevos materiales para los distintos elementos y depósitos de almacenamiento de combustible

Se ha elaborado una lista de especificaciones de materiales de las distintas partes de los módulos que componen los sistemas de pilas de combustible así como los depósitos, en concreto se han considerado los siguientes elementos:

- Tubos de alta y baja presión.
- Separadores de alta y baja temperatura.
- Electroodos o placas bipolares de alta y baja temperatura.
- Membranas de alta y baja presión así como de alta y baja temperatura.
- Soporte de reflectores de infrarrojo.
- Depósitos de almacenamiento de amoníaco e hidrógeno.

Por otro lado, se están realizando desarrollos basados en nuevos materiales de los siguientes elementos:

- GDL (Gas Diffusion Layer) mediante la adición de nanoestructuras de fibras de carbono

específicas, estos elementos son esenciales para el funcionamiento de la pila PEM.

- Placa bipolar basada en materiales compuestos, así como su proceso de fabricación.
- Juntas de elementos en las pilas PEM y SOFC.
- Placas de terminales o de cierre.
- Placas colectoras.

Por último, con relación al desarrollo de depósitos de hidrógeno y amoníaco basados en materiales compuestos se están empleando laminados basados en fibra de carbono que, a diferencia de los depósitos de alta presión convencionales, no utilizan elementos metálicos en la pared.

En base a ello, se ha realizado un diseño conceptual de depósito de almacenamiento de tipo IV, seleccionando materiales compatibles para almacenar hidrógeno gaseoso y amoníaco líquido teniendo en cuenta que el revestimiento polimérico (conocido como liner) debe tener una baja permeabilidad al fluido de almacenamiento. Además el diseño geométrico se ha optimizado con paredes

interiores para aumentar su resistencia y reducir todo lo posible los efectos de sloshing y de superficies libres.

4.7. Análisis y selección de buques para la integración de los demostradores

Se ha realizado un análisis de diferentes nichos de mercado a nivel internacional para detectar una potencial aplicación directa a corto y medio plazo de los demostradores. En dicho análisis se tuvieron en cuenta aspectos como las dimensiones, peso muerto, potencia, perfil operativo, etc. Se dio prioridad a los buques con propulsión diésel-eléctrica, ya que este tipo de propulsión garantiza la aplicación más directa de los demostradores.

Una vez analizados los nichos de mercado, se preseleccionaron dos de ellos y se determinó un buque base de cada uno de ellos para comenzar a desarrollar la integración específica. Estos buques pertenecen a dos nichos de mercado muy diferenciados:

BUQUE BASE 1 - YATE

Esta unidad, construida en España por el Astillero CONSTRUCCIONES NAVALES P. FREIRE en 2011, con las siguientes características:

Nombre del buque/Constructor	NAIA Construcciones Navales P. Freire. C-700	
Tipo de buque	Yate de superlujo	
Eslora total	73,60 m	
Manga	13,20 m	
Puntal	6,60 m	
Potencia motor propulsor	2 x 2.350 kW	
Potencia Auxiliares	3 x 450 kW	
Velocidad máxima	17 nudos	
Dotación	26 personas	
Pasajeros	12 personas	
Capacidades	Autonomía 10.000 mn	
Equipos y capacidades	Posicionamiento Dinámico KONGSBERG	DP1
	Cota de hielo (ICE CLASS)	ICE
	Hélice transversal de proa	295 kW
	Hélices transversales de popa	2 x 132 kW
Clasificación	Lloyds 100 A1 Research Vessel, ICE, Class 1D, + LMC + CCS, UMS	

BUQUE BASE 2 - REMOLCADOR

El buque base escogido para este segmento está construido por FRANCISCO CARDAMA, S.A., cuyas características se pueden observar en la siguiente tabla:

Nombre del buque / N° Construcción	THULFIQAR / CARDAMA C-241
Tipo de buque	Buque remolcador multipropósito de lucha contra incendios
Eslora total	42,00 m
Manga de trazado	14,00 m
Puntal de trazado	5,00 m
Motores Propulsores / Potencia	2 x 2100 HP
Motores auxiliares	2 x 250 kVA + 1 x 90 kVA
Velocidad en pruebas	12 nudos
Tripulación	10 personas
Equipos y capacidades	Tanques de combustible: 264 m ³ Tanques de Espuma: 32 m ³ Tanques lastre: 108 m ³ Tanques de agua dulce: 90 m ³ Bollard Pull: 55 Ton Extinción de incendios en otros buques según cota FiFi1 Lucha contra la contaminación por hidrocarburos con recogida y almacenamiento para lo que dispone de 300 m de barrera en carretel, bombas de recogida, etc.
Clasificación	Lloyd's Register Certificate ✕100A1TUG ✕LMC, Fire Fighting Ship (FiFi-1) and Anti-Pollution Water Born Support

4.8. Análisis del marco regulatorio

En el ámbito regulatorio, se ha desarrollado un análisis de los requisitos para la instalación de las tecnologías que se están desarrollando en el proyecto para lo que analiza el marco regulatorio para el almacenamiento y generación de hidrógeno y amoníaco verde, y su aplicación en el sector marítimo, contribuyendo así a la aplicación de nuevos vectores energéticos para llevar a cabo la descarbonización del transporte y del sector en particular.

En concreto, se han analizado los Códigos IGC e IGF y las reglas y guías existentes de diferentes sociedades de clasificación (DNV, LR, BV, ABS y NKK), y los resultados han estructurado en una serie de análisis y recomendaciones que se aplicarán en el posterior diseño conceptual de la integración de los demostradores.

Al mismo tiempo se han analizado normativas ISO que se aplican en otros sectores industriales y que establecen los requisitos de materiales en las instalaciones de hidrógeno y amoníaco con vistas a una posterior aplicación en la ingeniería funcional y de detalle.

4.9. Diseño conceptual de la integración de los demostradores en los buques seleccionados

Se definen de manera estructurada los parámetros básicos y el modelo de escalado que permite la integración de los demostradores desarrollados en el proyecto en buques e instalaciones portuarias. Con ello se pretende que los Astilleros adopten una herramienta basada en modelos fiables para disponer de un punto de partida en proyectos de transformaciones o nuevas construcciones usando la tecnología que se propone en el proyecto. Asimismo, gracias a esta herramienta

los puertos podrán disponer de un modelo para dimensionar un sistema que les permita evaluar la integración de la tecnología desarrollada en sus instalaciones.

A partir de los módulos básicos definidos se podrá configurar cualquier necesidad de potencia para los sistemas de pilas de combustible finales, procediendo al apilamiento en serie del número de celdas necesarias para conseguir la potencia fijada, según las características de cada celda y el número de ellas que se agrupen en un módulo.

Los principales subsistemas a integrar y dimensionar que se tienen en cuenta en el modelo de escalado serán:

- Sistema disociador de amoníaco
- Sistema de eliminación de amoníaco
- Alimentación de hidrógeno a la pila
- Alimentación de aire
- Sistema de refrigeración
- Gestión del agua producida
- Sistema de Nitrógeno
- Sistema de control, monitorización y alarmas
- Sistema de gestión de la energía eléctrica

A partir de datos de los buques base escogidos, como el perfil operativo, los consumos de combustible, balance eléctrico y su potencia, se utilizará el modelo de escalado desarrollado en el proyecto para obtener parámetros basados en los demostradores reales y, con un factor de escala contrastado de forma práctica, se obtendrán, las características técnicas de los demostradores para su integración a nivel conceptual a bordo:

- Potencia, capacidad de almacenamiento, peso y volumen de los sistemas.
- Estimación de costes de los sistemas involucrados.
- Elementos de integración en el buque: 1. Necesidad de nuevos servicios asociados a los demostradores y dimensionamiento

de nuevos equipos, sistemas y/o tuberías asociadas; 2. Adaptación de flujos necesarios para el acoplamiento adaptativo de los sistemas; 3. Necesidad de refrigeración 4. Necesidad de ventilación 5. Elementos de seguridad: Sistemas de detección de atmosferas peligrosas; Sistemas de alarmas y Sistemas de monitorización y control.

- Posible integración con otros servicios y elementos del buque, como el sistema de sentinas, el sistema contraincendios, etc.
- Requisitos básicos de vulnerabilidad, tales como ambiente salino, movimientos, choque, vibraciones y compatibilidad electromagnética.
- Requisitos de almacenamiento de hidrógeno y amoníaco verde.

5. Conclusiones y próximos desarrollos

En el contexto actual, a nivel global y en sector naval en particular, hay un interés y una demanda crecientes en cuanto a tecnologías con plena disponibilidad que constituyan alternativas viables a los combustibles fósiles. El proyecto HIDRAM pretende dar respuesta a esta necesidad desde el punto de vista del desarrollo propio y nacional de tecnología, contando para ello con entidades especializadas en ciertas áreas estratégicas para la generación y uso de hidrógeno y amoníaco como combustibles.

La participación de los Astilleros en el proyecto (ASTILLEROS DE MALLORCA y FRANCISCO CARDAMA) está siendo muy enriquecedora, pudiendo participar de primera mano en el desarrollo de la nueva tecnología y aportando su visión y experiencia respecto a la integración de tecnología en buques, identificando puntos críticos en cuanto a empacho, rangos y condiciones de funcionamiento, interoperabilidad con otros sistemas, definición de posibles pruebas de verificación y validación, requisitos regulatorios

(normativas y estándares) respecto al transporte y uso de los combustibles planteados o planteamiento de nuevas aplicaciones.

En relación a la síntesis de amoníaco se ha conseguido establecer el proceso a bajas presiones (de 1 a 3 bar) lo que supone un hito muy significativo en cuanto a la consecución de tecnologías alternativas basadas en catalizadores para la síntesis de amoníaco por procedimientos alternativos al Haber-Bosch. Más aún, se han superado con claridad los mejores valores reportados en el estado de la técnica actual (por encima de 10 mmol/g.h, mili moles de NH_3 por gramo de catalizador y hora). Se han determinado elementos clave, como los sustratos utilizados en los catalizadores, cuyo efecto es mucho mayor que el estimado inicialmente y lo reportado por la literatura científica.

Respecto al proceso de disociación de amoníaco igualmente se ha conseguido un hito muy relevante dentro del proyecto al conseguir una conversión superior al 99%, que ha sido posible al comparar resultados del proceso de síntesis dado que los sistemas son muy complementarios, por lo que ha sido un acierto abordarlos en paralelo, de forma que lo que es válido para uno se demostraba, a continuación, como una desventaja para el otro.

La realimentación ha sido tal que muchos avances conseguidos en la síntesis son debidos a resultados obtenidos en el disociador. También se ha completado con éxito la primera fase del proceso de eliminación de amoníaco para conseguir hidrógeno puro llegando a valores por debajo de 2 ppm de trazas de NH_3 . A partir de este punto, es necesario realizar medidas dado que se está en el límite de sensibilidad de los instrumentos que disponen los socios del proyecto y es necesario garantizar la existencia de trazas de amoníaco a niveles por debajo de 0,1 ppm.

Desde el punto de vista de la pila PEM y como conclusiones más significativas alcanzadas hasta el momento es que dadas sus condiciones de funcionamiento a alta y baja temperatura se han sometido diversos materiales metálicos a una serie de ensayos. Los resultados indican que para baja temperatura los materiales de acero inoxidable con un recubrimiento son los que mejor comportamiento presentan y para alta temperatura los materiales probados presentan muy baja resistencia química bajo las condiciones de operación por lo que se desaconseja su uso para esta aplicación.

Se prevé hacer más adelante un estudio comparativo de resultados frente a materiales compuestos específicamente desarrollados que están todavía en periodo de evaluación. Además, se ha llevado a cabo el desarrollo de los componentes del módulo y se ha procedido a su fabricación y prueba inicial en una Monocelda para posteriormente proceder con el apilamiento del número total de celdas y su configuración en un módulo de 1 kW.

En cuanto a la pila SOFC se ha optado por la arquitectura de disociador independiente, no solo por los buenos resultados obtenidos sino porque la arquitectura del sistema aconseja claramente dicha opción. Se ha conseguido sintetizar de forma propia y, por tanto, fabricar a partir de elementos y compuesto comunes, membranas GDC que muestran un comportamiento excelente, siendo notable destacar que se ha abierto una línea de investigación de membranas de temperatura intermedia (entre 180 °C y 250 °C) con resultados realmente prometedores y que supondría una influencia relevante en cuanto a bajada de temperatura de la pila de combustible con el consiguiente impacto en los materiales (siempre especiales para altas temperaturas). Por último, tanto el ánodo como el cátodo han tenido avances muy relevantes. En el ánodo

se ha conseguido una conductividad eléctrica relevante en materiales cerámicos. En cuanto al cátodo, se ha conseguido sintetizar de forma propia el material LSCF (óxidos en proporciones determinadas de La, Sr, Co y Fe) aplicando las mismas técnicas de generación de poros desarrolladas para el ánodo. En lo que se está trabajando actualmente para garantizar la construcción de MEAs monolíticas cerámicas para la SOFC es determinar la mejor o mejores técnicas de deposición de películas finas de la membrana que posibiliten la fabricación de MEAs monolíticas (ánodo-membrana-cátodo) en una sola pieza.

Se ha realizado un diseño conceptual de depósito de almacenamiento tipo IV según especificaciones, definiendo además la racorería, para una presión de almacenamiento dada, con materiales compatibles para su uso tanto con Hidrógeno gas como Amoniaco líquido integrando un nuevo diseño de geometría del liner con paredes interiores para aumentar resistencia y teniendo en cuenta los efectos de sloshing y de superficies libres.

Uno de los aspectos estratégicos que se espera obtener a la finalización del proyecto es el modelo de escalado e integración, de forma que se pueda dimensionar cualquier sistema (dentro de un margen determinado) a partir de ciertos requerimientos iniciales como son: Potencia, espacio disponible y necesidades particulares.

El modelo se está planteando con dos alcances: un simulador para la optimización de parámetros a partir de la potencia, autonomía y otras especificaciones iniciales así como modelos de ingeniería y metodología para su aplicación a cualquier caso. Finalmente hay que indicar que se plantearán los siguientes desarrollos una vez el proyecto sea finalizado, debiendo llevar a cabo por todos los socios un análisis detallado de resultados y desarrollos obtenidos con objeto de determinar los siguientes pasos para llegar a obtener prototipos completos totalmente funcionales y que sirvan de demostradores de la tecnología en condiciones operativas reales en el entorno marino.



nodosa
shipyard 



Shipbuilding & Shiprepair

COMPROMETIDO CON CADA PROYECTO
DEEPLY COMMITTED TO EVERY PROJECT

SHIPYARD & MAIN OFFICES

Avda. Ourense s/n (Zona Portuaria) C.P.: 36900 - MARÍN - PONTEVEDRA - SPAIN
Tel: + 34 986 88 06 02 - Fax: + 34 986 83 81 25 / www.nodosa.com / info@nodosa.com

El Onshore Power Supply (OPS) en el sistema portuario español. Repercusión y medidas tomadas por nuestros puertos

Trabajo presentado en el 63º Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima, celebrado en Madrid del 24 al 26 de abril de 2024.



**J. I. PARRA
SANTIAGO**



**D. DÍAZ
GUTIÉRREZ**



**A. CAMARERO
ORIVE**



**R. PÉREZ
FERNÁNDEZ**

**NICOLETA GONZÁLEZ CANCELAS
JAVIER VACA CABRERO**

Resumen

El sistema del cold ironing es una tecnología que en los próximos años se va a tener que implantar en nuestros puertos y terminales debido a la nueva directiva europea para la conexión a tierra de los buques de pasaje y portacontenedores para reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

Esto va a suponer un reto mayúsculo para puertos y navieras por la necesidad de adaptar la infraestructura a las necesidades de aquí al 1 de enero de 2030, por ello grandes proyectos europeos y nacionales están a la cabeza de liderar este cambio adaptativo hacia una escala más limpia en puerto.

Barcelona, Cádiz, Algeciras y muchos más están apostando por esta tecnología, que

ÍNDICE

Abstract / Resumen

1. Introducción

- 1.1. Directiva 2014/94/UE
- 1.2. Reglamento sobre la Infraestructura para los Combustibles Alternativos (AFIR)

2. Sistema Cold Ironing/OPS

3. Los retos del OPS

4. Los puertos españoles y el OPS

- 4.1. Caso de Vigo
- 4.2. Caso de Barcelona
- 4.3. Caso de Cádiz
- 4.4. Caso de Bilbao
- 4.5. Caso de Bahía de Algeciras

5. Conclusiones

6. Referencias

como gran problema suscita la incertidumbre que pueda causar a corto plazo el uso y cobro del denominado OPS (Onshore power supply), y sobre todo, la demanda de electricidad que esto va a suponer para las ciudades y los puertos.

Abstract

The cold ironing system is a technology that in the coming years will have to be implemented in our ports and terminals due to the new European directive for grounding passenger ships and container ships to reduce the emission of gaseous pollutants to the atmosphere. This will pose a major challenge for ports and shipping companies due to the need to adapt the infrastructure to the needs by 1 January 2030, Therefore great European and national projects are in the head to lead this adaptive change towards a cleaner port of call. Barcelona, Cadiz, Algeciras and many more are betting on this technology, which as a major problem raises the uncertainty that may cause in the short term the use and collection of the so-called OPS (Onshore power supply) and, above all, the demand for electricity that this will entail for cities and ports.

1. Introduction

El suministro de energía en tierra (Onshore Power Supply, OPS) es una de las estrategias recomendadas por la Iniciativa Climática Portuaria Mundial para reducir el impacto ambiental de los buques de navegación marítima en los puertos.

Cuando están atracados, los buques necesitan electricidad para realizar actividades como la carga, descarga, calefacción e iluminación y otras actividades a bordo. Hoy en día, esta energía suele ser suministrada por motores auxiliares que emiten dióxido de carbono (CO₂) y contaminantes atmosféricos, lo que afecta a la calidad del aire local

y, en última instancia, a la salud tanto de los trabajadores portuarios como de los residentes cercanos. Lo mismo ocurre con las molestias acústicas.

Como alternativa a la generación de energía a bordo, los buques pueden conectarse a un suministro de energía en tierra, es decir, a la red eléctrica local. De este modo, las operaciones de los buques pueden continuar sin interrupción, eliminando al mismo tiempo los efectos secundarios negativos.

Hoy en día, los puertos no suelen estar equipados para suministrar electricidad a los buques desde el muelle, ni los buques para recibirla. Sin embargo, en todo el mundo se están llevando a cabo muchos estudios en este sentido y el interés por la tecnología está creciendo rápidamente, espoleado por una legislación medioambiental más estricta, una mayor atención a las emisiones del transporte marítimo en los puertos y, más recientemente, el aumento de los precios del combustible.

La aplicación rentable de esta tecnología exige la colaboración de un amplio abanico de partes interesadas en una fase temprana, por ejemplo, a la hora de planificar nuevos muelles y encargar nuevos buques.

1.1. Directiva 2014/94/UE

La Directiva 2014/94/UE [1] del Parlamento Europeo y del Consejo estableció un marco para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. La Comunicación de la Comisión, de 9 de diciembre de 2020, titulada «Estrategia de movilidad sostenible e inteligente: encauzar el transporte europeo de cara al futuro» (en lo sucesivo, «Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente») señala el desarrollo desigual de la infraestructura de recarga y repostaje en toda la Unión y la ausencia de interoperabilidad y facilidad de uso.

En su artículo 9, establece los objetivos para el suministro de electricidad en puerto en los puertos marítimos.

Los Estados miembros velarán por que en los puertos marítimos de la RTE-T haya un suministro mínimo de electricidad en puerto para los buques portacontenedores de navegación marítima y los buques de pasaje de navegación marítima.

Para ello, los Estados miembros tomarán las medidas necesarias, a fin de garantizar que a más tardar el 31 de diciembre de 2029 tengan disponibles las conexiones del OPS instaladas en sus puertos y terminales.

1.2. Reglamento sobre la Infraestructura para los Combustibles Alternativos (AFIR)

El Reglamento sobre la Infraestructura para los Combustibles Alternativos, AFIR por sus siglas en inglés, forma parte del paquete de medidas “Objetivo 55” o Fit for 55. Este paquete, presentado por la Comisión Europea el 14 de julio de 2021, tiene por objeto permitir a la UE reducir sus emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % de aquí a 2030, en comparación con los valores de 1990, y lograr la neutralidad climática en 2050.

Con carácter prioritario, los buques portacontenedores de navegación marítima y los buques de pasaje de navegación marítima, que son las categorías de buques que generan la mayor cantidad de emisiones por buque cuando están amarrados en el muelle, deben disponer de un suministro de electricidad en puerto. A fin de tener en cuenta las características de la demanda de electricidad de los diferentes buques de pasaje de navegación marítima cuando están amarrados en el muelle, así como las características operativas de los puertos, es necesario dis-

tinguir entre los requisitos de los buques de pasaje de navegación marítima aplicables a los buques de pasaje de transbordo rodado, por un lado, y los aplicables a los demás buques de pasaje de navegación marítima, por otro.

Por todo ello, se establece lo siguiente:

- a) Los puertos marítimos de las redes básica y global de la RTE-T cuyo promedio anual de escalas de buques portacontenedores de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas, amarrados en el muelle en los tres últimos años, sea superior a cien, estén equipados para suministrar cada año electricidad en puerto para satisfacer al menos el 90 % del número total de escalas portuarias de buques portacontenedores de navegación marítima de más de 5000 toneladas brutas amarrados en el muelle del puerto marítimo de que se trate.
- b) Los puertos marítimos de las redes básica y global de la RTE-T cuyo promedio anual de escalas de buques de pasaje de transbordo rodado de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas y de naves de pasaje de gran velocidad de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas, amarrados en el muelle en los tres últimos años, sea superior a cuarenta estén equipados para suministrar cada año electricidad en puerto para satisfacer al menos el 90 % del número total de escalas portuarias de buques de pasaje de transbordo rodado de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas y de naves de pasaje de gran velocidad de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas que estén amarrados en el muelle del puerto marítimo de que se trate.
- c) Los puertos marítimos de las redes básica y global de la RTE-T cuyo promedio anual de escalas de buques de pasaje de navegación marítima de más de 5.000 tonela-

das brutas, que no sean buques de pasaje de transbordo rodado de navegación marítima ni naves de pasaje de gran velocidad de navegación marítima, amarrados en el muelle en los tres últimos años, sea superior a veinticinco estén equipados para suministrar cada año electricidad en puerto para satisfacer al menos el 90% del número total de escalas portuarias de buques de pasaje de navegación marítima de más de 5.000 toneladas brutas, que no sean buques de pasaje de transbordo rodado de navegación marítima ni naves de pasaje de gran velocidad de navegación marítima, que estén amarrados en el muelle del puerto marítimo de que se trate.

2. SISTEMA COLD IRONING/OPS

El cold ironing recibe diversos nombres: suministro de energía de tierra a buque, energía marítima alternativa, suministro de energía en tierra y electricidad en tierra (shore-to-ship power supply, alternative maritime power, onshore power supply, and shore-side electricity). Las variaciones en el nombre se deben estrictamente al uso adoptado por las distintas organizaciones implicadas en esta aplicación tecnológica de reducción de emisiones en puerto y no tiene ningún otro significado. La implementación del cold ironing se ha abordado como una aplicación tecnológica a corto plazo de la OMI que se aplicará para reducir el impacto del transporte marítimo [2] [3]. El cold ironing es una opción que tiene en cuenta el impacto del transporte marítimo en los puertos y que desempeña un gran papel en la descarbonización de los mismos y de las zonas circundantes. [4] [5]

Aunque se trata de una tecnología antigua, aún no se ha aplicado masivamente debido a la escasa compensación en emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). El buque reduce sus emisiones al apagar sus moto-

res auxiliares, pero la generación de energía debe ser suministrada por los servicios portuarios, lo que significa que se siguen generando emisiones globales de GEI. Para ser considerada correctamente como una tecnología que reduce las emisiones del transporte marítimo, el puerto necesita asegurar que la energía eléctrica para soportar las cargas de los buques se genera utilizando fuentes eólicas, solares, pequeñas centrales hidroeléctricas, mareas, calor geotérmico y biomasa como fuentes (ERNC) [6] [7].

La configuración clásica de cold ironing consiste en múltiples circuitos de alimentación para suministrar la energía necesaria cuando el buque está atracado. En estas condiciones, los requisitos de potencia variarán en función del tipo y el tamaño del buque. La Tabla 1 presenta los requisitos de potencia en el atraque según la norma IEEE 80005-1 [8].

Tabla 1. Potencia requerida en puerto por tipología de buque

TIPO BUQUE	VOLTAJE (kV)	POTENCIA (MVA)
Cruceros	6,6 u 11	16 – 20
Portacontenedores	6,6	7,5
Ro-Ro	11	6,5
Petroleros	6,6	7,2
LNG	6,6 u 11	7,2

IFuente: IEC/IEEE International Standard—Utility Connections in Port—Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems—General Requirements; IEC/IEEE 80005-1:2019; International Electrotechnical Commission: Washington, DC, USA, 2019; Volume 78, pp. 1–78 [9].

Debido a la diversidad de constructores de buques, los sistemas de suministro y distribución de energía a bordo pueden especificarse para 50 o 60 Hz. Este hecho añade un requisito adicional a la configuración del cold ironing, debido a la diversidad de frecuencias eléctricas a bordo y en tierra. Para hacer frente a este problema y garantizar las especificaciones de tensión y frecuencia de suministro, se necesitan un convertidor y un transformador de potencia en la subestación eléctrica de tierra [10].

3. LOS RETOS DEL OPS

Más del 90% de los puertos europeos están situados en zonas urbanas, con terminales de pasajeros muy cerca del centro de las ciudades. Cabe señalar que los puertos nacionales, en su mayoría, están situados en zonas urbanas y cerca del centro de las ciudades; excepto algunas ampliaciones que se han ganado metros al mar o se han posicionado en otros emplazamientos (puertos exteriores). La creciente preocupación por la salud, la concienciación sobre el cambio climático y la legislación medioambiental están obligando a las autoridades portuarias europeas a reducir las emisiones nocivas [11]. Varios puertos europeos ya han introducido la tecnología de cold ironing. Debido a las estrictas políticas medioambientales y a la concienciación social, la mayoría de las instalaciones de OPS se encuentran en el norte de Europa [12]. La tecnología de OPS es un método eficaz para reducir las emisiones [13] [14]. Aunque la tecnología es eficaz [15], es necesario abordar algunos retos.

El uso de los OPS permite a los buques apagar sus generadores y motores auxiliares, reduciendo así las emisiones, el ruido y las vibraciones y mejorando la calidad de vida de la población de la zona portuaria adyacente [16] [17]. Diversos estudios, y en concreto uno para los puertos croatas de [18] calculó que un buque con capacidad para 2.400 pasajeros emitía 260 kg de NOX, 16 kg de CO, 35 kg de SO₂, 6,2 kg de partículas y 12.050 kg de CO₂ durante un único período de atraque de 10,5 horas. Durante este tiempo, el buque consumió 3.754 kg de combustible y 15,42 kWh de electricidad [19].

Podría decirse que el beneficio económico de la tecnología está relacionado con el uso regular del costoso combustible marino bajo en azufre, teniendo en cuenta la tendencia al alza de los precios de los combustibles fósiles

[20]. La conexión OPS reduce las emisiones de gases de los puertos en un 48-70% de CO₂, un 3-60% de SO₂, un 40-60% de NOX y un 57-70% de emisiones de partículas. Los beneficios también se observaron en los puertos sin emisiones de azufre (SECA) [21]. Una investigación aportó que los beneficios sanitarios totales del cold ironing en los puertos europeos ascenderían hasta 2.940 millones de euros en 2020, con una reducción de las emisiones de dióxido de carbono de hasta 800.000 toneladas [22].

El cold ironing es especialmente eficaz para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo porque, a diferencia de otras medidas, esta tecnología puede implantarse con relativa rapidez. Según un análisis realizado para el Espacio Económico Europeo (EEE) y el Reino Unido, podrían reducirse 3 millones de toneladas de emisiones de carbono al año mediante el uso del cold ironing, y esta cifra podría multiplicarse en países con una mayor cuota de energías renovables, como Suecia y Noruega [23]. Se pueden observar resultados similares en [24], donde los autores sugieren que el uso de la tecnología de cold ironing puede reducir las emisiones contaminantes en más de un 70-80%.

Las preocupaciones económicas son uno de los retos relacionados con la viabilidad de la implantación del cold ironing. Las inversiones financieras en esta tecnología son significativas para los puertos y los armadores. También varían en función de las opciones técnicas, como el voltaje, la frecuencia, los sistemas de gestión de cables, el mantenimiento y la necesidad de transformadores a bordo y/o convertidores en tierra [25] [26]. Reequiar un buque existente con equipos de energía en tierra podría ser más caro que el coste adicional de un buque de nueva construcción. Además, no existen modelos de negocio operativos para aplicaciones

de tecnología de cold ironing para puertos marítimos, y hay incertidumbre sobre el número de buques conectados al OPS. Para las compañías navieras, las preocupaciones financieras están relacionadas con los posibles ahorros o pérdidas operacionales cuando los buques están atracados, lo que implica la relación de costes entre el uso de electricidad y el de combustibles bajos en azufre [20] [26]. Sin embargo, esto puede cambiar en función de la evolución futura de los precios del combustible [27].

Otra dificultad que debe abordarse está relacionada con los aspectos técnicos de la aplicación generalizada de la tecnología, pues existe una incompatibilidad entre el barco y la red eléctrica, ya que no existe un voltaje y una frecuencia normalizados. Por otra parte, algunos buques utilizan 220 V a 50 o 60 Hz [28]. Por lo tanto, es necesario establecer una serie de sistemas de conversión de frecuencia. Hay que tener en cuenta que las redes eléctricas europeas funcionan generalmente a 50 Hz [29].

Los obstáculos técnicos también varían en función del tipo de buque. Los buques de crucero tienen una demanda significativa de electricidad, lo que significa que los puertos deben disponer de suministros de energía adecuados, redes de transmisión y estrategias de gestión de la energía. Esto podría requerir cambios significativos en la red eléctrica y en la infraestructura portuaria en general, lo que se traduciría en costes más elevados [16]. En general, la introducción de la tecnología de cold ironing aumenta las necesidades energéticas del puerto [30]. Según [19], el cold ironing no elimina los gases de efecto invernadero ni los contaminantes prioritarios, sino que los externaliza a la industria generadora de electricidad. Para optimizar la sostenibilidad de la tecnología de cold ironing, la electricidad utilizada para

cargar el buque debería proceder de fuentes renovables.

4. LOS PUERTOS ESPAÑOLES Y EL OPS

El Proyecto OPS Master Plan for Spanish Ports tiene como objetivo la redacción de un Plan Director para el suministro de energía eléctrica a buques atracados en puertos españoles. Se integra en el Marco de Acción Nacional para el desarrollo de infraestructuras para el uso de combustibles alternativos en el sector del transporte, en cumplimiento del artículo 13 de la Directiva 2014/94/UE.

Se trata de un proyecto para la instalación de la tecnología Cold Ironing en puertos españoles cofinanciado por la Unión Europea. Tiene también como objetivo adicional la reducción de contaminantes atmosféricos en puertos, además de la contaminación acústica, mediante la incorporación de elementos electromecánicos para el suministro de electricidad.

El objetivo del Gobierno es que de cara al año 2030, todos los puertos del país se encuentren ya electrificados, al menos en lo que se refiere a las operaciones de mayor relevancia, aunque de momento no se prevé obligar a los buques a conectarse a la red eléctrica. En esta línea, Puertos del Estado ya tiene planificado un paquete de diez nuevas instalaciones para el suministro eléctrico en atraque, que han comenzado a utilizarse ya en 2021 y se espera que se culmine, la mayoría en 2025. El importe de esta medida se estima en unos 25 millones de euros, aunque el Estado confía en recibir financiación europea.

En 2016 ya había multitud de puertos españoles en fase de estudios OPS. Se identificaron once puertos con una actividad portuaria en las que había buques que atracaban

de forma periódica. Finalmente, el puerto de San Sebastián de La Gomera ha sido el primer puerto de España en suministrar electricidad a buques de pasaje en atraque, logro que se materializó en agosto de 2020 con el ferry Volcán de Taburiente de Naviera Armas, barco que ya cuenta con las adaptaciones técnicas necesarias en su motor para beneficiarse de este servicio.

También en los puertos de Santa Cruz de Tenerife y Santa Cruz de La Palma han concluido los trabajos para poder suministrar electricidad a buques de línea regular, de manera que solo queda pendiente para su entrada en funcionamiento la autorización pertinente que debe emitir la Consejería de Industria. Por su lado, la Autoridad Portuaria de Valencia coordinará dos proyectos europeos para acelerar la conexión de portacontenedores, ferries y cruceros a la red eléctrica, dentro de su plan para convertirse en el primer puerto europeo en alcanzar el objetivo de cero emisiones en 2030.

Por otra parte, la Autoridad Portuaria de Baleares ha destinado más de dos millones de euros al primer proyecto de conexión eléctrica directa de los ferris en el puerto de Palma. Y otro puerto que se ha apuntado al OPS en los últimos tiempos es el de Motril, al que en mayo de 2020 se le adjudicó la instalación de un nuevo punto de conexión en las instalaciones portuarias para impulsar el uso de electricidad en los atraques. En cualquier caso, los puertos de Barcelona, Vigo y Tenerife son los más adelantados de España en este ámbito. El puerto de Barcelona tendrá todos sus muelles electrificados en un plazo de siete años mediante un completo plan de actuaciones, al que destinará más de 60 millones de euros.

Un listado, además, de otros puertos españoles se han sumado a la iniciativa y al proyecto apostando por desarrollar e im-

plementar la tecnología del OPS en sus terminales; estos puertos son:

Algeciras, Tarifa, Alicante, Almería, Barcelona, Bilbao, Cádiz, Castellón, Huelva, Pasajes, Sevilla, Valencia, Palma de Mallorca, Ibiza, Formentera, Las Palmas, Sta. Cruz de la Palma, Sta. Cruz de Tenerife, SS. de la Gomera y Melilla.

4.1. Caso de Vigo

En el puerto de Vigo en 2018 comenzaron las pruebas de un sistema OPS para que los buques pudieran apagar sus motores durante las escalas, de la mano de un buque ro-ro de Suardiáiz, mediante un generador alimentado con GNL, y en la actualidad poseen un proyecto estrella presentado a los premios de medioambientes de la IAPH (Asociación Internacional de Puertos). El proyecto Green Bay Vigo tiene como objetivo conseguir la transición hacia una movilidad marítima y portuaria sostenible, respetuosa con el medio ambiente y con los núcleos urbanos donde normalmente se ubican los puertos, gracias a la participación y transferencia de conocimiento entre dos de los sectores más importantes de Galicia, el sector naval y el sector de la automoción, ya que este proyecto será desarrollado por un consorcio público-privado de empresas de ambos sectores. El principal objetivo del proyecto es la electrificación de la movilidad marítima en la Bahía de Vigo mediante el desarrollo de tecnologías para equipos eléctricos de propulsión y almacenamiento de energía en baterías que reduzcan las emisiones en el sector marítimo dentro de esta zona. Todo ello apoyado en el despliegue de infraestructuras portuarias que permitan la carga rápida de las baterías instaladas a bordo de los buques. Con ello se pretende reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad energética del Puerto de Vigo, reduciendo también su dependencia energética.

4.2. Caso de Barcelona

Nexigen contempla una inversión global de 130 millones de euros, con una meta clara: la conexión de los buques a la red eléctrica general, durante el atraque en el puerto (Onshore Power Supply, OPS), que evitará el uso de los generadores auxiliares. Por lo tanto, se eliminarán las emisiones de gases contaminantes de los buques durante el atraque. La energía eléctrica suministrada tendrá certificación de origen 100% renovable, de manera que también se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero.

Nexigen, el Plan de Electrificación de Muelles, se alinea con el objetivo de sostenibilidad ambiental del Port de Barcelona, Plan Estratégico 2021-2025. Es una pieza clave del plan de transición energética del Port de Barcelona, que tiene por objetivo ser un puerto neutro en emisiones en 2050.

4.3. Caso de Cádiz

El Puerto de Cádiz será el primero del país en ofrecer este servicio, de la mano de Endesa X, que estará operativo a partir del mes de septiembre de este año 2024.

El proyecto puesto en marcha por Endesa X en el Puerto de Cádiz para la construcción y explotación de una Instalación OPS (On shore Power Supply), destinada al suministro energético a buques en el muelle Alfonso XIII, en la dársena comercial de la capital, conlleva una inversión de 6,75 millones de euros por parte de Endesa y de 1,5 millones de euros por parte de la APBC en esta primera fase.

El objetivo de este proyecto, en línea con la estrategia de sostenibilidad de la APBC, es la reducción significativa de las emisiones contaminantes y la eliminación completa del ruido asociado al funcionamiento de los motores convencionales de los buques.

El sistema propuesto por Endesa X consiste en la conexión de los buques a la red eléctrica terrestre durante su estancia en puerto, de forma que los motores auxiliares que utilizan para mantener el funcionamiento de sus bombas de trasiego, sistemas de refrigeración, iluminación, equipos de emergencia, etc., puedan mantenerse apagados durante todo el tiempo que el buque permanece atracado para la carga y descarga de mercancías o personas.

De acuerdo con cálculos elaborados por Puertos del Estado, la reducción de emisiones que se consigue tras sustituir la generación eléctrica a bordo, producida mediante la quema de combustible, por la conexión del propio buque a la red es drástica: un 96% de NOx, un 8% de SOx, un 94% de partículas y un 64% de CO₂. En el caso concreto de este proyecto la reducción se incrementará aún más ya que Endesa X suministrará a los buques energía eléctrica con certificado de origen renovable.

Para ello, Endesa X instalará una estación OPS modular de 16 MW que transformará la tensión y frecuencia de la red para adaptarla a las necesidades del buque. Estos equipos se montarán en el interior de contenedores lo que permitirá agilizar su instalación y ocupar menos espacio.

Asimismo, la estación OPS contará también con un equipo de conexión al buque, un dispositivo móvil con un brazo articulado, similar a una grúa, que permitirá conectar el cable al barco de forma rápida y segura. Durante la primera fase el sistema OPS estará preparado para alimentar a un solo buque de hasta 16 MVA. A futuro, debido a su carácter modular, será posible alimentar a otros barcos de forma simultánea en el mismo muelle Alfonso XIII y en el muelle Ciudad.

A futuro, se plantea también la electrificación de la Nueva Terminal de Contenedores

y Cabezuela-Puerto Real. En esta primera fase se calcula que la reducción de CO₂ alcance las 2.520 toneladas al año.

4.4. Caso de Bilbao

El proyecto BilbOPS desarrollado por la Autoridad Portuaria de Bilbao, constituye una inversión estratégica que tiene por objeto electrificar los muelles de Contenedores, Cruceros y Ferries, desplegando en nuestra infraestructura la tecnología OPS (onshore power supply) también conocida como cold ironing, con 11 puntos de conexión.

Esta tecnología permite a los buques que estén preparados para ello, y durante su estancia atracados en puerto, que puedan conectarse a la red eléctrica, apagando sus motores auxiliares diésel. De esta manera, se logra evitar emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, nitrógeno y dióxido de azufre), vibraciones y ruidos, con el consiguiente beneficio para el medioambiente y la salud pública.

Con este proyecto y otras medidas complementarias podremos alcanzar el objetivo de reducción de emisiones del 55% establecido por la Unión Europea para 2030.

BilbOPS permitirá dar un salto cualitativo en el Arco Atlántico adaptando la infraestructura del Puerto de Bilbao y proporcionando este nuevo servicio.

Con ello se contribuye al efecto red para desplegar esta infraestructura en los principales puertos europeos y para que las navieras realicen las inversiones necesarias en los buques para poder conectarse a la red de los puertos.

4.5. Caso de Bahía de Algeciras

Los puertos de Algeciras y Tarifa ofertarán OPS (OnShore Power Supply) antes de 2025.

El OPS llegará primero a los muelles de pasajeros de Algeciras y Tarifa, para extenderse de forma paulatina hasta 2030 cubriendo también las terminales de contenedores y resto a atraques. Las obras para extender la red comenzarán este mismo año, después de un esfuerzo inversor previo de la Autoridad Portuaria Algeciras (APBA) de casi 40 millones de euros que permiten al Puerto de Algeciras disponer de suficiente potencia eléctrica y seguridad en el suministro. Estas mejoras entraron en vigor hace un año, cuando el Puerto de Algeciras por fin quedó conectado a la subestación Cañuelo, línea de alta tensión y doble circuito de 66 kilovoltios (kV) que le permite disponer de una potencia eléctrica de 78 megavoltiamperios (MVA) con posibilidad de ampliación si la demanda lo requiere, garantizando el suministro a las terminales y hacer frente al reto de la descarbonización de los muelles gracias al desarrollo del OPS.

5. CONCLUSIONES

El OPS no es una tecnología actual, pero si es una tecnología va a ser instalada en la mayoría de los puertos europeos, facilitando el acceso a las conexiones a tierra de los buques y colaborando en la descarbonización de la Agenda 2030 que propone la Unión Europea. El OPS va a suponer un cambio significativo en las emisiones de NO_x, SO_x y partículas en las ciudades portuarias, mejorando la calidad del aire de los ciudadanos y dando una imagen más sostenible al puerto y la ciudad.

Como bien se demuestra, la demanda que se va a requerir en los puertos va ser elevada, requiriendo grandes inversiones en tendidos y cableado eléctrico así como de transformaciones y subestaciones; lo que va a provocar es además una generación muy elevada de energía, problema que se deberá solucionar o tener previsto para poder dar suministro a los buques que se conecten a los OPS.

A fin de evitar la instalación de capacidad que vaya a ser infrautilizada, los puertos marítimos con escasos volúmenes de tráfico de determinadas categorías de buques en función del promedio anual de escalas portuarias no deberían estar sujetos a los objetivos de implantación obligatorios para las categorías de buques correspondientes.

El transporte marítimo es un factor importante para la cohesión y el desarrollo económico de las islas y las regiones ultraperiféricas de la Unión, así como para Ceuta y Melilla. La capacidad de producción de electricidad en esas islas, regiones y territorios puede que no sea siempre suficiente para satisfacer la demanda de energía necesaria para el suministro de electricidad en puerto. En estos casos, esas islas, regiones y territorios deberían quedar exentos del requisito de suministrar electricidad en puerto, a menos que se haya completado, y hasta que se haya completado, la conexión eléctrica con el continente o con países vecinos, según el caso, o exista suficiente capacidad generada localmente a partir de fuentes de energía no fósiles.

Por último, el gran debate, que será el cómo se tarificará esto (la tasa OPS) en los puertos, al ser la energía eléctrica un mercado mayorista y el precio variable día a día y hora a hora. El saber cómo el suministrador de energía cobrará al puerto por el uso y disposición de esta energía y cómo el puerto se lo repercutirá a los navieros.

Los retos a los que se enfrentan los puertos, a día de hoy, es la inversión necesaria y el estudio de demanda eléctrica a los cuales va a tener que hacer frente a corto plazo, que se podrá ir incrementando según se aclare el ámbito del OPS en torno a la implantación y puesta en marcha; pero sin olvidar que es probable que Europa pueda proponer una prórroga de implementación o puesta en

marcha de la directiva en función del grado de desarrollo y maduración de los proyectos llevados a cabo.

6. References

- [1] DIRECTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 22 de octubre de 2014 relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos (Texto pertinente a efectos del EEE)
- [2] Zis, T.P.V. Prospects of cold ironing as an emissions reduction option. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, 119, 170–182.
- [3] International Maritime Organization. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships; International Maritime Organization: London, UK, 2018.
- [4] Bouman, E.; Lindstad, E.; Rialland, A.; Strømman, A. State-of-the-Art Technologies, Measure and Potential for Reducing GHG Emissions from Shipping—A Review. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 2017, 52, 408–421.
- [5] Chatzinikolaou, S.D.; Oikonomou, S.D.; Ventikos, N.P. Health Externalities of Ship Air Pollution at Port—Piraeus Port Case Study. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 2015, 40, 155–165.
- [6] Iris, C.; Lam, J.S.L. A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, 112, 170–182.
- [7] Tang, R.; Wu, Z.; Li, X. Optimal operation of photovoltaic/battery/diesel/cold-ironing hybrid energy system for maritime application. *Energy* 2018, 162, 697–714.
- [8] Paul, D.; Peterson, K.; Chavdarian, P.R. Designing Cold Ironing Power Systems: Electrical Safety During Ship Berthing. *IEEE Ind. Appl. Mag.* 2014, 20, 24–32.
- [9] IEC/IEEE International Standard—Utility Connections in Port—Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems—General Requirements; IEC/IEEE 80005-1:2019; International Electrotechnical Commission: Washington, DC, USA, 2019; Volume 78, pp. 1–78
- [10] Reusser, C.A.; Pérez, J.R. Evaluation of the Emission Impact of Cold-Ironing Power Systems, Using a Bi-Directional Power Flow Control Strategy. *Sustainability* 2021, 13, 334. <https://doi.org/10.3390/su13010334>
- [11] Four Ports Onshore Power in Baltic Seaports. Available online: <https://four-ports.eu/> (accessed on 6 September 2022).
- [12] Karakatsanis, E.V. Implementation of Cold Ironing in Modern Ports. Master's Thesis, National Technical University of Athens, Athens, Greece, 2021.
- [13] Martínez-López, A.; Romero-Filgueira, A.; Chica, M. Specific Environmental Charges to Boost Cold

- Ironing Use in the European Short Sea Shipping. *Transp. Res. D Transp. Environ.* 2021, 94, 102775.
- [14] Kose, S.; Sekban, D.M. Emphasizing the Importance of Using Cold-Ironing Technology by Determining the Share of Hotelling Emission Value within the Total Emission. *Transp. Saf. Environ.* 2022, 4, tdac010.
- [15] Innes, A.; Monios, J. Identifying the Unique Challenges of Installing Cold Ironing at Small and Medium Ports—The Case of Aberdeen. *Transp. Res. D Transp. Environ.* 2018, 62, 298–313.
- [16] Caprara, G.; Armas, V.; de Mesquita Sousa, D.; Kermani, M.; Martirano, L. An Energy Storage System to Support Cruise Ships Cold Ironing in the Port of Civitavecchia. In *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (IEEEIC/IE&CPS Europe)*, Bari, Italy, 7–10 September 2021.
- [17] Canepa, M.; Ballini, F.; Dalaklis, D.; Frugone, G.; Sciutto, D. Cold Ironing: Socio-Economic Analysis in the Port of Genoa. *Logistics* 2023, 7, 28.
- [18] Glavinović, R.; Krčum, M.; Vukić, L.; Karin, I. Cold Ironing Implementation Overview in European Ports—Case Study—Croatian Ports. *Sustainability* 2023, 15, 8472. <https://doi.org/10.3390/su15118472>
- [19] Hall, W.J. Assessment of CO₂ and Priority Pollutant Reduction by Installation of Shoreside Power. *Resour. Conserv. Recycl.* 2010, 54, 462–467.
- [20] Radonja, R.; Cuculić, A.; Valčić, M. Introducing the ASAP Project (Adriatic Sea Area Protection). *Pomor. Sci. J. Marit. Res.* 2011, 25, 487–499.
- [21] Zis, T.; North, R.J.; Angeloudis, P.; Ochieng, W.Y.; Bell, M.G.H. Evaluation of Cold Ironing and Speed Reduction Policies to Reduce Ship Emissions near and at Ports. *Marit. Econ. Logist.* 2014, 16, 371–398.
- [22] Winkel, R.; Weddige, U.; Johnsen, D.; Hoen, V.; Papaefthimiou, S. Shore Side Electricity in Europe: Potential and Environmental Benefits. *Energy Policy* 2016, 88, 584–593.
- [23] Jeong, B.; Kim, K. Characteristics of Economic and Environmental Benefits of Shore Power Use by Container-Ship Size. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 622.
- [24] Marinello, S.; Balugani, E.; Rimini, B. Sustainability of Logistics Infrastructures: Operational and Technological Alternatives to Reduce the Impact on Air Quality. In *Proceedings of the Summer School F. Turco—Industrial Systems Engineering*; University of Bergamo: Bergamo, Italy, 2021.
- [25] Winkel, R.; Weddige, U.; Johnsen, D.; Hoen, V.; Papaefthimiou, S. Shore Side Electricity in Europe: Potential and Environmental Benefits. *Energy Policy* 2016, 88, 584–593.
- [26] Costa, N.; Williamsson, J.; Ekholm, J.; Santén, V.; Rogerson, S.; Borgh, M. Connecting Vessels to Shoreside Electricity in Sweden; SSPA Report No: RR41199360-01-00-A; Trafikverket—Swedish Transport Administration: Borlänge, Sweden, 2022.
- [27] European Maritime Safety Agency (EMSA). Shore-Side Electricity-Guidance to Port Authorities and Administrations. Available online: <https://emsa.europa.eu/we-do/safety/ship-safety-standards/download/7259/4799/23.html> (accessed on 2 September 2022).
- [28] Zis, T.P.V. Prospects of Cold Ironing as an Emissions Reduction Option. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2019, 119, 82–95.
- [29] Spengler, T.; Tovar, B. Potential of Cold-Ironing for the Reduction of Externalities from in-Port Shipping Emissions: The State-Owned Spanish Port System Case. *J. Environ. Manag.* 2021, 279, 111807.
- [30] Chen, J.; Zheng, T.; Garg, A.; Xu, L.; Li, S.; Fei, Y. Alternative Maritime Power Application as a Green Port Strategy: Barriers in China. *J. Clean. Prod.* 2019, 213, 825–837.

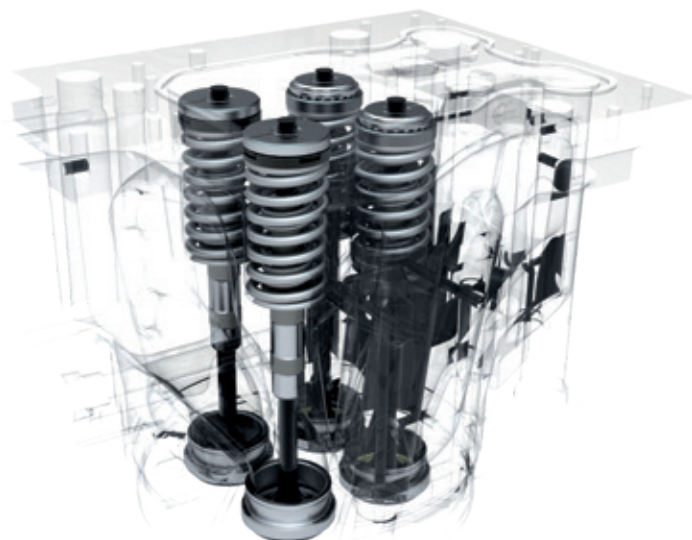
LA CALIDAD ESTÁ EN NUESTRO ADN

Aspiramos, con nuestro trabajo diario, a convertirnos en uno de los principales fabricantes de productos electrónicos especializados de Europa. Contamos con importantes medios de control y verificación, asegurando la calidad certificada en origen.

Insyte está certificada por las Normas ISO9000, EN9100 e ISO14000. Somos miembros de IPC y contamos con personal certificado por las normas IPC-WHMA-A-620 (cableados) e IPC-A-610 (montaje de tarjetas) en las que trabajamos con clase 3. Aplicación de las normas ABD100, RTC-DO-160.



☎ 916010991
comercial@insyte.es
visita: www.insyte.es



MÄRKISCHES WERK
Your Engine. Our Ingenuity.™

MWH es un proveedor global de soluciones para mejorar la eficiencia y los ciclos de vida de las culatas y de sus componentes para motores de combustión medianos y grandes. Nuestra misión es ofrecer productos y servicios innovadores de la más alta calidad a través del diseño, producción y montaje, de válvulas de admisión y escape, de asientos, de guías de válvulas, muelles y rotadores.

www.mwh.de

**Cascos
Naval, S.L.**

Agente para España

C/ Serrano Galvache, 5 - bajo • 28033 Madrid - Spain • Tel. +34 917 680 395 • E-mail: cascos@cascosnaval.com • www.cascosnaval.com

Los Colegiados de Honor destacan la importancia de la profesión de ingeniero naval

El Colegio de Ingenieros Navales y Oceánicos (COIN) dentro de sus actos de celebración por el Día del Carmen, reconoció como Colegiados de Honor a tres ingenieros navales que, en palabras de la decana del COIN, Pilar Tejo Mora-Granados, “lo han sido todo en la ingeniería naval”. Así, Manuel Moreu Munaiz, Joaquim Coello Brufau y Luis Vilches Collado, recogieron la distinción por su aportación al sector naval, su conocimiento y sus inspiradoras trayectorias, profesionales y personales, que “marcan la hoja de ruta para las generaciones venideras”. Se reconoció sus trayectorias con la entrega de un diploma conmemorativo y con la presentación de un vídeo que resumía su trayectoria profesional y vital. A continuación, reproducimos los discursos pronunciados:



Discurso

Joaquim Coello Brufau

“Decana, presidente, autoridades, amigos, Permitidme unas pocas palabras.

En primer lugar, gracias. Inmerecido, pero agradecido.

Llegados a una cierta altura de la vida, uno tiene que sintetizar, no hay tiempo para los detalles, menos aún si son estos extensos, consecuencia de una larga experiencia.

Los humanos tenemos dos líneas de pensamiento:

- Solo existe lo que percibimos por nuestros sentidos y esa es la realidad en la que tenemos que pensar y vivir. Hume y Locke, los escoceses y los ingleses.
- Solo importan las ideas que elaboramos a partir de abstracciones. Las percepciones son engañosas. El racionalismo. Spinoza y Leibnitz, los holandeses y los alemanes.

Los ingenieros somos de los primeros y hemos sido

Curriculum

Ingeniero Naval y Master of Business Administration, Joaquim Collado Brufau, suma su reconocimiento como Colegiado de Honor 2024 al gran número de reconocimientos recibidos a lo largo de su trayectoria profesional, entre los que destacan la Cruz al Mérito Naval, la Cruz al Mérito Aeronáutico, la Gran Cruz de la Orden de Alfonso X el Sabio, el Premio AINE a la Mejor Trayectoria Profesional o el reconocimiento como Mejor Deportista Náutico 1978.

De Joaquim Coello Brufau, el COIN destacó qué es “referente en el diseño de barcos militares” y que a él le debe “el Puerto de Barcelona su espectacular crecimiento y su posicionamiento como primer puerto del sur de Europa”. Sin embargo, su trayectoria profesional le ha llevado a formar parte de Astilleros de Bazán, E.N Bazán, Turbo Propulsores S.A. Ha sido además Presidente de Eurojet, Director general de Gamesa Power Systems y Gamesa Eólica, Presidente de la Autoridad Portuaria de Barcelona, Presidente de ASOPORT y Openchio, Consejero de PORTEL y Metaingeniería y asesor de Ership o Petronor.

Joaquim Coello Brufau

educados para vivir la realidad con el objetivo de resolver los problemas que esta plantea. Convertir las ideas en cosas, como decía Ortega y Gasset.

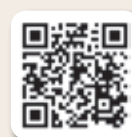
Con la edad, las ideas se difuminan y las clasificaciones se diluyen. Tendemos más al racionalismo, importa lo que pensamos y nos orientamos al utilitarismo, es decir, “La mejor acción es la que produce la mayor felicidad y bienestar para el mayor número de individuos y maximiza su utilidad”.

Acabar la vida con estas ideas sabiendo que no dejas cuentas pendientes.

Este reconocimiento que hoy recibimos, colegas de honor, nos guía en esta dirección, ¿qué es si no el honor más que la objetivación de la ética?”.

Ha sido decano del COIN (1998-2006/2021) y es Académico de la Real Academia de Ingeniería y su compromiso social le ha llevado a formar parte de los patronatos de FEMCAT, Fundació Pasqual Maragall, Fundació Catalunya Europa, Palau de la Música Catalana, Institut Barcelona d'Estudis Internacionals (IBEI), así como a ser miembro de la Comisión Ejecutiva de la Asociación Barcelona Global y del Gremio de Fabricantes de Sabadell.

Ver vídeo aquí.



https://youtu.be/EsU0f_tLyLo?si=8Vs7ynUwjh3qFYUv



Discurso

Manuel Moreu Munaiz

“Tenemos una profesión maravillosa, de un dinamismo inimaginable en otros sectores de la ingeniería y ha sido apasionante poder trabajar en la construcción naval.

Aunque hoy es un día de celebración y agradecimiento al Colegio, tengo la obligación de transmitir algo menos festivo.

La entrega de los buques contratados exige solapar la ingeniería básica de aprobación, con las compras y el desarrollo de los planos constructivos, para que el Astillero pueda iniciar la construcción cuanto antes.

Para ello, necesitamos unos ingenieros perfectamente formados, con una visión global del buque que reduzca al máximo los impactos de los cambios.

Nuestra profesión, como el resto de las ingenierías, nació dependiendo de los ministerios

Curriculum

De su trayectoria profesional, el COIN destacó su “capacidad de impulsar antes de cumplir los 30 una de las empresas de referencia en el sector naval, en la que el 85% de sus trabajadores son ingenieros navales, y hacerla crecer impulsando el talento joven”, en referencia a SEAPLACE, de la que es fundador y director, además de Presidente de HI Ingeniería y Proyectos.

Su vocación por el mar y por la ingeniería naval le ha llevado a comprometerse con la profesión como decano del COIN (2006-2010), presidente del Instituto de la Ingeniería de España (2012-2016), vicepresidente de UPCI (2009-2010) e inspirar nuevas vocaciones como profesor de la ET-SIN, UPM e IME- Comillas.

Su modelo de liderazgo, basado en la cooperación y las alianzas estratégicas más que en la competición, le ha llevado a aportar su inmenso conocimiento técnico sobre el sector energético a las empresas

Manuel Moreu Munaiz

del ramo, que eran sensibles a las necesidades de la industria.

Hace ya 15 años, el director de la Escuela de Navales, D. Jesús Panadero anunció la muerte silenciosa de la profesión, con la ausencia de profesionales en la enseñanza. El actual director, D. Antonio Crucelaegui lo volvió a recalcar en su toma de posesión.

Se trata de un problema que atañe a todas las ingenierías.

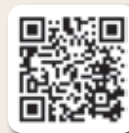
Desde el Instituto de la Ingeniería de España, hace 10 años se llevó a cabo con la ANECA la evaluación de los estudios de ingeniería, que exige la presencia de un ingeniero profesional en el equipo supervisor. El objetivo del IIE era que las materias de diseño y proyecto fueran impartidas por profesores profesionales. Pero las trabas para acceder a las cátedras y profesores titulares son inmensas y es imposible que los profesio-

de referencia de nuestro país como Consejero de Iberdrola Renovables, Gamesa, Rodman Polships, Iberdrola y Tubacex.

nales en ejercicio puedan acceder a esos puestos. De hecho, no podrán siquiera ser doctores y la docencia que pueden impartir los profesores asociados no cuenta en los indicadores de la habilitación para poder concursar.

Necesitamos reaccionar y cambiar el final de esa historia”.

Ver vídeo aquí.



<https://youtu.be/jMcNdsFFq0A?si=CIBFFRmHH7873Ad7>



Discurso

Luis Vilches Collado

“Pero yo diría que es un honor ser colegiado, miembro del este Colegio Oficial de Ingenieros Navales de España. Tenemos una profesión histórica, milenaria, y al mismo tiempo de enorme futuro. Con la gran contribución de la Armada, que tan brillante papel ha jugado en nuestra vibrante historia y que nos puso los mimbres para desarrollar y alcanzar el alto nivel tecnológico de nuestra industria naval y marítima.

Al mismo tiempo, somos una profesión y una actividad muy transversal, que se nutre y se trufa con otros profesionales de procedencia muy diversa. Qué haríamos sin el apoyo de otras ingenierías, de los abogados y del mundo financiero.

Curriculum

Su compromiso con la profesión le ha llevado a ser decano del COIN y Presidente de AINE (2008-2018), vicepresidente del Clúster Marítimo Español y miembro del Comité Ejecutivo (2013-2018), presidente de UPCI (2016-2018), vicepresidente del Instituto de Ingeniería de España (2010-2016) y Académico de la Real Academia del Mar.

Luis Vilches Collado, ingeniero naval y alférez de Navío del Cuerpo de Ingenieros Navales, “vivió y sintió el desmantelamiento de los astilleros del País Vasco y Galicia, conquistó los Estados Unidos con dificultad, inteligencia y esfuerzo, contribuyó al nacimiento de Navantia, a la exportación de motores de dos tiempos a norteamérica o al renacimiento de los astilleros españoles”, destaca el Colegio de Ingenieros Navales

Luis Vilches Collado

Y, además, una parte importante de nuestros profesionales, ingenieros navales, hemos prestado servicio y contribuido a otros sectores, del transporte marítimo y aéreo, de la energía. Casi la mitad de nuestros compañeros están en sectores industriales, tecnológicos, financieros, alejados del propio marítimo. Y es un orgullo, que la formación y la inquietud promovida en nuestras escuelas, lo posibiliten.

Vivimos en un mundo global, en el que nos tenemos que intentar aprovechar y al mismo tiempo prevenir de la globalización, y pelear por recuperar actividad industrial, qué políticas, en mi opinión, ingenuas, o sometidas a las que nuestro compañero Pepeban ha venido en denominar “rapto de Europa”, han permitido, cuando no promovido, desplazar industrias importantes y estratégicas, al lejano oriente, y que, en este Cambio de Época, que no es solo una época de cambios, nos tiene secuestrados. El falso y perjudicial liberalismo.

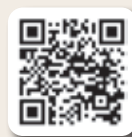
No defiendo la autarquía, pero sí, un serio y profundo rediseño del modelo industrial que España y Europa deben tener en este futuro incierto, en el que si no lo hacemos nos pueden ESTRANGULAR, tras un simple estornudo de Chi-

y Oceánicos. De hecho, su trayectoria profesional se ha desarrollado en diferentes continentes, con una especial vinculación con África, en empresas como COSTRUNAVES, SOVISPHAN, Grupo IBERIA, SATE-NA, Astilleros JULIANA CONSTRUCTORA GIJONESA, MANISES DIESEL ENGINE COMPANY, Grupo Astilleros Españoles, SERCOBE o el Astillero NAVAL GIJÓN.

na, Rusia, del Oriente Medio, o incluso de Estados Unidos.

Sintámonos orgullosos de nuestra profesión y de quienes nos acompañan en nuestra labor para construir una España y una Europa, en la que nosotros, y las generaciones que nos sucedan puedan vivir mejor, en paz y tranquilidad”.

Ver vídeo aquí.



https://youtu.be/A-16N_zmahE?si=4zHMF7kF13sqYlr5



Proteja las entradas de tuberías

Utilice los sellos Roxtec para aplicaciones con tuberías y proteja a las personas y los activos contra factores de riesgo como fuego, agua y gas. Asegúrese de mantener las clasificaciones contra fuego en la cubierta y en mamparas una vez instaladas las tuberías de acero, cobre, plástico y fibra de vidrio. En caso de incendio, evite que las llamas se propaguen al utilizar nuestros sellos para tuberías de plástico. En caso de tuberías metálicas utilice Roxtec SPM™ que le permitirá realizar el sellado sin necesidad de ninguna soldadura.

- Instalación simple y segura
- Asegure una barrera eficiente contra incendio
- Garantice la estanqueidad incluso en caso de incendio
- Reduzca el peso total del barco
- Evite todo el trabajo de soldadura

roxtec.com/es



Nuestro compañero y presidente, Diego Fernández Casado ingresa en la Real Academia de la Mar



El acto de Lectura del Discurso de Ingenieros del Académico de la Real Academia de la Mar, D. Diego Fernández Casado, ingeniero naval colegiado 1872, tuvo lugar el 15 de octubre de 2024 en el salón de actos del Instituto de Ingeniería de España.

D. Diego Fernández Casado es presidente de Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España desde 2021.

Su discurso se tituló: “Tras la estela de Elcano quinientos años después”. Recibió respuesta en nombre de la Academia el Numerario Luis Vilches Collado, ingeniero naval colegiado 1312. Además de familiares, amigos y compañeros de profesión, actuaron como padrinos Javier Garat Pérez, presidente del Clúster Marítimo Español, y el capitán y también académico Francisco Javier Aragón Cánovas.

Elecciones en las delegaciones territoriales de la AINE



Miembros de la delegación territorial en Madrid

El pasado 20 de marzo de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la **Delegación Territorial en Murcia** de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE).

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- **Presidente Territorial:**
 - José Torres García (Asociado 2367).
- **Vocales:**
 - Ignacio Herrán Elorza (Asociado 1349),
 - Fulgencio A. Casanova García (Asociado 2752),
 - Carlos Inglés Inglés (Asociado 3291),
 - Jerónimo A. Esteve Pérez (Asociado 2968) y,
 - Francisco José Cobo Ruiz (Asociado 2191).

El pasado 1 de abril de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la Delegación Territorial en Asturias de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE).

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- **Presidenta Territorial:**
 - M^a. Gala Concepción Raba (Asociada 2106).
- **Vocales:**
 - Rosa M^a. Manjón San Juan (Asociada 2996) y,
 - Pedro Vicente Fernández (Asociado 2094).

El pasado 3 de abril de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la **Delegación Territorial en Valencia** de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE).

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- **Presidente Territorial:**
 - Carlos de Beltrán Gutiérrez (Asociado 3063).
- **Secretario/Vocal:**
 - Carlos Montamarta Epila (Asociado 3112)
- **Vocales:**
 - Ceferino Brito García (Asociado 3235),
 - Mercedes de Juan Muñoyerro (Asociada 2570),
 - Mario Fominaya Martín (Asociado 1995),
 - José M^a. Madrigal Palmero (Asociado 2042) y,
 - Andrea Novas Cortés (Asociada 3119).

El pasado 27 de abril de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la Delegación Territorial en Cantabria de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE).

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- Presidente Territorial:
 - Juan Luis Sánchez Echevarría (Asociado 2051).
- Vicepresidente:
 - Juan José Gutiérrez García (Asociado 1640).
- Secretario:
 - Alberto García Monar (Asociado 936).
- Vocales:
 - Lucas Blanco Torcal (Asociado 3037),
 - Tomás O'Callaghan Díaz (Asociado 3066),
 - Verónica González de Lena Alonso (Asociado 3486) y,
 - Zaida Arias Álvarez (Asociado 2823).

El pasado viernes 4 de octubre de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la **Delegación Territorial en Madrid** de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE) en la Escuela de Técnica Superior de Ingenieros Navales (ETSIN).

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- Presidente Territorial:
 - Rodrigo Pérez Fernández (Asociado 2764).
- Secretario:
 - Jaime Pérez Martínez (Asociado 3313).

- Vocales:
 - Cristina Mateos Fernández de Betoño (Asociada 3054),
 - Jorge Rozados Ramos (Asociado 2373),
 - Francisco Javier Pérez Villalonga (Asociado 2250),
 - David Díaz Gutiérrez (Asociado 2500),
 - Patricia Martín González (Asociada 2449)
 - José Alegría Palmeiro (Asociado 2448) y,
 - Mirko Toman Fernández (Asociado 3483).

El pasado miércoles 16 de octubre de 2024 se celebró la Junta General Territorial Extraordinaria de la **Delegación Territorial en Galicia** de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España (AINE) en la sede de dicha delegación.

En este acto se procedió a la proclamación oficial de los nuevos miembros de la Junta Directiva:

- Presidente Territorial:
 - Jorge Dahl de Sobrino (Asociado 1627).
- Vocales:
 - Beatriz Spuch Sánchez (Asociada 2910),
 - Guillermo Gefaell Chamochín (Asociado 1173),
 - Jesús Sampaiño Barja (Asociado 2944),
 - Jesús J. Castaño Gómez (Asociado 2004),
 - Primitivo B. González López (Asociada 801).

Las delegaciones territoriales en Madrid, Murcia y Valencia visitan las instalaciones de Navantia Cartagena

El pasado sábado 19 de octubre, colegiados de las Delegaciones Territoriales en Madrid, Valencia y Murcia visitaron las instalaciones

de los astilleros de Navantia por iniciativa de la delegación territorial en Valencia. Los asistentes pudieron visitar la Fábrica



de Motores, Taller de Cuadernas, Nave de Armamento de Submarinos y muelle de pruebas y Reparaciones. Posteriormente, se realizó una comida de hermandad para los asistentes en el restaurante “El Chalé” de Cartagena. La delegación en Murcia estuvo representada por el vicedecano José



Torres, Francisco José Cobo, Ignacio Herán, Antonio Rey y Manuel Ortiz. De la delegación en Madrid asistieron el decano territorial Rodrigo Pérez, Jaime Pérez, David Díaz y Cristina Mateos. Y de la delegación en Valencia su decana, Mercedes de Juan y José Ubaldo.

La delegación territorial en el País Vasco celebra la Jornada “Guía de combustibles alternativos en el sector naval. Pros y contras”

El pasado 17 de septiembre, la delegación territorial en el País Vasco celebró una jornada técnica en el Real Club Marítimo del Abra, titulada “Guía de combustibles alternativos en el sector naval. Pros y contras”, a cargo de nuestra compañera Montserrat Espín García, responsable de descarbonización en el transporte marítimo en Bureau Veritas.

A la jornada asistieron un numeroso grupo de profesionales del sector: ingenieros navales, armadores y técnicos de flota. Los asistentes resaltaron la bonita presentación por su concreción y su fácil entender.

Durante esta jornada, se hizo un recordatorio especial al doctor ingeniero naval Gui-



lermo Avanzini, ingeniero naval, referente entre los colegiados en el País Vasco. Trabajó en Astilleros Euskalduna y en La Naval. Creó la oficina técnica de ambos astilleros. Al acto asistieron sus familiares.



Navantia

Innovation where it matters



F110

THE ESSENCE OF
TECHNOLOGY



Discover green sailing with
VULKAN Hybrid Architect

@ JFA Yachts – Long Island 86 Power.

www.vulkan.com



**Hybrid
Architect**



Couplings experts



Drivetrain experts



Vibroacoustic experts

VULKAN

VULKAN Española

Avda. Montes de Oca, 19 - Nave 7 | 28703 SS Reyes (Madrid)
Phone +34 91 359 09 71 | es.info@vulkan.com

VISIT US!
STAND-C37 AT

WW
WORLD
MARITIME
WEEK

21-23
MARCH
2023

37ª Copa América 2024 - Un impulso a la innovación y tecnología azul



Sònia Girona,
consultora de patentes de Ponti & Partners

La Competición deportiva de la 37ª Copa América 2024 que se está celebrando en Barcelona no es sólo el evento internacional de más alto nivel de Vela, sino que también está vinculado a la innovación y la tecnología.

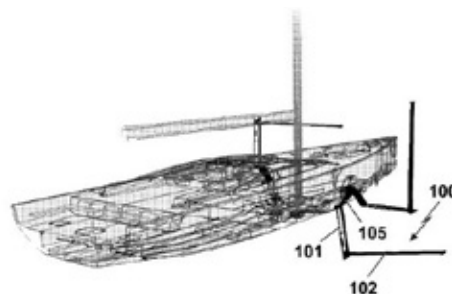
Este evento está actuando como catalizador de la innovación, prueba de ello es el constante desarrollo tecnológico de cada una de las partes de los barcos AC75.

Cada equipo protege sus avances tecnológicos con propiedad industrial: patentes, diseños, marcas y nombres comerciales.

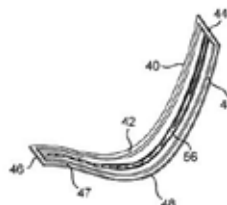
Aunque pueda parecer que el foiling sea una revolución reciente en los deportes náuticos, éste lleva más de 10 años en el corazón de las regatas de la Copa América.

Los foils fueron utilizados por primera vez en las regatas de 2012 por el Emirates Team New Zealand (los kiwis). La inversión en I+D ha permitido evolucionar de tal manera a los barcos de la competición que los ha convertido en barcos “voladores”, en los que los foils son más grandes para favorecer una mayor sustentación y un vuelo más rápido; los barcos de materiales más ligeros y la electrónica, la hidráulica y los sistemas de hardware y software se han actualizado sustancialmente.

- wWO2017083947A1: Sail boat propulsion and stabilisation system and device



- WO2023020918A1: Manufacture of fibre-reinforced composite hydrofoils and aerofoils and elongate foil



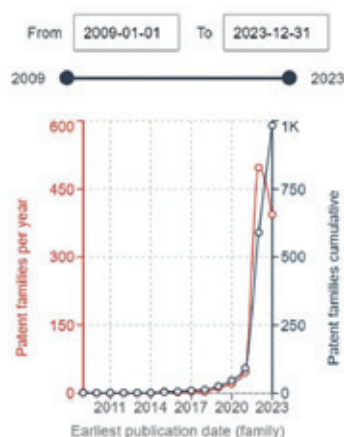
- US2024/0271943A1: ASSISTED NAVIGATION SYSTEMS AND METHODS;
- US2023/0406462A1: ELECTRONIC SAIL SHAPE SENSOR NETWORK AND METHOD OF OPERATING THE SAME FOR SINGLE AND MULTI-SAIL CONFIGURATIONS

La 37ª Copa América es además el impulsor de la transformación a la economía azul, convirtiéndose ésta en un sector estratégico de generación de proyectos innovadores que garanticen un crecimiento respetuoso con los recursos sostenibles y conservación del patrimonio marítimo. Nos encontramos

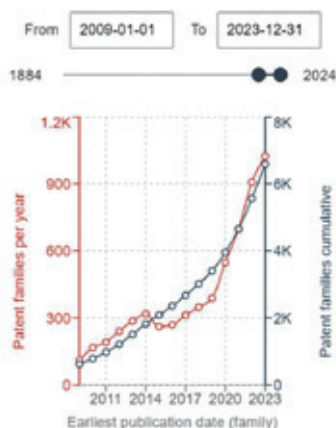
ante la revolución industrial marítima del siglo XXI que dará lugar a la mayor transformación de la historia marítima: puertos, industria naval, inteligencia artificial, transporte, sistema de comunicaciones, fuentes de energía, materiales, etc... están cambiando “la forma” y “el cómo” los diferentes entes relacionados con el mar van a realizar su función en un futuro próximo.

El futuro de la industria marítima y del comercio global representa una de las mayores transformaciones de este siglo. En los últimos años, la tecnología azul está generando patentes de manera exponencial y en ella están implicadas todas y cada una de las áreas del conocimiento. Se trata pues de una oportunidad de negocio para todos los ámbitos tecnológicos.

Energía eólica marina



Estructuras flotantes energía en alta mar



La innovación y patentabilidad van de la mano y el elevado número de patentes que existe en tecnología azul evidencia el cambio y la transformación del sector marítimo.

La innovación en los campos relacionados con las energías renovables y la descarbonización, entre otros, ha experimentado un crecimiento explosivo.

Buques de navegación autónoma, 100% eléctricos, que posiblemente en unos años veremos navegando por corredores marítimos para el transporte, son fruto de la investigación y desarrollo protegido por patentes. O buques de propulsión combinada con velamen como, por ejemplo, WO2016142567 o WO2020193835A1 de titularidad española.

En el cambio hacia la tecnología azul están participando todos los sectores tecnológicos, con elevadas inversiones en I+D por parte también de las administraciones públicas, público-privadas y clústeres de empresas locales.

Esta transformación marítima es una oportunidad para la generación de negocio, en la que todas las áreas del conocimiento están implicadas, y la inversión en I+D, de una forma u otra, es el motor de esta transformación.

Por último, veamos algunos ejemplos de patentes de tecnología azul:

- US2024/0280081A1: ENERGYMASTER A FLOATING HYBRID TIDAL/WAVE/WIND
- HARVESTING SYSTEM
- WO2023/107339A1: APARATUS AND METHOD FOR GREEN HYDROGEN
- PRODUCTION USING SUBMERGED DESALINATION SYSTEM
- WO2024/163547A1: MARINE HYDROKINETIC ENERGY HARVESTER WITH MULTIPLE

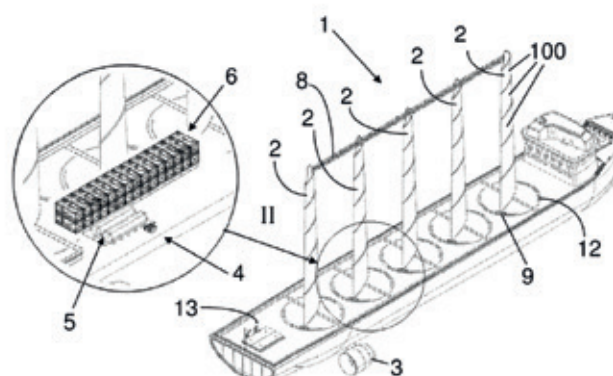
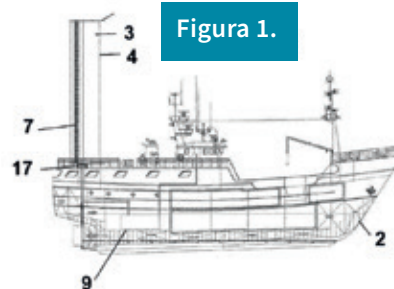
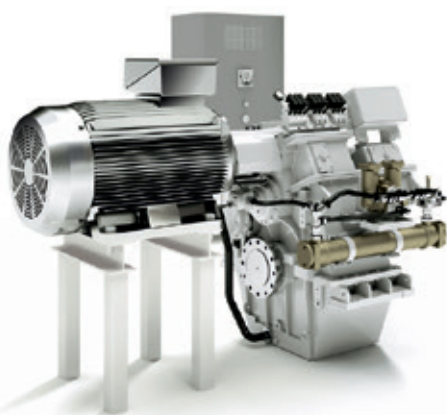


Figura 1.



REINTJES
POWERTRAIN SOLUTIONS



REINTJES Power Train Solutions

Sistema de propulsión REINTJES híbrido.

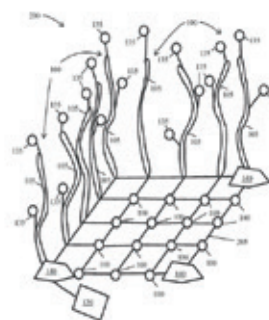
Flexibilidad, eficiencia y versatilidad
en la operación del buque.

Robustez y fiabilidad garantizada por Reintjes

REINTJES ESPAÑA, S.A. | Avda. Doctor Severo Ochoa, 45-1.º B | P.A.E. Casablanca II
E-28100 Alcobendas (Madrid) | Phone +34 916 572 311 | www.reintjes.com



- VIVACE OSCILATORS IN SYNERGY
- US20240301856A1: Convertidor de energía marina inspirado en las algas.



Dispositivo convertidor de energía marina (MEC) inspirado en algas marinas que tiene una pluralidad de tiras de materiales electroactivos flexibles conectadas a un módulo de acondicionamiento de energía y ancladas a una estructura (como el fondo del océano). El movimiento de las tiras causado por el movimiento del agua o la acción de la corriente (es decir, el movimiento del agua) se convierte mediante el material electroactivo en energía eléctrica.

Schottel/Wiresa celebra la segunda edición de sus Jornadas Técnicas



El pasado martes 15 de octubre, la Residencia Militar Alcázar en Madrid fue el escenario de las II Jornadas Técnicas de Schottel/Wiresa. Emilio Costoso, regional sales manager de Wiresa, dio la bienvenida a los asistentes y agradeció su presencia en esta cita tan reseñable para la compañía. Durante la jornada, la compañía expuso sus productos más reseñables en el ámbito de remolcadores, buques mercantes, ferries, y los principales trabajos de reparación y mantenimiento de equipos.

“El 58% de la flota mundial de remolcadores en servicio y en construcción, cuenta con propulsores Schottel”. Así lo indicaba Joachim Müller, senior sales manager tug & offshore, durante la primera presentación de estas Jornadas. Durante la misma hizo un repaso a los productos ofrecidos por Schottel (descripción técnica, operativa, buques de referencia, ...). La clave del éxito: su perfil operativo, el diseño del producto, las infraestructuras portuarias con las que cuenta

la compañía y sus características que les hacen cumplir las normativas vigentes.

La segunda parte de la presentación de Joachim describió los productos que la compañía ofrece en el sector offshore. “Las soluciones convencionales no son viables para este mercado, principalmente a que son equipos que demanda una muy rápida respuesta”, apuntaba. Los sistemas convencionales tienen una respuesta más lenta y además el empacho de los sistemas es mayor.

El producto que ofrece Schottel es el SRP-D (siglas de Schottel RudderPropeller Dynamic) que presenta una rápida respuesta de aceleración, una gran respuesta de gobernabilidad y los 8° de inclinación adicional que presenta, convierten a esta hélice timón en el producto estrella para este mercado. Müller respaldó estas afirmaciones con los resultados de los estudios comparativos llevados a cabo en las simulaciones de un buque offshore equipado con la unidad SRP

y con la SRP-D. La sociedad de clasificación DNV, le otorga a este sistema en nivel 3 de DP. Además, mostró cómo los 8° de inclinación adicional, reducen la interacción entre esta unidad y el casco, así como la reducción de las interferencias con otras unidades. La demanda de potencia se mantiene más estable a medida que suben las revoluciones, llegando a consumir hasta un 30% menos durante las operaciones de posicionamiento dinámico. Todo ello respaldado con los ensayos realizados con Marin, MMC y Navis Engineering Oy, entre otros.

La segunda presentación técnica del programa corrió a cargo de Tobias Oser, director merchant vessels, quien comparó el uso de una hélice convencional de paso controlable y el uso de dos unidades azimutales de Schottel SRE (Schottel Rudder EcoPeller) en un buque mercante. Esta ponencia técnica fue presentada en la pasada 63ª edición del Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima de la AINE celebrada en Madrid del 24 al 26 de abril de 2024. La segunda parte de la intervención de Oser versó sobre el sistema de sellado LeaCon, describió además las características de la nueva serie modular y describió el sistema triple de sellado.

La propulsión de ferries y buques de crucero habló Andeas Witschel, director passenger vessel & yachts. Presentó cuáles son las soluciones Schottel para ferries de larga distancia y de doble proa, describiendo sus características, su disposición a bordo y las consolas de control en el puente. La compañía oferta las unidades SRE, STP y SRP, y para el caso presentado, la mejor solución son las unidades SRE para ferries con bajo coeficiente de bloque y sin limitación de calado. Y la versión SRE LE es la solución óptima para formas del casco en “v”. Además, presentó la comparativa entre el SRE y el CRP Twin (propulsor contrarrotativo de dos hélices).

Tampoco se olvidó de presentar los resultados comparativos de maniobrabilidad a una velocidad de 15 nudos. Finalizó esta parte de su exposición con varios ejemplos reales.



Vídeo descriptivo
de la unidad SRE de Schottel:

<https://youtu.be/eHkG3pvackg?si=gY7YY2Mt1Wawp77Z>

¿Y qué solución es la mejor para los ferries que realizan travesías cortas? Aquí, las soluciones con tobera son las que mejores resultados presentan. Y es en este campo, Schottel destaca su sistema de asistencia para la optimización de rutas EcoVoy (siglas en inglés de Economic Voyage). Este sistema de control automatizado es compatible con cualquier unidad de propulsión Schottel, y optimiza la velocidad, aceleraciones y desaceleraciones del buque en función de la ruta, teniendo en cuenta las condiciones ambientales reales para que el ferry llegue a su destino a una hora determinada y evitar demoras. Recordemos que los ferries noruegos Flatøy y Lysøy fueron equipados en 2019 con este sistema a bordo.

“Todo nuestro trabajo diario gira en torno al cliente”, comenzaba Stefan Bunch, director service Schottel International & vicepresidente del Grupo Schottel, su presentación. “Todo cliente del sector marítimo que acede a Schottel puede esperar siempre productos y servicios del más alto nivel (productos, servicios de mantenimiento y reparación, formación académica a tripulantes, ingenieros, operadores, etc.). La proximidad al cliente, el asesoramiento competente y el servicio posventa personal siguen estando entre los principios rectores de la filosofía de Schottel en la actualidad. Gracias a un rápido servicio de asistencia, los tiempos de inactividad se reducen al mínimo y los barcos vuelven a estar listos para funcionar lo antes posible.



Además de nuestra red mundial de ventas y servicios, los clientes pueden aprovechar los seminarios que ofrecemos para actualizar sus conocimientos técnicos: in situ, en uno de los cuatro centros de formación (Spay/Alemania, Houma/EE. UU., Singapur, Fremantle/Australia) o en línea.

Stefan tuvo palabras de agradecimiento a sus socios españoles, Wiresa y Vulkan. A continuación concedió la palabra a María Barranco, sales & service en Wiresa, quien describió con gran lujo de detalles varios casos de mantenimiento y reparación de sistemas, tanto de previstas como imprevistas. Y más concretamente, algunos casos de alguno de los 8 buques equipados con unidades Schottel que operan en España.

Finalmente, la sesión técnica finalizó con las intervenciones de Adolfo Navarro, senior proposal manager del Grupo Armón, y de Álvaro Platero Alonso, vicepresidente de Astilleros Gondán. Quién mejor, que dos clientes nacionales para dar testimonio de la relación tan estrecha y de confianza en la

práctica totalidad de unidades Schottel para equipar sus nuevas construcciones y de las que hicieron un repaso durante sus intervenciones. ¿Quién recuerda el remolcador híbrido *Fairplay IX*, o el remolcador a hidrógeno *Hidrotug 1*, el reciente ferry *Cap de Barbaria*, los remolcadores *Dux*, *Pax* y *Audax*, el buque de suministro de combustible *Haugesund Knutsen*? Por poner algunos ejemplos, ya que también pesqueros, buques offshore y buques oceanográficos cuentan con unidades propulsivas Schottel. Gondán ha confiado en Schottel durante los últimos 20 años, equipando ocho de sus construcciones en este periodo. Astilleros Armón, por su parte, en los últimos 15 años han construido 90 buques con un total de 200 unidades Schottel. Por descontado, esta relación de confianza se mantendrá en el tiempo, y ejemplo de ello son algunos de sus buques en cartera, como por ejemplo el buque no tripulado para misiones de mantenimiento e inspección submarina de Gondán en colaboración con DeepOcean, Solstad y Østensjø Rederi, o en el caso de Armón, el buque para la Polinesia Francesa *Tuhaa Pae*.

Schottel suministrará el sistema de propulsión de los cuatro nuevos OCV que construirá Wuchan Shipbuilding Industry



El grupo chino Wuchan Shipbuilding Industry ha elegido unidades Schottel para propulsar cuatro nuevos buques offshore (OCVs).

Estas nuevas unidades (Salt 308 OCV), diseñadas por la ingeniería noruega Salt Ship Design, tendrán 100 m de eslora, 23 m de manga, 6,5 m de calado y un área de cubierta de trabajo de 1.150 m².

Su entrega está prevista para finales de 2026. Podrán operar con combustibles alternativos.

El sistema de propulsión de estos buques, cada uno equipado con cinco hélices, requiere específicos requisitos para que el buque pueda operar en aguas de más de 3.000

m de profundidad y bajo condiciones de mar adversas.

El armador europeo que ha encargado estas unidades no ha sido desvelado, pero si se conoce que los destinará a la industria gasística y petrolífera, así como a la eólica offshore.

Concretamente, se suministrarán los modelos SRP 610 DL, hélices timón dinámicas.

Las SRP-D de Schottel desempeñan un papel fundamental para el posicionamiento dinámico del buque. Además de una aceleración/desaceleración de la hélice significativamente mayor y un sistema de gobierno azimutal de gran respuesta, el diseño de estas unidades es muy compacto y llevan inte-

grado un motor primario y un eje de hélice inclinado ocho grados, lo que resulta en una

menor interacción propulsión-hélice y propulsor-casco.

Unidades a suministrar

Cada buque estará equipado con:



2 SRP 610 DL con un diámetro de hélice de 3.200 mm y una potencia de entrada de 2.700 kW.

1 hélice timón retráctil SRP-R 380 L a proa, con un diámetro de hélice de 2.200 mm y una potencia de entrada de 1.500 kW.



2 hélices transversales tipo STT 6 a proa con una potencia de entrada de 2.050 kW aportando aún mayor maniobrabilidad durante las operaciones en las que interviene el posicionamiento dinámico. Estas hélices tendrán un diámetro de 2.740 mm.

TECNAVAL 2025 elevará el nivel tecnológico en el sector naval



El pasado 1 de octubre, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid, se reunió el Comité Ejecutivo del TECNAVAL 2025, formado por las siguientes empresas: Abervian, Sl; Addocean Technologies, S.L.; Aiguasol Consulting, SCCL; Mar Technologies 5.0, Sl; Astilleros Canarios, S.A. (Astican); Astilleros De Santander, S.A. (Astander); Astilleros San Enrique; Bureau Veritas Iberia, S.L.U.; Consulmar, S.L.U.; Contenedores Y Procesos, Slu (Cyp); Ership, S.A.U.; Industrias Guerra, S.A.; Ingeniería y Diseño Europeo, S.A. (Idesa); Med Gate Construcciones Navales S.A.; Construcciones Navales P. Freire, S.A; Navacel Process Industries, S.A.; Nuevo Astillero De Huelva, S.A.; Ship & Yard Technical Management Sl (Sym Naval); Siport Xxi, S.L.; Willbö Engineering 2 Build, S.L.; Con La Participación De Los Clústeres Foro Marítimo Vasco, Asime Y Aclunaga, Y Presidido Por Soermar en calidad de responsable de este proyecto tractor.

TECNAVAL 2025 es uno de los cuatro proyectos tractores que percibió una subvención

del Ministerio de Industria y Turismo de 7,5 millones de euros de los fondos asignados al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Las entidades y empresas del sector debatieron sobre la posibilidad de futuras convocatorias dotadas con los fondos no asignados de las anteriores convocatorias del PERTE del Ecosistema Naval Español y mostraron su sorpresa porque en la agenda presentada por el Gobierno para la aplicación de la segunda fase del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, a priori, no se mencionaba ninguna asignación para el PERTE Naval.

Además, los coordinadores de cada proyecto primario presentaron los avances técnicos desarrollados en cada uno de ellos. Consulmar, en calidad de coordinador del proyecto PP01 y PP02, informó que el proyecto PP01 (Estudio de viabilidad previo a un proyecto de desarrollo experimental para el diseño y

construcción de un prototipo de embarcación auxiliar de puerto “modular” de recogida de residuos MARPOL con cero huella medioambiental) ha sido concluido con gran éxito y presentada su liquidación ante el Ministerio de Industria. Respecto al proyecto PP02 (Desarrollo experimental para el diseño y construcción de un prototipo de embarcación auxiliar de puerto “modular” de recogida de residuos MARPOL con cero huella medioambiental) explicó que está avanzado, superando algunas dificultades al tratarse de la construcción de un nuevo prototipo con un gran y avanzado nivel tecnológico, pero que en líneas generales se cumplirán los objetivos fijados en el proyecto.

Navacel, por su parte, presentó el gran avance del proyecto PP03 (Implementación de novedosos procesos para el diseño y fabricación de megapiezas del sector offshore wind), mostrando a los presentes las pruebas y el avance de resultados de la implantación de estos nuevos procesos.

A continuación, Willbö, en calidad de coordinador del proyecto PP06 (Análisis y desarrollo de un piloto físico de una planta de captura de CO₂ para descarbonizar el transporte marítimo), comunicó que ya se ha concluido con el diseño de la planta prototipo, que se están acopiando los materiales y equipos, y que ya se han reservado los bancos de pruebas para analizar el rendimiento de esta novedosa instalación. En paralelo, informó que está trabajando activamente en la integración del nuevo diseño en el buque prototipo seleccionado. Reveló las dificultades de coordinación técnica y económica surgidas y dijo que se han solventado gracias a la colaboración de todos los socios.

Siport XXI, coordinador del PP07 (Simulador conceptual de metro fluvial), informó al consorcio que se ha avanzado bastante en el diseño del buque y de las infraestructuras

flotantes que actuarán como estaciones de transbordo de pasajeros.

Industrias Guerra, a su vez, presentó los avances desarrollados para el proyecto PP08 (Desarrollo de una grúa marina robótica, inteligente y conectada), sobre el que comentó que la gran dificultad ha estado en el amplio número de variables que definían los diferentes grados de libertad a controlar.

Mar Technologies 5.0 expuso los avances del proyecto PP09 (Bateas motorizadas, sensorizadas y virtualizadas interactivas en tiempo real) y mostró a los asistentes los simuladores que se han realizado con gran éxito. Las exposiciones terminaron con las presentaciones de los progresos del proyecto PP10, coordinado por Freire Shipyard y cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de eficiencia energética aplicando inteligencia artificial para reducir la huella medioambiental en los astilleros.

La conclusión es que los proyectos aportan grandes desarrollos que elevarán el nivel de la tecnología española naval y que se han desarrollado con bastante esfuerzo de las empresas, que han tenido que ajustar mucho los plazos para acompañar la financiación con el gasto en materiales y equipos, sobre todo en los proyectos que desarrollan prototipos tangibles.

En la reunión se abordó, asimismo, la importancia de las tareas de liquidación siguiendo las instrucciones que el Ministerio ha publicado, y se explicó que todas ellas deben realizarse por beneficiario, por proyecto primario y de forma digital. Soermar planteó la importancia de que cada empresa desarrolle su plan de comunicación, ya que el proyecto tractor y los primarios que lo integren deben cumplir con la difusión amplia y coordinada de resultados, transmitiendo al resto del sector y la sociedad los logros acometidos con la financiación pública percibida.

El programa de buques Fleet Solid Support para Reino Unido completa con éxito su revisión de diseño preliminar



El programa Fleet Solid Support (FSS) para la construcción de tres buques de apoyo logístico para Reino Unido ha completado con éxito su Revisión de Diseño Preliminar (PDR), el primer hito de ingeniería en el programa.

La PDR se ha completado a través de sesiones de trabajo entre el Ministerio de Defensa (MOD), Navantia UK como contratista principal del programa y BMT al frente de la fase de diseño funcional. La finalización de la PDR ha sido posible gracias a la estrecha colaboración entre la agencia de Aprovisionamiento y Apoyo de material de defensa de Reino Unido (DE&S), Navantia UK y BMT.

Este hito ha confirmado la solidez y madurez del diseño, reflejando el progreso del programa. El FSS entra ahora en una nueva fase, centrada en el diseño de detalle y avanzando hacia el inicio de la construcción en 2025, cumpliendo con el cronograma inicial. Como contratista principal, Navantia UK ha

supervisado la fase de diseño, aportando su experiencia en gestión de programas para garantizar la integración perfecta de todos los aspectos, tales como planificación, compras o e ingeniería de producción.

“Estamos muy satisfechos de ver cómo este importante hito se ha cumplido según lo programado. Agradezco el gran compromiso de Navantia UK y BMT para entregar un diseño innovador y capaz, y celebró su estrecha colaboración con DE&S. El programa FSS está en camino de entregar buques altamente capaces para la Real Flota Auxiliar (RFA), y espero entregas exitosas continuas mientras trabajamos hacia los hitos de producción en 2025”, ha señalado un portavoz del Ministerio de Defensa británico.

“La colaboración industrial es uno de los pilares de la actividad de Navantia UK. La construcción naval es una industria compleja que requiere combinar la experiencia de

empresas de primer nivel. La consecución de este hito significativo subraya la excelencia de Navantia UK en la gestión de programas, mostrando nuestra capacidad para liderar e innovar dentro de la industria”, dijo José Luis Viguera, responsable del Programa FSS de Navantia UK.

Catriona Savage, directora del programa en BMT, dijo: “La finalización exitosa de la PDR es un testimonio de los esfuerzos colaborativos de todos los socios, impulsando el programa FSS hacia adelante. Este hito allana el camino para la entrega de buques de apoyo avanzados y eficientes para la RFA, mejoran-

do la preparación operativa de la Royal Navy para misiones globales, y contribuyendo al crecimiento industrial y económico del Reino Unido. Nuestra colaboración y compromiso compartido con la innovación están sentando las bases para una nueva era en las capacidades marítimas del Reino Unido.”

Los tres buques FSS estarán encargados de suministrar provisiones sólidas y municiones a los buques de la Royal Navy desplegados en misiones. Con un total de 216 metros de eslora cada uno estarán entre los mayores buques de la flota británica, solo por detrás de los portaaviones de la clase Queen Elizabeth.

Boluda adquiere la compañía finlandesa de remolque portuario y rompehielos Yxpila Hinaus-Bogsering (YHB)



Boluda avanza en línea con sus planes de expansión en el norte de Europa tras la adquisición de la compañía finlandesa Yxpila Hinaus-Bogsering (YHB). Se trata de una empresa familiar que comenzó a operar hace más de 40 años en el puerto finlandés de Kokkola proporcionando servicios de remolque portuario y rompehielos.

YHB sumará a Boluda Towage toda su experiencia al frente de operaciones de remol-

que en las condiciones extremas del Báltico, donde el hielo y las bajas temperaturas requieren el conocimiento y la pericia de expertas tripulaciones que permitan realizar las maniobras con seguridad y eficiencia.

Boluda Towage consolida aún más su presencia en las costas del norte de Europa y se introduce en el mercado escandinavo para dar cobertura a sus clientes en el golfo de Botnia, operando en los puertos de Kokkola, Vaasa, Raahe y Kemi. La compañía incorporará a su flota 6 buques, cinco de ellos rompehielos. Las dársenas de Kokkola han crecido significativamente en la última década, convirtiéndose en una de las instalaciones logísticas más grandes de Finlandia con especial relevancia para la industria de la minería, así como para carga seca a granel, productos químicos y madera.

AIPE asume la presidencia de ENGINET para los próximos dos años

El pasado 22 de octubre, durante la reunión de ENGINET, se ratificó la nueva directiva de la organización para los próximos dos años, en la que la Asociación de Ingenieros Profesionales de España (AIPE) asume la presidencia.

La nueva junta estará liderada por Esther Ahijado Fernández, quien se convierte en la nueva presidenta, siendo respaldada por un equipo de profesionales provenientes de diferentes países de Europa. Este equipo incluye a Gerard Audoly, de la Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales de Francia (SNIPF), como vicepresidente; Gabriela Parlante, del organismo italiano CERTING, en el puesto de tesorera; y Toni Molina, como secretario.

Esther Ahijado, ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid (promoción de 1995), posee una destacada trayectoria profesional de casi 30 años en el sector de la ingeniería, la construcción y la tecnología.

Además, cuenta con formación adicional de alto nivel, como el Programa de Desarrollo Directivo (PDD) del IESE, y un Máster en Empresa y Políticas Públicas por la École de Ponts et Chaussées y la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Actualmente, dirige la Dirección Internacional en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y su experiencia abarca posiciones de liderazgo a nivel internacional en diversas empresas de relevancia en el sector.

La nueva directiva tiene como misión fortalecer la cooperación entre los organismos profesionales de ingeniería en Europa, pro-

moviendo la excelencia y el reconocimiento de las competencias de los ingenieros a nivel global.

Con el liderazgo de Ahijado, AIPE busca continuar impulsando el reconocimiento de la ingeniería como una profesión estratégica en el desarrollo de la sociedad, y fomentar la innovación en el ámbito técnico.

ENGINET, la red europea de organismos de certificación de ingenieros profesionales, sigue avanzando en su objetivo de mejorar la movilidad y el reconocimiento de los ingenieros en el continente.

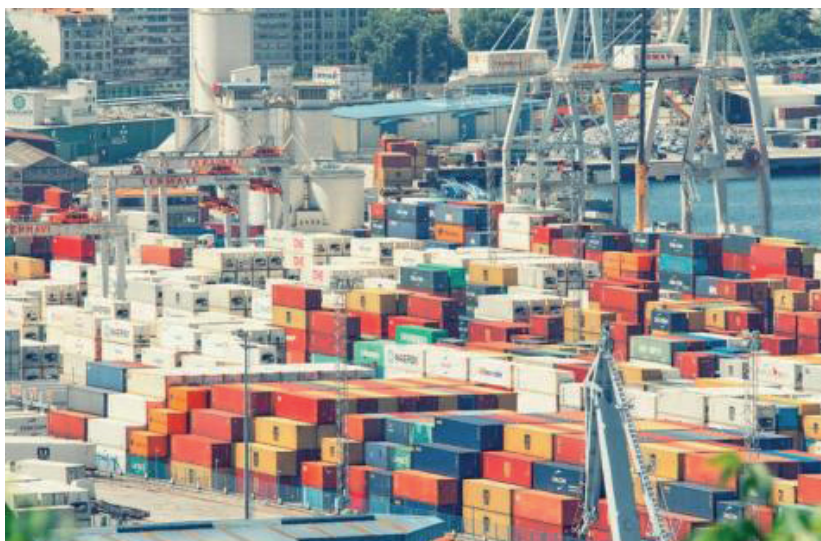
Esta nueva etapa bajo la dirección de Esther Ahijado se vislumbra como una oportunidad clave para avanzar en iniciativas que fortalezcan la homologación de competencias y el intercambio de conocimientos en el ámbito de la ingeniería.

Con esta elección, AIPE toma un papel central en la dirección de ENGINET, reforzando su compromiso con la promoción de la ingeniería profesional tanto en España como en Europa.

AIPE (Asociación de Ingenieros Profesionales de España) es el Organismo de Certificación de Personas para la figura de Ingeniero Profesional, del que es socio fundador el Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Esta certificación de personas y empresas confiere un valor competitivo diferencial que contribuye a favorecer los intercambios comerciales y la cooperación internacional.

El tráfico de mercancías por los puertos de interés general creció el 3,1% hasta septiembre



tránsito ligeramente menor (+17,8%), como ya ocurrió en agosto, frente a los datos de meses anteriores (18,7% en julio o 19,9% en junio).

Los graneles líquidos registraron hasta septiembre un alza del 3,4%, hasta 135,9 millones de toneladas, debido especialmente al buen comportamiento de

Los puertos de interés general movieron entre enero y septiembre de 2024 un total de 422.109.603 toneladas, lo que representa un incremento del 3,1% respecto al mismo periodo del año anterior, manteniéndose la tendencia al alza registrada en lo que va de año efecto de los cambios en las rutas marítimas por la situación en el mar Rojo.

En los nueve primeros meses del año, la mercancía general aumentó el 6,9%, respecto a 2023, con 210,9 millones de toneladas, con un fuerte incremento en su presentación en contenedor, +9,5%, frente al más moderado de la mercancía general convencional, +1,4%.

Los TEUs aumentaron un 11,8% respecto al mismo período del año anterior, con 13,7 millones de toneladas, en línea con el ritmo de crecimiento marcado desde principios de año, pero con un repunte de los TEUs en

los productos químicos (+127,8%), y de la gasolina (+26,7%), y en general petróleo y productos derivados.

Todos los tráficó anotarón incrementos entre enero y septiembre, a excepción de los graneles sólidos que, con 63,7 millones de toneladas, sufrieron un descenso del 8,3% respecto al mismo periodo de 2023, derivado de la caída del carbón (-47,2%) y de algunos productos alimenticios.

El tráfico ro-ro apenas varió respecto al año anterior, +0,5%, con 54,7 millones de toneladas. El número de buques mercantes por los puertos españoles aumentó en los primeros nueve meses del año el 0,6% con un total de 126.985 unidades, y el arqueó bruto creció un 2,5%. El tráfico de pasajeros por los puertos españoles aumentó el 3,6% hasta septiembre respecto a 2023, con 31,8 millones de movimientos.

Salvamento Marítimo atendió este verano 1.466 emergencias relacionadas con la náutica de recreo en toda España

Salvamento Marítimo, dependiente del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, atendió durante el verano de 2024 (entre el 15 de junio y el 15 de septiembre) un total de 2.984 emergencias de todo tipo a nivel nacional, de las que 1.466 (49%) fueron relacionadas con embarcaciones de recreo y otras actividades recreativas en toda España. Esto supone mantener el porcentaje con respecto al mismo periodo del año pasado. Las personas afectadas por los accidentes en este ámbito se elevaron a 3.600.

Las causas de las emergencias en las embarcaciones de recreo han sido fundamentalmente el fallo estructural o mecánico (77 por 100), la varada o embarrancamiento (7 por 100), debiéndose el restante 16 por 100 a otras múltiples causas como incendios, falta de noticias, hundimientos, vías de agua et-
cétera.

Emergencias relacionadas con la náutica de recreo y actividades recreativas en toda España (15 de junio al 15 de septiembre).

Centro	2024		2023	
	Actuaciones por CCS*	Asistidos	Actuaciones por CCS*	Asistidos
CCS Barcelona	267	751	304	939
CCS Palma	237	681	220	673
CCS Valencia	177	520	159	433
CCS Tarifa	102	257	93	270
CCS Tarragona	100	274	106	274
CCS Cartagena	86	201	82	187
CCS Bilbao	71	167	80	172
CCS Almería	70	173	77	114
CCS Huelva	46	95	45	122
CCS Vigo	30	82	31	78
CCS Santander	28	64	34	74
CCS Fisterra	25	53	24	53
CCS Cádiz	36	56	40	86
CCS Tenerife	36	72	52	77
CCS A Coruña	16	45	20	50
CCS L Palmas	18	30	15	29
CCS Castellón	17	31	16	26
CCS Gijón	14	20	8	8
CCS Algeciras	43	24	60	51
CNCS Madrid	47	4	67	2
Totales	1.466	3.600	1.533	3.718

* Centro de Coordinación de Salvamento



El informe Draghi y algunas cosas más



Por José-Esteban Pérez García

I.N. Colegiado nº 700

Ex vicepresidente del Grupo de Construcción Naval del Consejo de la OCDE.

Ex secretario general , Community of European Union Shipbuilders Associations.

y Director General AWES. Ex director Ast. Cádiz (AESA).

Académico de Número de la Real Academia de la mar.

Ex Presidente Comité Asuntos Marítimos IIE.

El mar. ¿Competitividad de quién?

Estamos en los días posteriores que siguen a la presentación por Mario Draghi de su informe llamado: “El futuro de la competitividad europea”, que había sido encargado por la que era presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, presidencia que continúa ocupando tras las últimas elecciones europeas.

Ya el título del informe explicita el principal problema que tiene la UE para no seguir perdiendo terreno frente a los Estados Unidos de América y la República Popular de China, y en ese camino, que los propios miembros de la UE recapaciten sobre su comportamiento con relación a una serie de acciones comunes que posibiliten alcanzar objetivos.

Antes de seguir, parece conveniente explicar que en junio de 2023, el Consejo de la UE encargó a Enrico Letta (ex primer ministro de la República Italiana y presidente del Instituto Jacques Delors) un informe de alto nivel llamado “**Mucho más que un mercado**” que entregó en abril de 2024, cuya principal conclusión general era que el mercado europeo debería adaptarse a los nuevos tiempos y no quedarse estancado en una configuración para el contexto político, económico y social del siglo XIX, muy diferente al actual.

Resulta curioso que, en un plazo pequeño, y dentro de una misma legislatura europea se requirieran dos informes, al parecer con el mismo propósito. Realmente, se presentaron con cinco meses de diferencia temporal y en el periodo final de la legislatura. Ambos encargados a respetados personajes italianos, algo más conocido públicamente Draghi en el ámbito general.

No parece en cualquier caso que la intención fuera compararlos. Lo que desconcierta

un poco es que se produjera el caso. En fin, más vale que se tengan dos informes que solamente uno, sobre todo si no se coloca a aquellos que se quieran apoyar en ellos para proponer acciones en la disyuntiva de tener que elegir porque fueran distintos en los planteamientos y en sus conclusiones.

De hecho, se pueden considerar ciertamente convergentes en muchos aspectos.

Más enfocado el informe de Letta en la necesidad de hacer funcionar el mercado único en la UE de manera que haga honor al concepto de único, lo cual hasta ahora no ha sucedido enteramente. Sí se ha hecho en aspectos muy relevantes, con la lentitud histórica habitual que demandan las transformaciones vitales en una sociedad como la europea formada por países que no son distantes, pero sí distintos, y llevan siéndolo muchos siglos.

El informe Draghi en más extenso, descriptivo y más prolijo, sobre todo en su parte de información gráfica, y hace también mucho hincapié en la necesidad de llegar a un verdadero mercado único, con dos “palancas” principales para conseguirlo.

Mejorar la competitividad hasta alcanzar y superar a las de EE. UU. y China, considerados acertadamente como los grandes protagonistas del desarrollo actual, y hacerlo además utilizando la palanca fundamental de la descarbonización de sus actividades, aceptando básicamente algo que se resume en esa manida frase de que “lo mejor puede ser enemigo de lo bueno” sobre todo, cuando se quiere progresar al unísono para conseguir un progreso que aproveche las fortalezas de todos, pero sin incrementar las debilidades individuales.

Hay que reconocer que tal cosa es un desafío tremendo y no puede desembocar en repetir el “Mito de Sísifo”.

Foto del PIB de las “partes” del mundo

En el cuadro que sigue, se puede ver la situación comparativa a final de 2023 a precios corrientes de los países o grupos de países, para colocarnos en posición^A:

EE.UU.	26	UE	17
China	17	Asia Pacífico sin China	11
Europa sin UE	7	N. América sin EE. UU.	4
S. América	4	Japón	4
India	4	Oriente Medio	3
África	3	TOTAL MUNDIAL	100.000 MUS\$

las cifras son en %

Esfuerzos transversales

Antes de seguir tratando el tema en general, hay que detenerse en el escenario industrial y sus aspectos marítimos, que es el “meollo” del asunto para todo aquel que esté relacionado con las actividades marítimas, que serán, se supone, las más interesantes para nuestros lectores.

La Unión Europea, o más bien, las asociaciones de países que han dado lugar a lo que hoy conocemos con ese nombre, empezó a gestarse como reacción a la catástrofe de la Segunda Gran Guerra y se constituyó como Comunidad Económica Europea en 1957. Se creó para tratar de evitar los conflictos intraeuropeos y progresar juntos.

Ahora somos ya 27 países miembros, que se enfrentan a una complicada situación política global, guerras y desafíos sociopolíticos, económicos e ideológicos que, según el Informe Draghi necesita de una reafirmación y renovación de los “tegumentos internos” para competir al nivel que se le demanda, según la idea que transmite el propio informe.

Esto debería suceder “por tierra, mar y aire” como se decía antes, pero resulta curioso que el informe hace hincapié en la tierra y en el aire, pero no tanto en el mar, o al menos en la naturaleza de su industria.



Se menciona siempre, hablando de la industria y su cadena de valor, una serie de propuestas para lograr los objetivos perseguidos, que son, como parece lógico en un principio, totalmente transversales. Es claro que cada sector necesitará más o menos esfuerzos para responder, y lo que es más difícil, que los países miembros trabajen coordinadamente, ya que será mejor y menos costoso coordinarlos juntos que cada uno haga la “guerra” por su lado como está sucediendo en muchos casos. **Es, en el ámbito competitivo mundial, la diferencia entre ser un país potente a ser un grupo de países teóricamente ligados que puedan usar esa ligazón como combustible para competir.**

Para ser más precisos, se menciona al transporte terrestre y en particular al automóvil como uno de los elementos en los que hay que hacer un esfuerzo mayúsculo para competir y superar a la industria china, con el gran desafío que supone la descarbonización del transporte. Ese gran desafío corresponde a los fabricantes; los coches eléctricos o el uso de tipos de carburantes “verdes”, no sólo en la emisión de su “combustión”, sino en la fabricación de esos mismos carburantes, o de la electricidad que puedan consumir. Obviamente, el peso de las inversiones, tanto en I+D como en la cadena de valor y sus ramificaciones, su digitalización, como en la mejora sustancial y no teórica de la productividad, es una de las columnas vertebrales de esa especie de “Plan Marshall” a la europea que propone Draghi, y que tiene derivadas muy importantes en otros campos a coordinar, como no podía ser de otra manera.

La lucha actual de la UE con China en lo que a la fabricación de automóviles eléctricos se refiere, sopesa la necesidad de proteger a la industria europea del automóvil imponiendo aranceles a los coches de fabricación china, que es una muestra de la brecha existente, reconociendo además que parte de la com-

petitividad china está apoyada en ayudas de estado.

El impulso que pretenda el informe darle a la industria europea del transporte por carretera o urbano, ¿a quién beneficiará finalmente? No parece que vaya a haber dudas al respecto: a la industria europea de fabricación, al empleo, a la creación de riqueza, a la sociedad en general y a cerrar la brecha creciente del PIB con China o con quién haga falta.

Los lectores se pueden pensar que muy bien, pero que lo escrito hasta ahora tiene poco que ver con la industria marítima. Pues es cierto relativamente. Veamos.

El informe reconoce a dos sectores, el marítimo y el aéreo, que son difíciles de descarbonizar. Centrémonos en lo nuestro, es decir, el sector marítimo. Valora la inversión necesaria para el sector marítimo en alrededor de 40.000 M€ cada año, entre 2031 y 2050, es decir, al cambio actual y para todo el periodo señalado, 872.000 MUS\$. Un estudio reciente del Prof. Martin Stopford (Clarkson) calculaba una inversión aproximada de 2,33 billones (españoles) de US\$ para la flota mundial en el mismo periodo. No vamos a entrar a diseccionar que parte de la flota mundial considera como europea el informe Draghi (suponemos que se refiere a la flota mercante de la UE, abanderada o controlada, aunque habría que estudiar si la flota controlada no abanderada en la UE ni en sus segundos registros es una flota UE). En cualquier caso, lo importante a resaltar es que el Informe Draghi menciona una importante inversión en marina mercante, y así como cuando habla del sector de la industria del automóvil queda bastante claro que la inversión necesaria impulsará a los fabricantes europeos y a los eslabones de su cadena de suministros, y haría que muchos de estos últimos, que ahora no son europeos, se “europeizaran”.

En el caso del del sector marítimo da la impresión de que se pasa de puntillas sobre la industria fabricante, hoy testimonial en la UE, en un periodo ya largo durante el cual el transporte marítimo mundial y su capacidad, ha seguido mostrando su pujanza.

Vamos a transcribir, como soporte de lo que decimos, lo que la Asociación de Armadores de la UE, ECSA, ha manifestado por medio de su Secretario General Sotiris Raptis:

<< El informe Draghi reconoce firmemente el papel de liderazgo global del sector naviero europeo y la necesidad de mantener su competitividad internacional. El sector naviero europeo constituye una historia de éxito y una piedra angular para nuestro continente respecto al acceso a la energía, los alimentos, la cadena de suministros y la seguridad de todo ello. En estos tiempos de incertidumbre política, resulta crucial para Europa mantener y hacer crecer la flota operada por la UE, que asegura la posición europea en la cadena global de suministros, así como también al acceso clave a los mercados internacionales.>>

En la misma línea, J. K. Clasen, subdirector ejecutivo de “Danish Shipping” ha declarado que el sector naviero europeo está creciendo, pero que otros crecen más rápido. Consecuentemente, hay que optimizar de manera constante nuestra competitividad y enfocarnos hacia la innovación. Que el informe Draghi señala las áreas de actuación correctas, y que los navieros europeos apoyan con entusiasmo el fortalecimiento del sector naviero europeo, siendo la llamada “transición verde” una parte importante de la competitividad marítima europea.

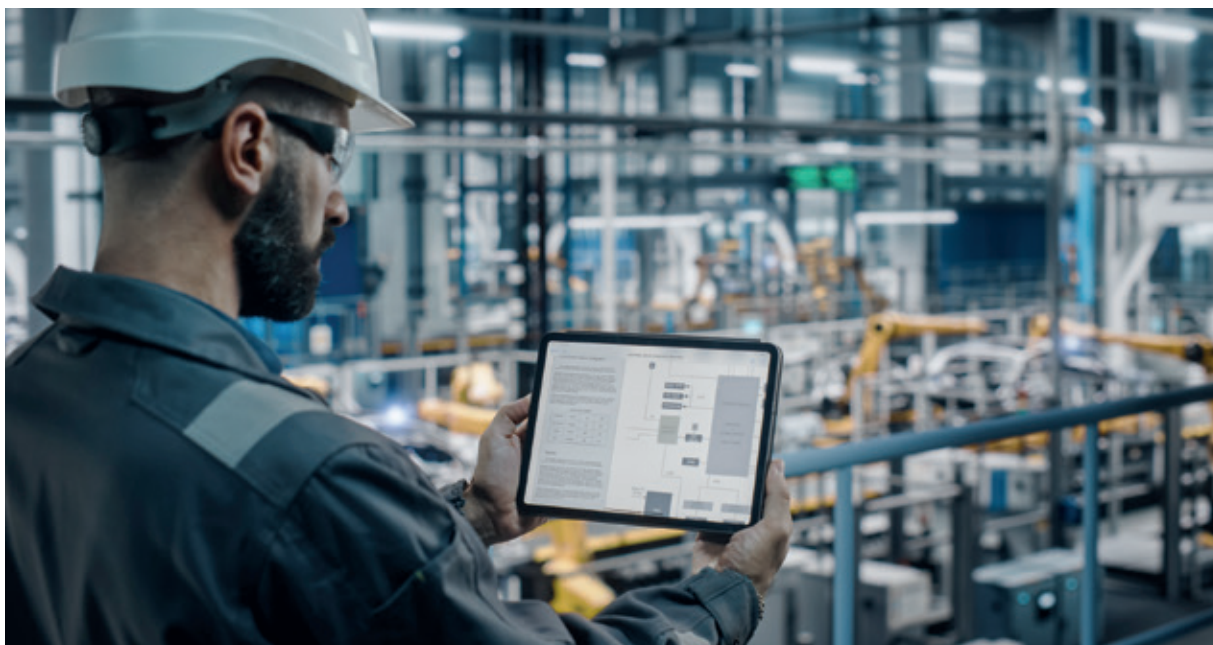
Nos detenemos a pensar

Merece la pena detenerse un momento en estas manifestaciones entusiásticas, antes de tomarlas al pie de la letra en lo que se

refiere a la competitividad, en comparación con los caminos de China y de los EE. UU. Mientras la UE ha dejado claramente sentada y de una manera vinculante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 55 % para 2030, (comparándolas con las de 1990); EE. UU. ha fijado este mandato, pero de manera no vinculante, en una reducción de un 50/52 % para 2030, sobre las existentes en 2005. China, por el contrario, sólo pretende que, a partir de 2030, las emisiones cambien de su comportamiento creciente, por uno decreciente.

Decimos esto porque para que Europa cumpla lo que promete, el grado de inversión de todo tipo en la presente década sería superior a aquel al se comprometen las dos potencias señaladas, y ese mayor coste (remuneración de la inversión) afectaría sin duda a la competitividad europea comparada con las otras. Generalmente, la manida frase: “ser más papista que el Papa” suele tener consecuencias fatales. Consideremos además que estamos refiriéndonos a una actividad como es el transporte marítimo, cuya contribución a la emisión global de gases de efecto invernadero se mueve actualmente en torno al 2,3 % de las emisiones mundiales, lo que indica que un esforzado sacrificio europeo (¿de los barcos de bandera europea?) podría ser negativo para ese aumento de competitividad, y no redundaría en la percepción global de la “sanación”.

Hay que tener en cuenta también que, en el caso de la industria de la construcción naval europea, (la que queda), una importante cantidad de componentes proviene ahora de China, o de otros países no europeos, que producirían en condiciones medioambientalmente menos estrictas que las existentes en la UE, o en el EEE, con lo cuál estaríamos incumpliendo nuestras propias directrices, o teniendo que compensar de alguna manera las diferencias.



Y, aquí y ahora, estamos poco a poco, llegando al tema mollar del asunto, y a la orfandad (probablemente merecida) que, desde el ámbito económico, político, tecnológico y humano, viene sufriendo desde hace muchos años, una industria clave para alcanzar un nivel razonable para Europa, de soberanía estratégica.

Hemos leído más arriba que el informe Draghi dice que hay que invertir 40.000 M€ cada año en la industria marítima europea. Realmente, hay que renovar y aumentar la flota mundial, no sólo por las necesidades medioambientales, sino porque las previsiones calculan un crecimiento de la capacidad de la misma muy importante.

La pregunta es: ¿vamos a propiciar que esas inversiones vayan a potenciar la industria de nuestros competidores en vez de la nuestra y a hacer crecer la brecha existente?

¿Hacia dónde van a ir esas inversiones que indudablemente crearán riqueza directa, indirecta e inducida, a través de la construcción de esos buques necesarios? ¿Se

desprende de algún sitio que haya que preparar la industria naval europea para hacer tal cosa? Por otro lado, ¿qué industria europea y dónde está? Los pesimistas pensamos que son nuestros competidores y en especial China los que aprovecharán estas inversiones para incluso seguir tomando ventaja del enorme tirón actual de la demanda y de los precios, para incluso llegar a no necesitar sus ayudas estatales, ayudas que les han permitido llegar a donde están. (Recuérdese que se suele decir que los pesimistas son en realidad los optimistas bien informados. [Mario Benedetti, 1999]). Dada la historia de la industria naval europea en las últimas décadas, resulta difícil pensar en que las cosas vayan a cambiar.

Luego está el lado de los hombres y mujeres que se necesitarán para esta transición, con nuevos empleos que requieran mayores conocimientos y habilidades de las que ahora mismo son habituales. Según el informe Draghi, esto afectará hasta a 250.000 marinos en la UE en los próximos años. El Sr. Clasen antes citado, ha manifestado *“que los navieros europeos deben reforzar el flujo del talento y*

asegurar los necesarios conocimientos y habilidades para el futuro del sector naviero^B (shipping sector)”.

Por otro lado, el Secretario general de la patronal europea de astilleros y fabricantes de equipos marinos, (SeaEurope), Christophe Tytgat también se ha manifestado: *<Es tiempo para la acción urgente y que la UE decida una estrategia sectorial para la industria tecnológica marítima en un escenario en el que se incrementan tensiones geopolíticas e incertidumbres. Tomando esta urgente iniciativa, los actores políticos salvaguardarán y reforzarán las capacidades industriales europeas, su autonomía estratégica, su defensa y su liderazgo tecnológico, aprovechando las oportunidades de negocio que ofrece la doble transformación verde y digital, así como los mercados emergentes. Una industria resiliente y bien sostenida impulsará la estabilidad en el empleo, empoderará la fuerza laboral europea y conducirá al crecimiento económico y la prosperidad >.*

Esta declaración menciona las palabras “autonomía estratégica” como si ésta fuera una consecuencia lógica de hacer la

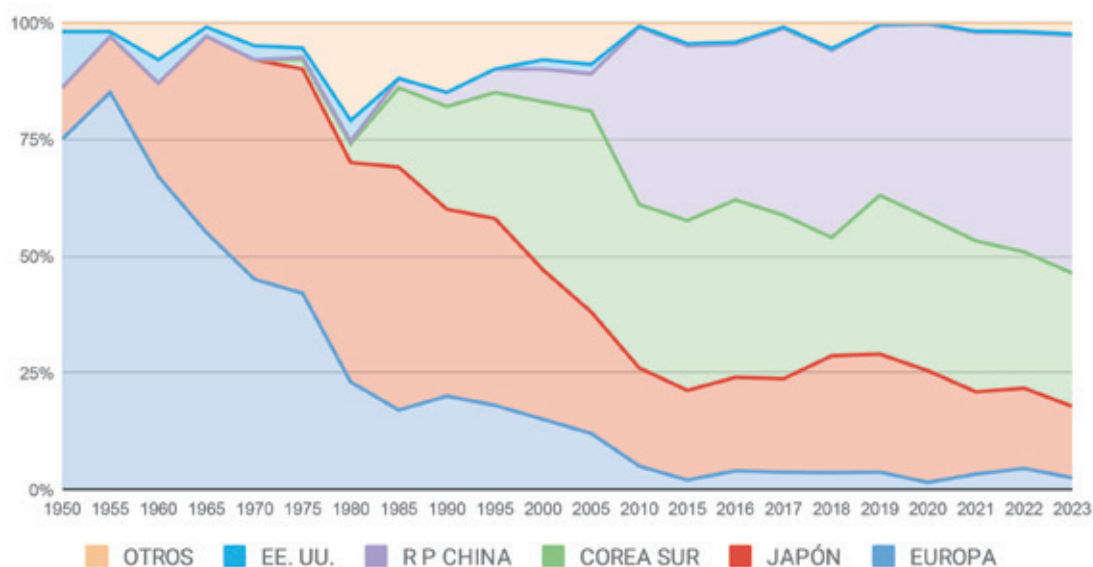
política que se demanda. Pero es al revés: la “madre del cordero” es precisamente la “autonomía estratégica”, que es la causa de la que debe derivarse todo lo demás, y no la consecuencia.

En cualquier caso, todo esto está muy bien y se corresponde mucho con el lenguaje que se utiliza en Bruselas en cuanto a altisonancia barroca, especialmente en la promoción de actividades que la propia Comisión Europea y el Parlamento, aunque parece que miran, realmente no ven.

Al menos no aprecian cuáles han sido los motivos que nos han conducido a la situación en la que ahora estamos, y de los que tampoco es ajena la propia industria, y que se observa, en esta repetida figura que hemos publicado en anteriores entradas de la Coyuntura.

Se aprecia perfectamente en el gráfico el devenir de la industria de construcción naval europea hasta la casi inanidad actual, con el consentimiento de todos, y especialmente de la parte de la industria de la que más depende el comercio mundial.

Entregas de buques nuevos por países / Áreas en % anual
Medidas en GT



El escenario ahora

El mercado de la industria que nos ocupa, y en la parte civil, en lo que va de 2024 hasta septiembre, se han contratado en el mundo nuevos buques que suman 93,6 Mgt^c y es más que probable que el año termine con una cifra que supere los 100 millones. Esto significa una confianza firme en el negocio marítimo por parte del sector naviero, especialmente en los segmentos de la flota que abarcan los portacontenedores, petroleros y gaseros.

También es cierto que cuando las entregas se acumulan y los astilleros están llenos (hablamos de Asia Pacífico, claro), la demanda crece para adelantarse en la carrera de sumarse al mercado por parte de los navieros, tanto en lo que se refiere a la reposición de flota como de aumentar su capacidad y disponibilidad. Esta situación da lugar a entregas más allá del año 2027, lo que no es muy habitual, excepto para cuando se trata de buques de crucero, cuyo mercado no es exactamente paralelo al de otros segmentos de buques mercantes, salvo cuando la incertidumbre internacional hacia lo “malo” se convierte en certidumbre.

Si apreciamos esta ansiedad por contratar y ganar capacidad de transporte al contrincante, no nos puede asombrar que los precios de los contratos de nuevas construcciones hayan, también, hecho suya la escalada hasta el punto que el valor de los contratos en lo que va de año se haya disparado hasta 155.000 millones de US\$; 127 % más que la media de los últimos 10 años, y el valor más elevado desde 2008, (previo a la crisis del 2009), aunque la inflación media general se haya reducido este año 2024, en el que, en cambio, se están registrando bajadas generalizadas de las tasas de interés como lógica contrapartida, (que se puede apreciar en la tabla de evolución de los parámetros económicos que acompaña a este texto).

También la introducción de tecnologías para mejorar la eficiencia energética de los buques y la adopción de una mayor digitalización participan en este impulso a los precios. Según Clarksons Research, del tonelaje contratado en este año, un 44 % puede utilizar los combustibles alternativos, lo cual, poniendo como ejemplo que los grandes buques portacontenedores con motores duales suelen ser del orden de un 30 % más caros que aquellos que utilizan combustibles convencionales.

Volviendo a apoyarnos en los datos de Clarksons Research, podemos decir que ha aumentado el valor medio de los buques contratados este año, así como también su tamaño. El primer valor mencionado alcanza, en los primeros nueve meses de 2024, unos 90 MUS\$, un 30 % superior al máximo histórico, y sensiblemente mayor que el valor medio de la última década de alrededor de 50 MUS\$/buque.

Dadas las cifras que hemos manejado, parece que el año 2024 puede llegar a considerarse una cumbre histórica en lo que se refiere a la inversión en buques nuevos.

Las mismas fuentes que estamos utilizando, nos proporcionan datos de la otra cara de la moneda del sector marítimo, es decir, el sector naviero del que hemos empezado escribiendo en esta Coyuntura y en el que parece respirarse una atmósfera bastante “oxigenada”. Y en el ámbito europeo, un contenido requerimiento a la UE para apoyar la respuesta al desafío de los tiempos. Otra cosa es, quién se beneficiará indirectamente de ese presunto apoyo al desafío, hablando claramente, **¿quién construirá los buques y será responsable fáctico mayoritario del valor añadido de los mismos, del salto tecnológico necesario, beneficiándose simultáneamente de su aumento de poder en el mercado internacional**

a costa de las necesidades europeas en el sector marítimo y especialmente de la renovación de su marina mercante?

Unas líneas (pocas) sobre la industria de Defensa

En el caso específico de China, y no ya en referencia a Europa solamente, sino incluyendo a Estados Unidos en el capítulo de la Defensa, hemos leído recientemente en el periódico Washington Post, que *“China se ha acelerado en la industria naval. Imágenes por satélite revelan la alarmante escalada”* Según el periódico, EE. UU. necesita expandir sus astilleros y trabajar con sus aliados para tener su armada lista; su inversión en industria naval ha sido muy grande durante los últimos 18 años y puede ahora construir más buques en un mes que los EE. UU. en un año^D, (suponemos que se refiere a todo tipo de buques) y esa ventaja va aumentando. Las imágenes tomadas por satélite demuestran que las infraestructuras chinas son ahora las más potentes del mundo, constituidas por astilleros duales que construyen a la vez buques militares y comerciales, actividades ambos con raíces troncales similares en gran parte de la cadena de valor de sus suministros.

En cuanto a producción, parece que los datos oficiales que China publica en sus presupuestos son, según la fuente^E, la tercera parte de los recursos realmente utilizados. Se estima que el 1,3 % del PIB de las cifras estadísticas militares chinas es realmente un 3,9 % del PIB, lo que supondría ya en 2022 una inversión en valor absoluto semejante en los dos países, sin contar con las diferencias de productividad que pueden existir entre ambos.

Corolario

Tanto el informe Letta, como el recientísimo de Draghi muestran un camino altamente necesario de recorrer, pero muy difícil de llevar a cabo especialmente en la actual situación de la Unión Europea y la inestabilidad mundial.

Se echa de menos en ellos una mayor implicación en la discusión marítima y en su papel decisivo en el desenvolvimiento de una competitividad como debería tener un verdadero Mercado Único al que la UE quiere aspirar para tener un papel relevante en el concierto mundial.

Para ello es requerido, y el Informe Draghi lo recomienda, una coordinación entre los países miembros que den prioridad al objetivo común sobre los individuales, aunque se comprueba todos los días lo lejos estamos de ello.

Desde el punto de vista industrial, y sobre todo en el ámbito marítimo, no puede ser de recibo que los esfuerzos necesarios para conseguir una verdadera capacidad y competitividad en la industria marítima europea que pueda subvenir y preservar nuestra soberanía estratégica, sirvan para ayudar a los competidores (posibles, o quizá de facto, “adversarios estratégicos” por decirlo de una manera diplomática) a aumentar su ventaja industrial de manera definitiva e insalvable.

NOTA

Con el fin de dar una estructura más cómoda para la lectura, los cuadros y tablas habituales de la Coyuntura aparecen al final del texto.

Tabla 0. Indicadores económicos

Países	PIB 12 ult meses	PIB 2024 %	Población	Ppto % PIB	Deuda % PIB	IPC.Est. 2024	Desempleo	Tasa Interés	Divisa/ \$	H Trab/ % PIB	R+D / % PIB	Salario/ mes	CO ₂ / cápita	Defensa % PIB
España	2,9	2,8	48,8	-3,2	106	3	11,5	3	0,9	1.695	1,4	2.064	3.1	1,5
Eurozona	0,6	1	448,4	-3,1	89	2,5	6,4	2,2	0,9	1.513	2,1	1.093	4.1	1,2
Francia	1	1,2	68,4	-5,2	112	2,6	7,5	3,3	0,9	1.402	2,2	3.137	4	1,9
Alemania	0	0,2	84,7	-1,6	64	2,6	3,4	2,2	0,9	1.322	3,1	4.094	6.1	1,4
Italia	0,9	0,9	56	-5,2	139	1,2	6,5	3,5	0,9	1.657	1,4	2.233	3.1	1,7
Irlanda	0,5	1,7	5,3	-2,7	41	3,3	4,2	4	0,9	1.772	1,1	3.241	5.1	0,2
Noruega	4,2	1	5,7	12	38	3,3	4	3,4	10,5	1.424	2,1	5.847	5.1	1,6
Polonia	3,2	3,2	37,9	-5,7	55	3,3	5	5,4	3,82	2.023	1,5	2.430	6.1	2,4
R. Unido	0,9	1,1	69,5	-4,1	104	2,9	4,1	3,9	0,75	1.676	2,9	5.460	3.1	2,2
Rusia	4,1	2.1	143,4	-1,2	21	7,5	2,4	15,7	92,5	1.874	nd	1.400	11.1	4,1
EE. UU	3,1	2,4	341,4	-6,9	123	3	4,2	3,8	1	1.783	3,4	3.600	13	3,5
China	4,7	3.1	1,425,5	-4,4	89	0,4	5,3	1,7	7	2.174	2,4	1.820	6.1	1,6
Japón	-1	0,5	126	-4,7	254,6	2,5	2,7	0,8	144	1.712	3,3	2.808	8	1,1
India	6,7	6,9	1.435,20	-4,9	82,5	4,7	8,5	6,7	83,6	2.117	nd	1.454	31.12	2,4
Corea Sur	2,3	2,5	51,5	-1,8	56,6	2,5	1,9	3	1.331	2.113	4,9	3.122	11	2,7

sept-24

NOTAS: Pib 24: estimación IPC: estimación Desempleo: mes citado. Divisa: mes citado Horas: 2023 RD: 2022 PIB: cambio en 12 últimos meses Defensa: gastos anuales % PIB Mundo, defensa 2,3 PIB ESPAÑA 384.101 M € a fin junio 2024

Tasa int: Bonos gobierno a 10 años Desempleo: % población activa. España no incluye parte Prop. Fijos discontinuos

CO₂ MUNDO: 4,6, 2023: 35,8 gt

Fuentes: The economist, banco Mundial, OCDE, salary experts, OCDE STI

Indicadores Marítimos

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Flota Mundial. 1.000 Mtpm	1.747	1.806	1.862	1.964	2.058	2.016	2,116	2.200	2.309	2.424*
Tamaño medio en tpmx1.000		36	37	37	37	38	39	39	39	40*
Cartera mundial NC % Flota	17	17	11	10,3	8,8	10	10,8	10	12	12*
Tráf mar. Mund.MT-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	65.358	70780*
Traf. Mar. Mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12.906*
Cartera Mundial NC. Mcgt	110	89	83	85	82	8	24	120,9	126	131*
Entregas NNCC en Mcgt	39	37	35	33	35	30	45,3	34,2	35	36*
Peroleo Brent \$/barril	36,7	55,2	68,7	62,7	69,3	83,5	77,8	84,86	82,4	74
Comb Ifo-380 \$/t (Rott)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	447
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	640/582	625/522,5
Metanol \$/t Verde/gris										/ 383
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	3
Acero plancha. \$/t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	650
PIB Mundial 2024* m M \$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	109.263
Emissiones CO ₂ % Total mund.					2,3	2,2	2,5	3	2,3	2,3

sept-24

Emissiones CO₂ del transporte marítimo totales en 2022: 855 millones de toneladas

Fuentes: UNCTAD, Lloyds,OCDE, datos macro, maritime ex., Fearnresearch, ABS. World bank BIMCO

Acero: ASTM A 131 Grade B 20/25 mm Grade A 20/25 mm Asia.

Comb: Ship & bunker.com marine methanol

(*) Estimación 2024 Fechas: Se entiende fin de año o de mes

Tabla 1. Precios de nuevas construcciones en MUS\$

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PETROLEROS						
VLCC (300.000 tpm)	92	86	109	121	124	129
Suezmax (150.000 tpm)	61	56	76	84	82	89
Aframax (110.000 tpm)	48	47	61	64	66	74
Panamax (70.000 tpm)	45	41	36	42,5	54	55
Handy (47.000 tpm)	36	34	33	33	52	51
GRANELEROS						
Capesize (170.000 tpm)	50	46,5	60	61	67	76
Kamsarmax* (82.000 tpm)	27	26	33	34	38	37
Handymax (60.000 tpm)	25	24	30	31	35	34
Handy (35.000 tpm)	23	23	28	28	32	30
PORTACONTENEDORES						
1.000 teu	19	18,5	18,5	16,7	23	24
3.500 teu	40	40	50	32	27	29
6.700 teu**	72	72	72	66	42	44
8.800 teu***	89	88	95	81	86	128
13.000 teu****	109	108	140	112	126	160
20.000 teu	145	144	182	150	190/240**	242
GASEROS						
LNG 174.000 m ³ *)	186	186	208	260	260	264
LPG 82.000 m ³	71	71	82	76	69	124 #
CAR CARRIER						
3.500-4.000 / 6.500 ceu	59	59	67	68,5	68,5	68.5
2.300-1.700	48	47,6				
MULTIPROPÓSITOS						
17.200 tpm	25	21,5	21,5	22	22	22

Propulsión: amoniaco

LNG: antes 160.000 m³ (Antes 20.000 TEU)

(*) Antes 70.000 (**) Antes 6200. (***) Antes 8000. (****) Antes 12000. Fuente: ATHREP, Baltic Exchange fearnleys, Clarkson, OCDE, ITF

LPG #: LPG/amoniaco

sept-24

Fearnleys O. Report Athenian R 09/24

(**) Metanol



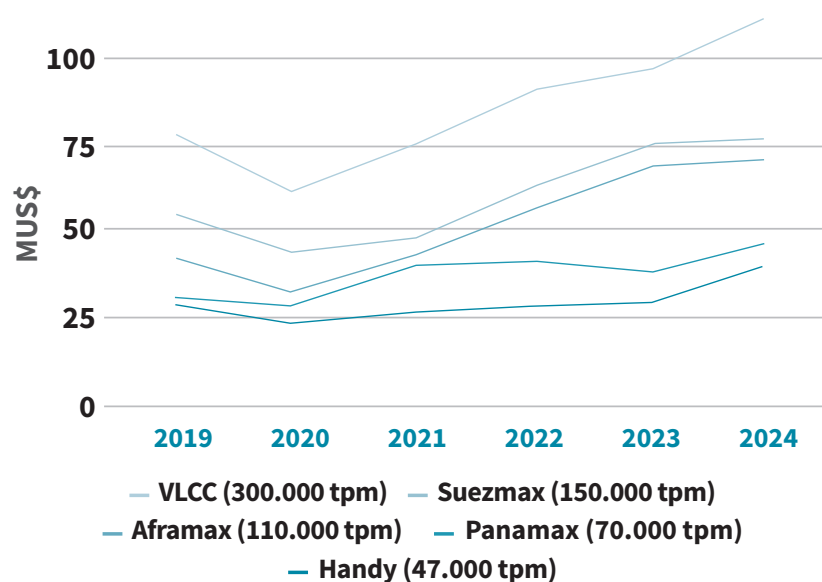


figura 1a.
**Precios petroleros
segunda mano**

Fuente: ATHREP,
Baltic EXchange, Fearnleys,
Clarkson, OCDE, ITF.
sept-24

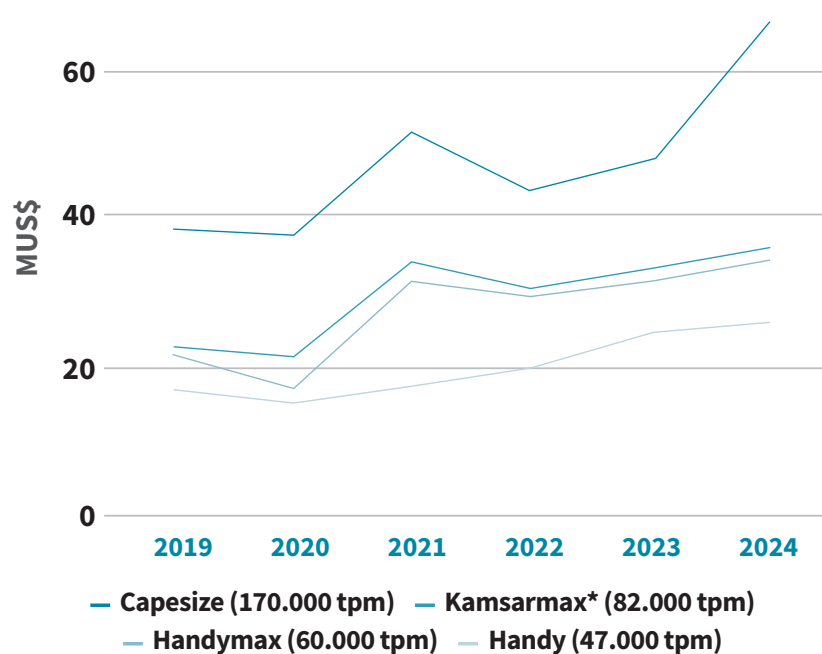


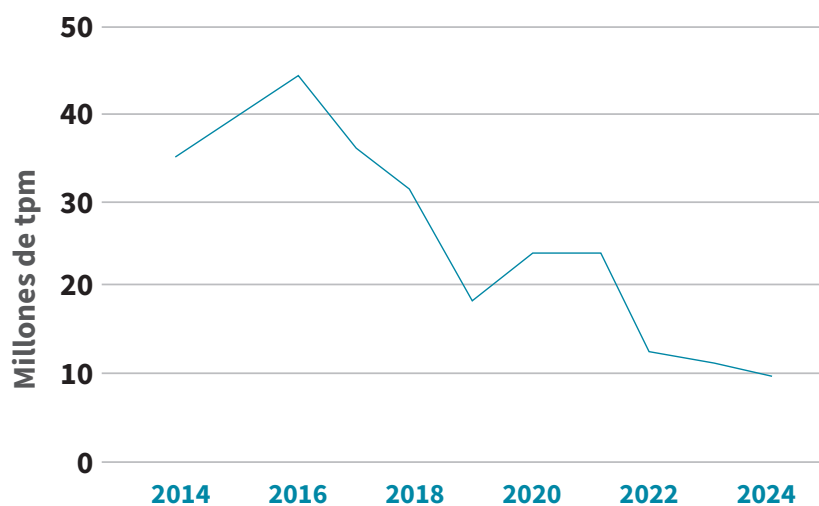
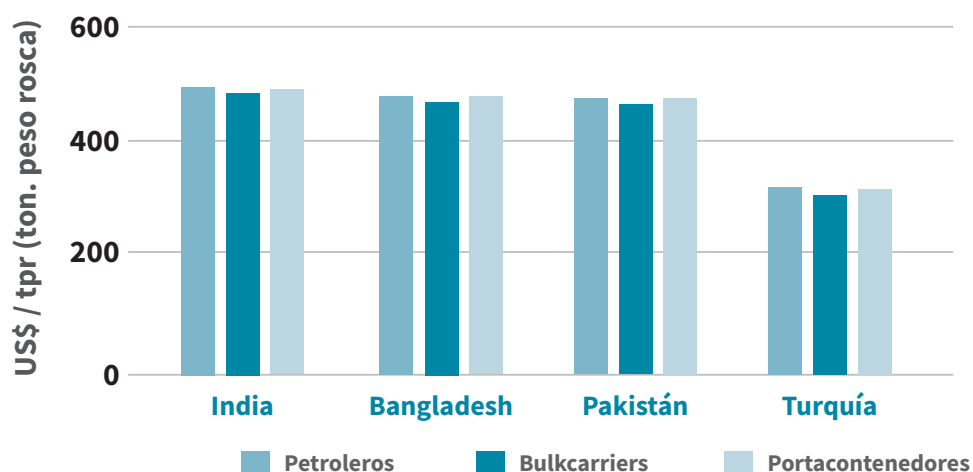
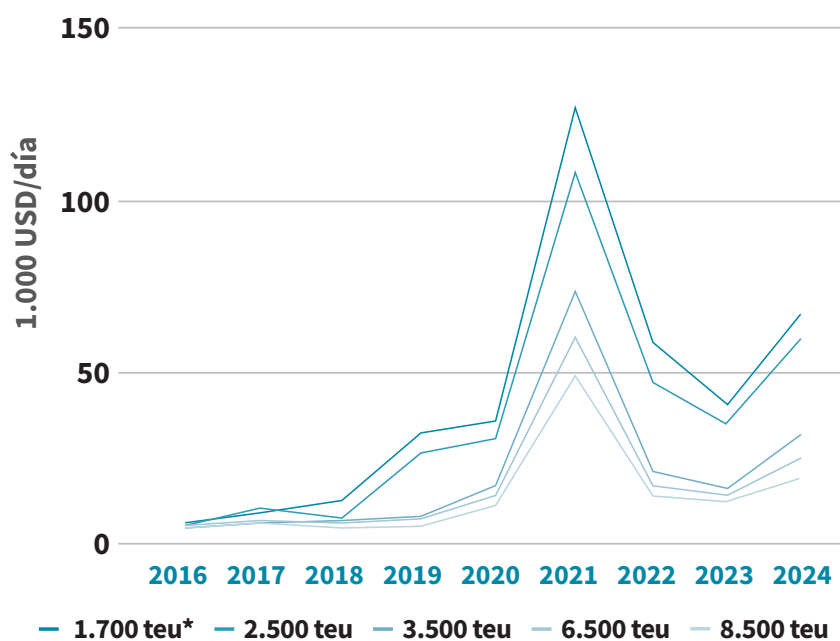
figura 1b.
**Precios graneleros
segunda mano**

Fuente: ATHREP,
Baltic EXchange, Fearnleys,
Clarkson, OCDE, ITF.
sept-24

figura 1c. Mercado de compra/venta de buques. Fuente: Athenian SB. sept-24

Mes	ene	feb	mar	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	Total
Petroleros	30	29	23	21	19	26	23	18	25	214
graneleros	46	65	61	52	53	40	37	41	41	436
gaseros	4	2	2	6	2	10	7	14	5	52
Contenedor	5	9	8	15	12	8	4	6	15	82
Multipropósito	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Frigorífico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ro-ro	2	8	7	3	5	0	3	1	2	31
Ferry	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Cruceros	2	1	0	2	0	0	0	0	0	5
Totales	89	115	101	99	93	84	74	80	88	741

Solo 2024. NOTA: Cifras, n.º buques al final de cada mes. Se excluyen ventas por desguace.



Fletes carga seca. 1.000 US\$/día(Promedio)

Tipo	1 / 2 Año		1 Año		2 Años	
	Atlant	Pacific	Atlant	Pacific	Atlan	Pacific
Capesize	26	29	24	27	24	25
Pan/kmax	16	13,7	14,2	14	14,5	14,5
Sup/Ultra max	16,5	16,2	15,5	16,5	15	15
Handy	14	14,2	13	14,5	12	13,3
Fin septiembre 2024						
Capesize	24	24	23	23	23,5	23,5
Pan/kmax	20,5	14,8	15,5	14,8	15,5	15
Sup/Ultramax	16,8	17,5	17	16,5	16	16
Handy	13,5	16	13	15,2	12	14
Med agosto 2024						

Fuentes: Alibra SL, At. Sbrokers, Elab Propia

Fletes graneles líquidos. 1.000 US\$/día (Promedio)

Tipo	Spot	1 Año	3 Años	5 Años
VLCC	30	45	52,5	50
Smax	37	42	44,5	42,5
Aframax	21	39	42,5	37,5
LR 2		39,5	42,5	38,524
LR1		35	33	31
MR IMO 3		25	25,9	25,5
Handy		23,5	24	22
Fin septiembre 2024				
VLCC	38	45,5	53,5	50
Smax	48	43,5	45,5	42,5
Aframax	49	45,5	43,5	37,5
LR 2		46,5	38,5	39,5
LR 1		37,5	33	31
MR IMO 3		27,5	29	24,5
Handy		28,8	24	22
Med mayo 2024				

NOTA : Para 3 y 5 años buques con Scrubber. (*) Oriente medio >> Occidente.
Fuente: Alibra SL, ATBS, Fearnleys

Fletes buques gaseros

Año 2024 abril	2021	2022	2023	2024
LLPG 82.000 spot. Butano Mar del Norte. US\$/t	426	557	500*	492*
LNG 160.000. Spot Oeste Suez. 1.000 US\$/día	150	200	95	40
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/día	47	184	67.5	55

Año 2024 - septiembre. Fuente: Fearnleys. (*) Butano. Fines de año o del mes indicado

Bibliografía

[A] Fuente IMF 2024. [B] Fuente: Offshore energy/ Draghi report. [C] Fuente: Clarksons / Anave
[D] Fuente: Washington Post 7/10/1024. [E] Fuente: Washington Post/ American Enterprise Institute

Cualquier consideración u opinión expresadas en este artículo corresponden exclusivamente a su autor y no representan necesariamente a los de la revista Ingeniería Naval. Ambos no serán responsables de ningún tipo de daño de cualquier naturaleza que puedan reclamar terceras partes por el uso de la información contenida.

Índice

1. ESTRUCTURA DEL CASCO

- 1.1 Acero del casco
- 1.2 Piezas estructurales fundidas o forjadas
- 1.3 Cierres estructurales del casco (escotillas, puertas, puertas/rampas)
- 1.4 Chimeneas, palos-chimenea, palos, posteleros
- 1.5 Rampas internas
- 1.6 Tomas de mar

2. PLANTA DE PROPULSIÓN

- 2.1 Calderas principales
- 2.2 Turbinas de vapor
- 2.3 Motores propulsores
- 2.4 Turbinas de gas
- 2.5 Reductores
- 2.6 Acoplamiento y embragues
- 2.7 Líneas de ejes
- 2.8 Chumaceras
- 2.9 Cierres de bocina
- 2.10 Hélices, hélices-tobera, hélices azimutales
- 2.11 Propulsores por chorro de agua
- 2.12 Otros elementos de la planta de propulsión
- 2.13 Componentes de motores
- 2.14 Propulsión Diésel-Eléctrica

3. EQUIPOS AUXILIARES DE MÁQUINAS

- 3.1 Sistemas de exhaustación
- 3.2 Compresores de aire y botellas de aire de arranque
- 3.3 Sistemas de agua de circulación y de refrigeración
- 3.4 Sistemas de combustible y aceite lubricante
- 3.5 Ventilación de cámara de máquinas
- 3.6 Bombas servicio de máquina
- 3.7 Separadores de sentina

4. PLANTA ELÉCTRICA

- 4.1 Grupos electrógenos
- 4.2 Cuadros eléctricos
- 4.3 Cables eléctricos
- 4.4 Baterías
- 4.5 Equipos convertidores de energía
- 4.6 Aparatos de alumbrado
- 4.7 Luces de navegación, proyectores de señales. Sirenas
- 4.8 Aparellaje eléctrico
- 4.9 Proyectos "Llave en Mano"

5. ELECTRÓNICA

- 5.1 Equipos de comunicaciones interiores
- 5.2 Equipos de comunicaciones exteriores
- 5.3 Equipos de vigilancia y navegación
- 5.4 Automación, Sistema Integrado de Vigilancia y Control
- 5.5 Ordenador de carga
- 5.6 Equipos para control de flotas y tráfico
- 5.7 Equipos de simulación

6. EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

- 6.1 Reboses atmosféricos, indicadores de nivel de tanques
- 6.2 Aislamiento térmico en conductos y tuberías
- 6.3 Sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado
- 6.4 Calderas auxiliares, calefacción de tanques
- 6.5 Plantas frigoríficas
- 6.6 Sistemas de detección y extinción de incendios
- 6.7 Sistema de baldeo, achique y lastrado

- 6.8 Equipos de generación de agua dulce
- 6.9 Sistemas de aireación, inertización y limpieza de tanques
- 6.10 Elementos para estiba de la carga
- 6.11 Sistemas de control de la contaminación del medio ambiente, tratamiento de residuos
- 6.12 Plataformas para helicópteros
- 6.13 Valvulería servicios, actuadores
- 6.14 Planta hidráulica
- 6.15 Tuberías

7. EQUIPOS DE CUBIERTA

- 7.1 Equipos de fondeo y amarre
- 7.2 Equipos de remolque
- 7.3 Equipos de carga y descarga
- 7.4 Equipos de salvamento (botes, pescantes, balsas salvavidas)

8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

- 8.1 Sistemas de estabilización y corrección del trimado
- 8.2 Timón, Servomotor
- 8.3 Hélices transversales de maniobra
- 8.4 Sistema de posicionamiento dinámico

9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN

- 9.1 Accesorios del casco, candeleros, pasamanos, etc.
- 9.2 Mamparos no estructurales
- 9.3 Puertas, portillos, ventanas, limpiaparabrisas, vistaclaras, cortinas antideslumbrantes
- 9.4 Escalas, teclas
- 9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies
- 9.6 Protección catódica
- 9.7 Aislamiento, revestimiento
- 9.8 Mobiliario
- 9.9 Gamba frigorífica
- 9.10 Equipos de cocina, lavandería y eliminación de basuras
- 9.11 Equipos de enfermería
- 9.12 Aparatos sanitarios
- 9.13 Habilitación, llave en mano

10. PESCA

- 10.1 Maquinillas y artes de pesca
- 10.2 Equipos de manipulación y proceso del pescado
- 10.3 Equipos de congelación y conservación del pescado
- 10.4 Equipos de detección y control de capturas de peces
- 10.5 Embarcaciones auxiliares

11. EQUIPOS PARA ASTILLEROS

- 11.1 Soldadura y corte
- 11.2 Gases industriales
- 11.3 Combustible y lubricante
- 11.4 Instrumentos de medida
- 11.5 Material de protección y seguridad
- 11.6 Equipos para puertos y plataformas

12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

- 12.1 Oficinas técnicas
- 12.2 Clasificación y certificación
- 12.3 Canales de Experiencias
- 12.4 Seguros marítimos
- 12.5 Formación
- 12.6 Empresas de servicios
- 12.7 Brokers

13. ASTILLEROS

1. ESTRUCTURA DEL CASCO

1.3 Cierres estructurales del casco



SP Consultores y Servicios, S.L.

Rampas Ro-Ro. Tapas de Escotillas. Sistemas hidráulicos. Reparaciones.

Sevilla • Vigo • Algeciras • Barcelona

sp@spconsulto.com

www.spconsulto.com

2. PLANTA DE PROPULSIÓN

2.3 Motores Propulsores

PASCH



Motores diesel.

Propulsores y auxiliares 10 a 2.000 CV

Campo Volantín, 24 - 3º
48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

2.5 Reductores



REINTJES España. S.A.U.

**REDUCTORES MARINOS
DESDE 250 HASTA 30.000 KW**

Avda. Doctor Severo Ochoa, 45 - 1º B
P.A.E. Casablanca II

E-28100 Alcobendas (Madrid)

Tel. +34 91 657 2311

Fax +34 91 657 2314

E-mail: comercial@reintjes.es

www.reintjes-gears.com



Masson Marine Ibérica

Reductores-inversores desde 300 hasta 10.000 kw con PTO, PTI y frenos para paso fijo y variable.

Avda. San Pablo, 28, Nave 22
28823 Coslada - Madrid

Tel.: 91 671 47 66 - Fax: 91 674 78 33

info@masson-marine.es

www.masson-marine.com

2.7 Líneas de ejes



Masson Marine Ibérica

Hélices y equipos completos de paso variable hasta 10.000 kw

Avda. San Pablo, 28, Nave 22 - 28823
Coslada - Madrid

Tel.: 91 671 47 66 - Fax: 91 674 78 33

info@masson-marine.es

www.masson-marine.com

VULKAN COUPLINGS

VULKAN Española S.A.

Acoplamientos elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardan, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 - Nave 7

E-28703 San Sebastián de los Reyes
Madrid - España

T +34 913590971 | F +34 913453182

vulkan@vulkan.es

www.vulkan.com

2.11 Propulsores por chorro de agua

PASCH



Hidrojets para motores de 81 a 1986 kW

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

2.12 Otros elementos de la planta de propulsión



COTERENA

TALLER DE REPARACIÓN MARINO Y TERRESTRE, Y SUMINISTRADOR DE REPUESTOS.

Muelle de reparaciones de Bouzas, s/n
P.O. Box 2.056 - 36208-VIGO (Spain)

Telf + 34 986 23 87 67

FAX + 34 986 23 87 19

Email: coterena@coterena.es



Inserte
aquí su
publicidad

2.13 Componentes de motores



Repuestos para motores Diesel y Gas. Repuestos y servicio para Cierres de Bocina. Componentes línea de ejes.

c/ García Camba, 6 • Oficina 403

36001 Pontevedra

Telf + 34 692 549 549

Email: info@rolloymarine.com

www.rolloymarine.com



Inserte
aquí su
publicidad



**Anclas y cadenas para buques
Estachas y cables**

GRAN STOCK PERMANENTE

Parque Empresarial de Coirós

Parcela 10

15316 COIRÓS (A Coruña)

Telf.: 981 17 34 78 - Fax: 981 29 87 05

Web: <http://www.rtrillo.com>

E-mail: info@rtrillo.com

7.4 Equipos de
salvamento (botes,
pescantes, balsas
salvavidas)



**Sistemas de evacuación.
Pescantes de botes.**

Avda. Cataluña, 35-37

bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

7. EQUIPOS DE CUBIERTA

7.1 Equipos de fondeo y
amarre



Molinetes. Chigres. Cabrestantes.

Avda. Cataluña, 35-37

bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

8. ESTABILIZACIÓN,
GOBIERNO Y MANIOBRA

8.1 Sistemas de
estabilización y corrección
del trimado



VULKAN Española S.A.

Acoplamiento elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardan, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 – Nave 7

E-28703 San Sebastián de los Reyes
Madrid - España

T +34 913590971 | F +34 913453182

vulkan@vulkan.es

www.vulkan.com

Inserte aquí su
publicidad



**Equipos de estabilización y trimado
dinámico para barcos de hasta 45 m**

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

8.2 Timón, Servomotor



Servotimones.

Avda. Cataluña, 35-37
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

8.3 Hélices transversales de maniobra



Hélices de maniobra.

Avda. Cataluña, 35-37
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN



Diseño conceptual.
Diseño de Interiores.
Diseño arquitectónico.
Habilitación naval.

Estrada Diliz, 33
48990 Getxo (VIZCAYA)

Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54

Fax: 94 460 82 05

E-mail: oliver@oliverdesign.es

<http://www.oliverdesign.es>

9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies



Pinturas marinas de alta tecnología para la protección de superficies. Antifoulings autopulimentables para 60-90 meses de navegación, ahorra combustibles y mejora la velocidad de navegación. Epoxy alto espesor para superficies tratadas deficientemente (surface tolerant).

Polígono Santa Rita

C/. Estática, 3

08755 CASTELLBISBAL Barcelona

Tel.: 93 771 18 00 - Fax: 93 771 18 01

E-mail: iberica@jotum.es

9.6 Protección catódica



Protección catódica.
Fabricante ánodos de sacrificio.
Distribuidor oficial pinturas JOTUN.

Maquinaria de pesca NOSFOR.

Rúa Tomada, 74 Navia
36212 Vigo (PONTEVEDRA)

Tel.: 986 24 03 37

E-mail: cingal@cingal.net

<http://www.cingal.net>

12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

12.1 Oficinas técnicas



Ingeniería Naval. Diseño de buques. Proyectos de modernización. Consultoría naval. Inspección y dirección de obra. Tasaciones.

Calle Montero Ríos 30, 1º
36201 Vigo (España)

Tel. +34 986 43 05 60

Email: fcarceller@carceller.com

www.carceller.com



Diseño conceptual.
Diseño de Interiores.
Desarrollo de proyectos.
Habilitación naval.

Estrada Diliz, 33
48990 Getxo (VIZCAYA)

Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54

Fax: 94 460 82 05

E-mail: oliver@oliverdesign.es

<http://www.oliverdesign.es>



Especialistas en el Diseño de Buques Silenciosos. Gestión integral de Vibraciones y Ruido. Cálculo y Simulación naval. Industria 4.0. URN-Ruido Radiado al Agua. Medidas y ensayos especiales. Pruebas de mar. Consultoría de averías - Análisis causa-raíz. Pruebas de Mar Integrales: Potencia, Vibraciones y Ruido, Maniobrabilidad, etc. Sistema no intrusivo de detección de cavitación. Predicción de Vibraciones, Ruidos y Ruido Radiado al Agua. CBM-Condition Based Maintenance. Proyectos I+D+i. Formación Especializada.

Edificio Pyomar Torre 2,
Avda. Pio XII, 44. Bajo Izda
28016 Madrid

Tels.: +34 91 345 97 30

INFO@TSISL.ES

WWW.TSISL.ES



Inserte
aquí su
publicidad



INGENIERÍA NAVAL Y OFFSHORE

Ingeniería Conceptual, Básica y de Aprobación de Buques y Unidades Offshore. Ingeniería de Detalle: Acero y Armamento. Buques en operación: Soporte Técnico, Inspección y Varada. Integración en equipos de proyecto. Gestión y dirección de proyectos. Análisis Elementos Finitos, Estudios hidrodinámicos (CFD), Comportamiento en la Mar. Estudios de Seguridad, Transportes, Fondeos, Remolques, Estudios de Riesgos, DP FMEA. Análisis de Emisiones y Eficiencia Energética. Consultoría Técnica. Inspectores acreditados: ISM, IHM e eCMID. FORAN V80- ANSYS (Mechanical/AQWA/CFX)- RHINOCEROS - SOLIDWORKS - MATLAB.

c/ BOLIVIA, 5 • 28016 MADRID

Tel.: +34 91 458 51 19

c/ Marqués de Valladares, 3 3º D
36201 • Vigo (Spain)

E-mail: seaplace@seaplace.es

web: www.seaplace.es



GESTENAVAL
NAVAL ARCHITECTS & SURVEYORS

Design, Engineering, Stability Books,
Surveys, Expert Reports, Appraisals.
Forensic Naval Architecture
RCD CE Marking Inspectors.
Small Commercial Vessels Examiners.
Ships Tow Studies

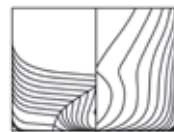
Méndez Núñez, 35 -1º
36600 Villagarcía de Arosa

Phone: +34 986508436

E-mail: info@gestenaval.com

Web: www.gestenaval.com

12.2 Clasificación y certificación



ORP MARÍTIMA S.L.

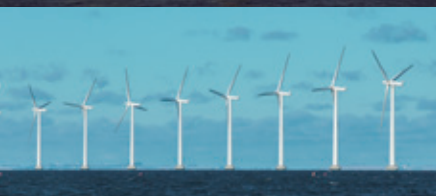
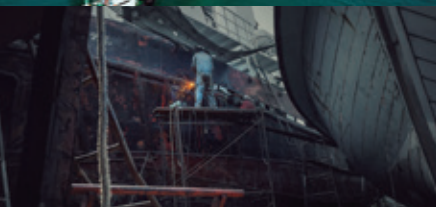
Informes técnicos periciales
Naval, Marítimo, Industrial,
Energía, Transporte.
Asistencia en procesos judiciales,
arbitrales y de mediación.
Nacional e internacional.

Calle Écija 7, Madrid.

Tf. +34 661 83 00 89

frontdesk@orpmar.com

www.orpmar.com



Programa Editorial 2024

Editorial Program

ENERO • JANUARY

Propulsión: ahorro energético. Motores, reductores, líneas de ejes, hélices. Combustibles y lubricantes.

Propulsion: energy saving. Engines, reduction gears, shaft lines, propellers. Fuel and lubricants.

FEBRERO | FEBRUARY

Reparaciones y transformaciones. Astilleros de reparación.

Pinturas y protección de superficies.

Repairs & Conversions. Repair yards. Paint and surface protection

MARZO • MARCH

Pesca. Acuicultura. Política pesquera

Fishing. Aquaculture. Fishing legislation

ABRIL | APRIL

Seguridad marítima. Flota de remolcadores. LNG. Avance Navalía

Maritime Security & Safety. Tugboats fleet. LNG.

MAYO • MAY

Industria auxiliar. Gobierno y maniobra

Auxiliary industry. Steering and manoeuvre

JUNIO | JUNE

Construcción naval. Tendencias

Shipbuilding. Trends

JULIO-AGOSTO • JULY-AUGUST

Ingeniería. Formación. Sociedades de clasificación

Engineering. Training. Classification societies

SEPTIEMBRE • SEPTEMBER

Marina mercante. Puertos. Náutica. Habilitación. Ferries. Cruceros.

Merchant ships. Harbours. Pleasure crafts. Accommodation. Ferries. Cruiseships.

OCTUBRE | OCTOBER

Sector naval militar. Electrónica y Automatización

Naval sector. Electronics and Automation

NOVIEMBRE • NOVEMBER

Offshore • Offshore

DICIEMBRE | DECEMBER

Energías renovables y Medio ambiente Resumen del Sector Marítimo 2024

Renewable energy and environment

CADA NÚMERO CONTIENE ADEMÁS • EACH ISSUE ALSO INCLUDES:

Artículos técnicos • Technical articles

Descripciones de buques • Ship descriptions

Noticias nacionales e internacionales • International and national news

Artículos sobre legislación, economía, fiscalidad y normativa

Articles above legislation, economy, taxes and regulations



INGENIERÍA
naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

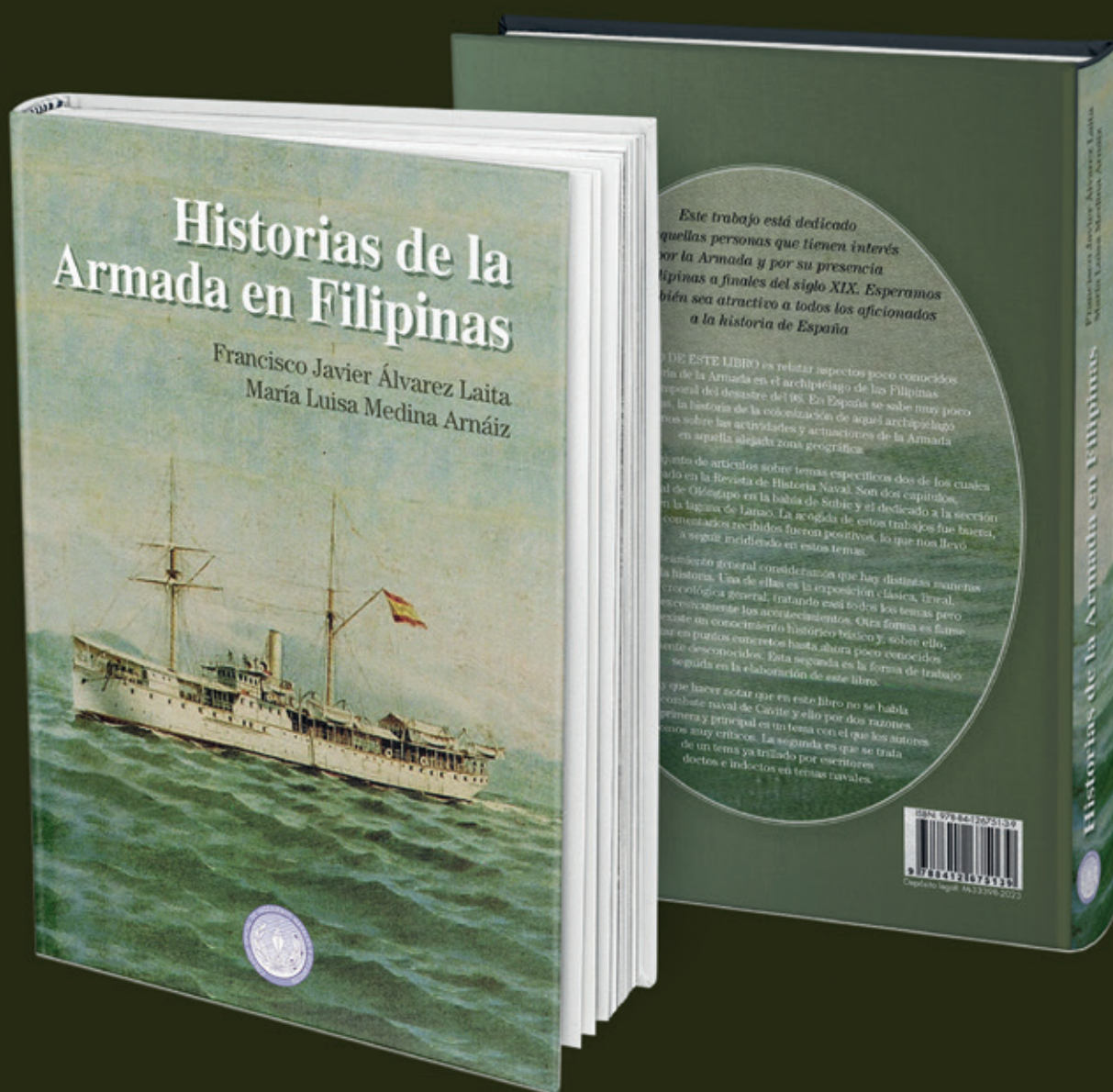
sectormaritimo.es



Suscríbete ya en
www.sectormaritimo.es



WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



FONDO EDITORIAL DE INGENIERIA NAVAL
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEANICOS