

WORKSHOP TÉCNICO

Descarbonización del transporte marítimo con hidrógeno y otras moléculas verdes

16 julio, 2025

Conclusiones



Descarbonización del transporte marítimo con hidrógeno y otras moléculas verdes

Principales conclusiones

- **El 13,5% de las emisiones de GEI del sector transporte corresponde al ámbito marítimo y, por ello, es fundamental el desarrollo de una hoja de ruta para su descarbonización**, tal y como establece el Plan *Fit for 55* del Consejo Europeo.
- **Octubre de 2025 es una fecha clave**: está prevista la **ratificación del acuerdo normativo de la OMI**, que contemplará un **mecanismo global para fijar precios a las emisiones de GEI** a partir de 2027. Este mecanismo podría **incentivar a las navieras a destinar recursos a tecnologías y combustibles alternativos** para cumplir los objetivos de descarbonización.
- **Para 2050 se espera que la mitad de la flota mundial opere con fuentes de propulsión como hidrógeno, amoníaco y metanol**, y la otra mitad con combustibles alternativos, principalmente GNL, según las previsiones de DNV.
- Las tecnologías de **nuevos combustibles estarán en estado comercial para su implementación**, con la regulación prevista, en **2027-2028**:
 - El **amoníaco** es una alternativa a medio-largo plazo que **puede reducir las emisiones de GEI en un 90% frente a los combustibles convencionales** y cuenta con una **infraestructura logística global ya existente**.
 - **El metanol** tiene un gran potencial de convertirse en un combustible neutro en carbono si se produce de manera renovable **a partir de CO2 biogénico y/o electricidad renovable**.
 - **Las pilas de hidrógeno** se plantean como una alternativa de gran recorrido para rutas de corta y media distancia.

Estado del arte de la tecnología de motores y pilas de combustible para hidrógeno y derivados

La tecnología de **pilas de combustible** está capacitada para atender los requerimientos de los **segmentos de navegación de corta y media distancia**, mientras que los **motores de combustión interna** serán esenciales para los **buques de larga distancia** donde se requieren potencias superiores.

- Las **pilas de combustible** —sistemas que convierten la energía de un combustible en electricidad— **contribuirán a alcanzar emisiones neutras de carbono** si se hace uso de hidrógeno renovable. Además, estos sistemas pueden utilizar derivados del hidrógeno verde, como el metanol o el amoníaco, mediante procesos de reformado obteniendo hidrógeno como elemento principal.
- Las **pilas de combustible PEMFC** (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) representan actualmente la **tecnología más consolidada** y empleada en el sector marítimo, operando a bajas temperaturas (alrededor de 65 °C). Existen también alternativas prometedoras como las **pilas SOFC** (Solid Oxide Fuel Cell), que operan en rangos térmicos de 800 a 1.000 °C y ofrecen ventajas como la cogeneración. **La selección de la tecnología más adecuada dependerá de las características del buque y de sus necesidades específicas.**
- Existen fabricantes de módulos de pilas de combustibles con potencias considerables: **Ballard Power Systems** (200 kW), **PowerCell** (225 kW) o **Nedstack** (600 kW), todos ellos con posibilidad actualmente de escalado modular **hasta los 6 MW de potencia**. Según el tipo de embarcación, **el sector marítimo demanda potencias que pueden superar los 60 MW.**

Estado del arte de la tecnología de motores y pilas de combustible para hidrógeno y derivados

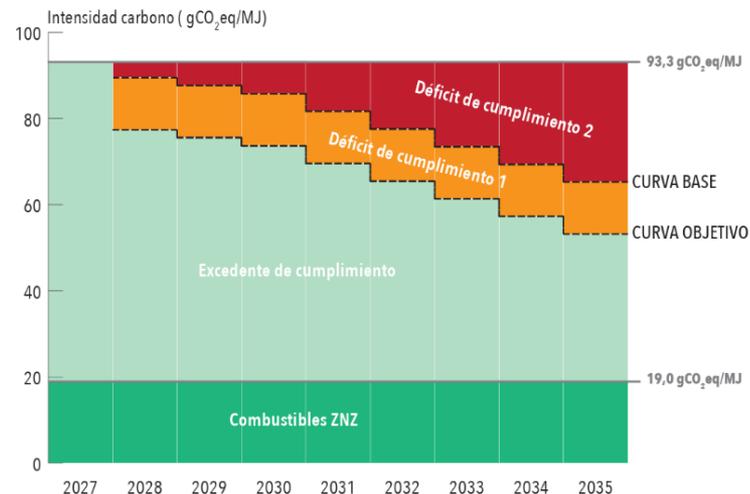
No existe una solución única, pero sí una **estrategia ganadora basada en tres pilares clave: eficiencia, uso de combustibles bajos en emisiones y tecnologías de captura de carbono**

- **Wärtsilä** trabaja desde 2017 en el desarrollo de soluciones de propulsión basadas en nuevos combustibles como metanol, amoniaco, mezclas de hidrógeno y GNL o biocombustibles. Próximamente, la compañía recibirá el primer motor de hidrógeno puro con una capacidad de 5 MW para realizar pruebas en su laboratorio de Bermeo. Asimismo, se encuentra en las etapas finales para la comercialización de sistemas de captura de carbono a bordo.
- **Everllence** entregará en enero su primer motor de dos tiempos de amoniaco, que operará a finales de 2026. Para motores de cuatro tiempos, el fabricante está ampliando su portfolio con motores de metanol. Además de los sistemas de propulsión, Everllence trabaja en tecnologías de almacenamiento de hidrógeno líquido a bordo (-253 °C); en soluciones de tanques duales de hidrógeno y GNL, favoreciendo la transición de las soluciones mixtas entre motores ICE de GNL, y en pilas de combustible de hidrógeno para mejorar la eficiencia de los sistemas de propulsión.
- Entre los principales **retos para la adopción de soluciones bajas en carbono**, se encuentran la **ausencia de una cadena de suministro consolidada**, la **incertidumbre regulatoria**, la **falta de incentivos relacionados con el uso de combustibles sostenibles y las inversiones requeridas** para la adaptación tanto de los puertos como de los operadores logísticos.

La visión de las navieras y los astilleros: retos y oportunidades de la descarbonización con hidrógeno y otras moléculas verdes

Establecer una **normativa única e internacional es clave para mantener la competitividad global** en el sector marítimo. **La intensidad de emisiones inferior a 19 gCO₂/MJ solo se logrará con soluciones basadas en bio-GNL, metanol, amoníaco o hidrógeno verde.**

- ANAVE profundizó en el borrador del **acuerdo normativo ZNZ (ZeroNearZero) de la OMI**, que espera su ratificación en octubre de 2025, y establece requisitos más estrictos que la FuelEU Maritime vigente.
- La OMI implementará desde 2028 un **sistema de incentivos y sanciones** según la intensidad de carbono emitida por los combustibles marítimos. Los buques pagarán **380 \$/ton CO₂eq** en la curva base (Déficit de cumplimiento 2) y **100 \$/ton CO₂eq** en la curva objetivo (Déficit de cumplimiento 1). Por debajo de las curvas anteriores (zona excedente de cumplimiento), se obtendrán "reward units" comercializables. Además, **los barcos con intensidad de emisiones menor a 19 gCO₂/MJ** (combustibles ZNZ) **podrán recibir incentivos económicos directos.**



Acuerdo OMI. Índices de referencia de emisiones de los buques

La visión de las navieras y los astilleros: retos y oportunidades de la descarbonización con hidrógeno y otras moléculas verdes

El principal reto para **los nuevos combustibles es que compiten con tecnologías que han sido optimizadas durante décadas**, por lo que es razonable asumir que, al menos inicialmente, tendrán un coste más elevado.

- **El 45% del consumo energético de la flota de Baleària es a base de GNL.** La naviera española apuesta en primera instancia por el **bio-GNL** como alternativa de descarbonización, que en numerosos casos presenta emisiones inferiores a los 19 gCO₂/MJ, a pesar de que su disponibilidad sea limitada. También está analizando el uso de **metano sintético** y, en rutas cortas, el uso de **pilas de combustible de hidrógeno** o barcos eléctricos.
- **PYMAR** señaló que uno de cada cinco barcos contratados en Europa se construirá en España, adaptándose a las demandas del mercado. Nuestro país construye actualmente el 40% de los buques con capacidades futuras para combustibles derivados del hidrógeno ('hydrogen ready').
- **Scale Green Energy** apuesta por el **uso de amoníaco verde**, capaz de **reducir en un 90% las emisiones de GEI**. Su implementación dependerá de la **aprobación de normativas que regulen su uso como combustible**.
- **NYK** opera más de 800 buques de gran tonelaje para todo tipo de transporte y **se ha comprometido a alcanzar NetZero en 2050**. Su estrategia de descarbonización se orienta en tres ámbitos: **maximizar la eficiencia energética** para reducir el consumo de combustible, disminuir las emisiones de GEI mediante **captura a bordo y uso de bio-GNL**, y utilizar combustibles sostenibles a partir de 2030, con **especial foco en el amoníaco verde**.

Submarino S80, la propulsión silenciosa basada en hidrógeno

La solución de **pila de combustible PEMFC de Navantia es capaz de operar durante 9.000 horas sin necesidad de purificar el hidrógeno reformado.**

- Existen dos sistemas de propulsión para submarinos: la **propulsión nuclear**, para los de gran tamaño y largos recorridos, y la **propulsión convencional**, para submarinos como el S80, de pequeño tamaño, que utilizan motores eléctricos alimentados por baterías recargadas mediante motores diésel.
- El **submarino S80** se emplea para tareas de vigilancia y recopilación de información, y su **característica principal es ser silencioso**. Cuando el submarino emerge para poner en marcha los motores diésel, se expone a ser detectado. Por ello, los **sistemas AIP** (Air Independent Propulsion) desempeñan un papel fundamental al **proporcionarle mayor autonomía y tiempo sumergido**.
- Estos sistemas se desarrollan desde 1860, aunque aún persisten **desafíos relacionados con el ruido, la eficiencia y la baja potencia**. Tras 20 años de trabajo, **Navantia Seanergies ha desarrollado un sistema AIP español basado en pila de combustible PEMFC**, con una baja emisión de ruido y alta eficiencia, y ha resuelto los retos de almacenamiento de combustible y de seguridad en la embarcación, utilizando bioetanol reformado para producir el hidrógeno de la pila.





Observatorio
Tecnológico
del **Hidrógeno**