



Cero emisiones: Objetivo compartido por las ciudades y sus puertos

Los puertos son pilares urbanos y territoriales fundamentales en el desarrollo de las ciudades y su entorno. Un puerto tiene la capacidad única de definir y moldear la identidad de una ciudad con una fuerza excepcional. Ejemplos de ello son las ciudades portuarias de Shanghái, Rotterdam o Barcelona. Este estrecho vínculo muestra cómo el puerto y la ciudad están destinados a convivir en armonía, vecindad y compromiso mutuo.

De hecho, el transporte marítimo mueve hoy más del 80% del comercio global [2] y, al crecer esta cifra año tras año, la relación entre el puerto y la ciudad se intensifica. Ante este escenario, el barco no puede permitirse ser un vecino ruidoso y contaminante. Con el fin de garantizar una convivencia sostenible, la industria e instituciones deciden apostar por la descarbonización del transporte marítimo. Tanto es así que el nuevo Marco de Cero Emisiones Netas (NZE por sus siglas en inglés) de la Organización Marítima Internacional (OMI) tiene como objetivo materializar la Estrategia de GEI revisada en 2023 [3] [4]. Esta hoja de ruta establece reducciones significativas de emisiones en comparación con los niveles de 2008: al menos un 20% para 2030 (con la aspiración de alcanzar el 30%) y un mínimo del 70% para 2040 (con el compromiso de lograr el 80%), todo ello con miras de alcanzar el objetivo final de cero emisiones netas para el año 2050 o fechas cercanas. Esto supone un desafío medioambiental y, además, una oportunidad para transformar las ciudades.

La descarbonización de la industria marítima y portuaria es un tema que necesita de una atención cuidadosa y diversa. No existe una solución única, avanzar requiere combinar la eficiencia energética, el uso de combustibles limpios, la captura de carbono a bordo y la optimización digital. Por ello, para liderar esta transición energética es necesaria una actuación coordinada de autoridades portuarias, instituciones, navieras, astilleros, proveedores de energía, operadores de terminales y los propios cargadores. Sólo a través de la colaboración y la innovación, será posible mitigar el impacto medioambiental y avanzar hacia un

futuro más sostenible. Así, las exigencias del marco de cero emisiones netas impulsan, de una parte, la descarbonización para combatir el cambio climático y, al mismo tiempo, representan una oportunidad para reducir la dependencia energética de otros países y para generar empleo altamente especializado.

Para materializar la transformación energética a la que se enfrenta la industria, iniciativas internacionales, como el Foro Marítimo Global (Global Maritime Forum), ya establecen directrices que podrían ser de gran utilidad en el ámbito marítimo y portuario. En este sentido, la prioridad inmediata parece ser la electrificación de los muelles mediante sistemas de suministro eléctrico en tierra, Onshore Power Supply (OPS). Esta tecnología permite a los buques atracados, como por ejemplo cruceros, apagar sus motores auxiliares, eliminando por completo el ruido y las emisiones de CO₂ en el puerto. Para cubrir esta nueva demanda limpia, las propias instalaciones portuarias están tratando de incorporar energía solar fotovoltaica, una medida que se complementa con la transición de la maquinaria terrestre hacia vehículos híbridos y eléctricos. En paralelo, todo el ecosistema logístico en tierra se está rediseñando para garantizar la recepción y el almacenamiento seguro de los llamados “combustibles del futuro”, como son, principalmente, el metanol verde, el amoníaco verde y el hidrógeno verde.

Por supuesto, el cambio no se limita a las infraestructuras en tierra, sino que también impacta en la propia flota. La próxima generación de buques deberá diseñarse desde el inicio bajo criterios de sostenibilidad para permitir el uso de combustibles limpios. En paralelo, la flota que se encuentra en activo se verá obligada a ejecutar proyectos de modernización (retrofitting) para adaptarse a las nuevas exigencias energéticas.

Continuando con el análisis de la transición energética en la flota, el camino hacia la sostenibilidad requiere diferenciar entre pequeñas y grandes embarcaciones, dado que, actualmente, la propulsión eléctrica o híbrida es viable únicamente en el primer tipo de barcos. En las pequeñas embarcaciones, como es el caso de los barcos de recreo, la electrificación ya demuestra su valor urbano al eliminar el ruido y las vibraciones en los centros de las ciudades. En el caso de las grandes embarcaciones, como buques o cruceros, la propulsión eléctrica o híbrida todavía es insuficiente para las rutas de larga distancia. Por ello, se considera que la descarbonización efectiva de esta flota dependerá de la implementación de combustibles limpios. En este sentido, la transición del puerto hacia un verdadero

hub energético se podrá llevar a cabo a través de distintas soluciones.

En primer lugar, parece que el Gas Natural Liquado (GNL) representa la transición que se está implementando actualmente. Su adopción contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de CO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_x) y partículas finas en las ciudades portuarias. Esta tecnología está desempeñando un papel importante en la mejora de la calidad del aire en las áreas urbanas. Un ejemplo de ello es la reducción de la emisión de humo por parte de los cruceros que atracan cerca de los centros históricos, una mejora muy bien recibida por la ciudadanía.

En segundo lugar, los combustibles de origen biológico representan otra transición de aplicación inmediata. Su adopción presenta la ventaja de ser compatibles con los motores diésel y sistemas de suministro existentes. Esta tecnología actúa como un puente indispensable que permite recortar la huella de carbono en el presente.

En tercer lugar, se sitúan el metanol verde y el amoníaco verde. La gran ventaja de estos combustibles es su potencial para reducir a cero las emisiones netas de carbono y su alta densidad energética en comparación con el hidrógeno líquido, lo que facilita su almacenamiento y transporte en el barco. No obstante, al tratarse de combustibles líquidos o licuados, el gran reto en la interfaz puerto-ciudad es la percepción de seguridad por parte de la ciudadanía. El metanol verde, aunque limpio, presenta riesgos como la corrosión y una combustión con llama casi invisible en emergencias. Por su parte, el amoníaco verde destaca por no contener carbono en su molécula, pero su alta toxicidad exige protocolos estrictos contra fugas, además de generar y emitir NO_x.

Finalmente, el hidrógeno verde se erige como el combustible limpio del futuro, que nos hará llegar a la descarbonización total. Es cierto que actualmente se enfrenta a importantes barreras debido a su baja densidad energética lo que exige complejos sistemas de compresión y almacenamiento. Sin embargo, el argumento de peso para apostar por el hidrógeno verde se encuentra en su capacidad para llegar a ser la fuente de energía de todo el entorno urbano. Con su desarrollo, el puerto podría producir y almacenar hidrógeno, no sólo para los barcos, sino también para abastecer a los autobuses urbanos, a los camiones de recogida de residuos de la ciudad o a las industrias locales. De esta manera, el recinto portuario se convertiría en un importante centro energético para la ciudad.

Esta evolución hacia el hidrógeno verde se apoya en una base sólida, y es que España cuenta con una posición destacada como líder en infraestructura y suministro de GNL, posicionándose como un referente en el ámbito del repostaje de combustible (bunkering) para embarcaciones en Europa. Aprovechando este ecosistema logístico y la experiencia adquirida con el GNL, el país se encuentra preparado para dar el siguiente paso hacia la descarbonización total.

La decisión de España de promover el uso del hidrógeno verde es rotunda. Un ejemplo notable es el Puerto de Huelva, que destaca por liderar el desarrollo de un corredor marítimo verde (Green Shipping Corridor), una ruta comercial que busca promover la sostenibilidad al eliminar las emisiones entre dos o más puntos geográficos. Para consolidar este proyecto, es imprescindible garantizar un suministro estable, lo cual representa un desafío en el que Huelva asume con ambición un doble rol estratégico. El Puerto de Huelva, consciente de su papel en la transición energética, propone abastecer de estos combustibles cero emisiones a la flota que opera en sus instalaciones y, además, se esfuerza por producirlos en grandes cantidades con miras a su exportación al resto de Europa. En este sentido, el Puerto onubense, ya recoge en su Plan Estratégico 2023-2030 desempeñar “un papel clave en la transición energética y descarbonización del sector del transporte, posicionándonos como Clúster Energético e Industrial de referencia, impulsando los combustibles limpios”.

Para materializar este objetivo, el Puerto de Huelva está brindando su apoyo a más de una decena de proyectos de hidrógeno verde y energías limpias, que prevé poner en marcha en los próximos años. De hecho, proyecta un nuevo muelle especializado en graneles líquidos y avanza en la mejora de su canal de navegación, optimizando la operativa para la exportación de estos nuevos combustibles limpios. Asimismo, la Autoridad Portuaria de Huelva está llevando a cabo un estudio para implementar servicios bunkering adaptados a combustibles emergentes, garantizando un suministro seguro alineado con las exigencias internacionales de descarbonización.

De esta forma, el Puerto de Huelva será el escenario de una revolución industrial verde por la alianza entre Moeve y C2X (compañía participada por el grupo Maersk), quienes proyectan construir en la Punta del Sebo la mayor planta de metanol verde de Europa y una de las cinco más grandes del mundo. Con una inversión estimada de 1.000 millones de euros y la previsión de generar 2.500 empleos directos e

indirectos, este complejo industrial producirá anualmente 300.000 toneladas de este combustible limpio a partir de 2028, logrando evitar la emisión de un millón de toneladas de CO₂. De este modo, al considerar la infraestructura portuaria onubense como un nodo de producción y exportación global, el proyecto trata la urgente necesidad de descarbonización en industrias de gran impacto medioambiental y contribuye a consolidar al municipio como un importante centro energético y un modelo de sostenibilidad en el sur de Europa.

En conclusión, modelos como el del Puerto de Huelva nos muestran cómo la transición energética tiene el potencial de entrelazar las fronteras entre el puerto y la ciudad. Los puertos, en su transición, dejarán de ser zonas industriales grises para convertirse en infraestructuras sostenibles, innovadoras e integradas. La ciudadanía, por su parte, se beneficiará de un frente marítimo limpio, silencioso y tecnológicamente avanzado. Sin embargo, el éxito de esta transformación dependerá de la destreza para resolver los desafíos logísticos, de eficiencia y de costes que conlleva este nuevo paradigma.

Ports are fundamental urban and regional pillars in the development of cities and their surrounding areas. A port has the unique ability to define and shape a city's identity with exceptional force. Examples of this include the port cities of Shanghai, Rotterdam, and Barcelona. This close connection demonstrates how the port and the city are destined to coexist in harmony, as neighbors, and with mutual commitment.

In fact, maritime transport currently moves more than 80% of global trade [2], and as this figure grows year after year, the relationship between the port and the city intensifies. Faced with this scenario, the ship cannot afford to be a noisy and polluting neighbor. In order to guarantee sustainable coexistence, the industry and institutions have decided to commit to the decarbonization of maritime transport. So much so that the International Maritime Organization's (IMO) new Net Zero Emissions (NZE) Framework aims to materialize the GHG Strategy revised in 2023 [3] [4]. This roadmap establishes significant emission reductions compared to 2008 levels: at least 20% by 2030 (with the aspiration to reach 30%) and a minimum of 70% by 2040 (with the commitment to achieve 80%), all with a view to reaching the ultimate goal of net zero emissions by or around the year 2050. This represents an environmental challenge and, furthermore, an opportunity to transform cities.

The decarbonization of the maritime and port industry is a matter that requires careful and multifaceted attention. There is no single solution; moving forward requires combining energy efficiency, the use of clean fuels, onboard carbon capture, and digital optimization. Therefore, to lead this energy transition, coordinated action is required from port authorities, institutions, shipping companies, shipyards, energy providers, terminal operators, and the shippers themselves. Only through collaboration and innovation will it be possible to mitigate environmental impact and move toward a more sustainable future. Thus, the requirements of the net zero emissions framework drive, on one hand, decarbonization to combat climate change, while simultaneously representing an opportunity to reduce energy dependence on other countries and to generate highly specialized employment.

To materialize the energy transformation facing the industry, international initiatives, such as the Global Maritime Forum, are already establishing guidelines that could be of great utility in the maritime and port sectors. In this regard, the immediate priority appears to be the electrification of wharves through Onshore Power Supply (OPS) systems. This technology allows berthed vessels, such as cruise ships, to turn off their auxiliary engines, completely eliminating noise and CO₂ emissions in the port. To meet this new clean demand, port facilities themselves are trying to incorporate solar photovoltaic energy, a measure that is complemented by the transition of land-based machinery toward hybrid and electric vehicles. In parallel, the entire land logistics ecosystem is being redesigned to ensure the safe reception and storage of the so-called “fuels of the future”, such as green methanol, ammonia, and hydrogen.

Of course, the change is not limited to land-based infrastructure but also impacts the fleet itself. The next generation of vessels must be designed from the outset under sustainability criteria to permit the use of clean fuels. In parallel, the active fleet will be forced to execute retrofitting projects to adapt to new energy requirements.

Continuing with the analysis of the energy transition in the fleet, the path toward sustainability requires differentiating between small and large vessels, given that, currently, electric or hybrid propulsion is viable only for the former type of boats. In small vessels, as is the case with recreational boats, electrification is already proving its urban value by eliminating noise and vibrations in city centers. In the

case of large vessels, such as cargo ships or cruise ships, electric or hybrid propulsion is still insufficient for long-distance routes. Therefore, it is considered that the effective decarbonization of this fleet will depend on the implementation of clean fuels. In this sense, the port's transition toward a true energy hub can be carried out through different solutions.

First, it appears that Liquefied Natural Gas (LNG) represents the transition that is currently being implemented. Its adoption contributes significantly to the reduction of CO₂, nitrogen oxides (NO_x), sulfur dioxide (SO_x), and fine particulate matter emissions in port cities. This technology is playing an important role in improving air quality in urban areas. An example of this is the reduction of smoke emissions by cruise ships berthing near historic centers, an improvement highly welcomed by citizens.

Second, bio-based fuels represent another transition of immediate application. Their adoption offers the advantage of being compatible with existing diesel engines and supply systems. This technology acts as an indispensable bridge that allows the carbon footprint to be cut in the present.

Third, green methanol and green ammonia are positioned. The great advantage of these fuels is their potential to reduce net carbon emissions to zero and their high energy density compared to liquid hydrogen, which facilitates their storage and transport onboard the ship. Nevertheless, as these are liquid or liquefied fuels, the great challenge at the port-city interface is the public perception of safety. Green methanol, although clean, presents risks such as corrosion and combustion with an almost invisible flame in emergencies. For its part, green ammonia stands out for containing no carbon in its molecule, but its high toxicity demands strict protocols against leakages, in addition to generating and emitting NO_x.

Finally, green hydrogen emerges as the clean fuel of the future, which will lead us to full decarbonization. It is true that it currently faces significant barriers due to its low energy density, which requires complex compression and storage systems. However, the compelling argument for betting on green hydrogen lies in its capacity to become the energy source for the entire urban environment. With its development, the port could produce and store hydrogen not only for ships, but also to supply urban buses, city waste collection trucks, or local industries. In this way, the port precinct would become an important energy hub for the city.

This evolution toward green hydrogen is supported by a solid foundation, as Spain holds a prominent position as a leader in LNG infrastructure and supply, positioning itself as a benchmark in the field of vessel bunkering in Europe. Leveraging this logistical ecosystem and the experience gained with LNG, the country stands ready to take the next step toward total decarbonization.

Spain's decision to promote the use of green hydrogen is resolute. A notable example is the Port of Huelva, which stands out for leading the development of a Green Shipping Corridor, a commercial route that seeks to promote sustainability by eliminating emissions between two or more geographical points. To consolidate this project, it is essential to guarantee a stable supply, representing a challenge in which Huelva ambitiously assumes a dual strategic role. The Port of Huelva, aware of its role in the energy transition, proposes to supply these zero-emission fuels to the fleet operating in its facilities and, furthermore, strives to produce them in large quantities with a view to exporting them to the rest of Europe. In this regard, the Huelva port already includes in its 2023-2030 Strategic Plan to play "a key role in the energy transition and decarbonization of the transport sector, positioning ourselves as a reference Energy and Industrial Cluster, promoting clean fuels".

To materialize this objective, the Port of Huelva is providing its support to more than a dozen green hydrogen and clean energy projects, which it plans to launch in the coming years. In fact, it projects a new wharf specialized in liquid bulks and is advancing in the improvement of its navigation channel, optimizing operations for the export of these new clean fuels. Likewise, the Port Authority of Huelva is conducting a study to implement bunkering services adapted to emerging fuels, guaranteeing a safe supply aligned with international decarbonization demands.

Thus, the Port of Huelva will be the setting for a green industrial revolution due to the alliance between Moeve and C2X (a company majority-owned by the Maersk group), who plan to build Europe's largest green methanol plant and one of the five largest in the world at Punta del Sebo. With an estimated investment of 1 billion euros and the forecast to generate 2,500 direct and indirect jobs, this industrial complex will annually produce 300,000 tons of this clean fuel starting in 2028, managing to avoid the emission of one million tons of CO₂. In this way, by considering Huelva's port infrastructure as a global production and export node, the project addresses the urgent need for decarbonization in high-environmental-impact industries and contributes to consolidating the municipality as an important

energy center and a model of sustainability in Southern Europe.

In conclusion, models such as that of the Port of Huelva show us how the energy transition has the potential to intertwine the boundaries between the port and the city. Ports, in their transition, will cease to be grey industrial zones to become sustainable and integrated infrastructures. Citizens, for their part, will benefit from a clean, quiet, and technologically advanced waterfront. However, the success of this transformation will depend on the ability to overcome the logistical, efficiency, and cost challenges involved in this new paradigm.

IMAGEN INICIAL | *Gabarra Ozimendi de Moeve en el puerto de Huelva, primer buque de suministro multiproducto de combustibles marinos en el sur de Europa. (© Autoridad Portuaria de Huelva).*

HEAD IMAGE | *Moeve's Ozimendi barge in the Port of Huelva, the first multi-product marine fuel supply vessel in Southern Europe. (© Port of Huelva).*



NOTAS

NOTES

[1] Este artículo desarrolla algunas de las reflexiones surgidas en el Curso de Verano “*Puertos comprometidos con sus ciudades: transición energética, digitalización y transformación urbana*”, organizado por RETE y la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA) y coordinado por la Cátedra Puerto de Sevilla de la Universidad de Sevilla, celebrado en La Rábida (Huelva, España) en julio de 2026.

El diálogo entre autoridades portuarias, empresas energéticas, expertos del sector y universidad enriqueció el análisis, y en la sesión sobre “*Combustibles del futuro*”, las aportaciones de Alberto Santana Martínez, presidente de la Autoridad Portuaria de Huelva, y de Ángel Salvador González Delgado, responsable de Optimización y Programación del Parque Energético La Rábida en Huelva han sido especialmente útiles para la redacción de este documento.

[2] ONU Comercio y Desarrollo (UNCTAD) (2025, 23 de abril). *Transporte marítimo: UNCTAD publica nuevas estadísticas*.
<https://unctad.org/es/news/transporte-maritimo-unctad-publica-nuevas-estadisticas>.

[3] International Maritime Organization (2023). *2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships*. International Maritime Organization.
<https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/imo-strategy-on-reduction-of-ghg-emissions-from-ships.aspx/>.

[4] International Maritime Organization (2023). *Resolution MEPC.377(80): 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships* (MEPC 80/17/Add.1, Annex 15).

[1] This article expands on some of the reflections that emerged from the Summer Course “*Puertos comprometidos con sus ciudades: transición energética, digitalización y transformación urbana*”, organized by RETE and the International University of Andalusia (UNIA) and coordinated by the Port of Seville Chair of the University of Seville, held in La Rábida (Huelva, Spain) in July 2026. The dialogue between port authorities, energy companies, industry experts, and the university enriched the analysis, and in the session on “*Combustibles del futuro*”, the contributions of Alberto Santana Martínez, president of the Port Authority of Huelva, and Ángel Salvador González Delgado, head of Optimization and Programming of the La Rábida Energy Park in Huelva, have been especially useful for the drafting of this document.

[2] ONU Comercio y Desarrollo (UNCTAD) (2025, 23 de abril). *Transporte marítimo: UNCTAD publica nuevas estadísticas*.
<https://unctad.org/es/news/transporte-maritimo-unctad-publica-nuevas-estadisticas>.

[3] International Maritime Organization (2023). *2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships*. International Maritime Organization.

<https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/imo-strategy-on-reduction-of-g-hg-emissions-from-ships.aspx/>.

[4] International Maritime Organization (2023). *Resolution MEPC.377(80): 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships* (MEPC 80/17/Add.1, Annex 15).

REFERENCIAS

REFERENCES

Cánovas Sánchez, B. (2025). *La nueva era de la navegación: combustibles limpios para salvar los océanos* (Documento de Opinión IEEE 92/2025). Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE) / Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN).

Comisión Europea. (2025, 23 marzo). *Acuerdo histórico para lograr cero emisiones netas del transporte marítimo mundial de aquí a 2050* [Comunicado de prensa].

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2025). *Transporte marítimo: la UNCTAD publica nuevas estadísticas*. Naciones Unidas.

DNV. (2024). *Maritime Forecast to 2050: A deep dive into shipping's decarbonization journey* (Energy Transition Outlook, Report Edition 2024). Det Norske Veritas.

Europa Press. (2026, 12 febbraio). *La Península Ibérica se perfila como líder europeo en bunkering sostenible de GNL en 2026, según Gasnam*.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2022a). *11. La revolución verde*. Gobierno de España.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2022b). *17. Puertos que hacen ciudad*. Gobierno de España.

Organización Marítima Internacional. (2023). *2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships*. International Maritime Organization.

Puerto de Huelva. (2025a). *El Puerto de Huelva destaca su potencial como hub logístico del hidrógeno verde en el II Congreso Nacional del sector*. Autoridad Portuaria de Huelva.

Puerto de Huelva. (2025b). *Moeve y Exolum invierten cerca de 300 millones en nuevas infraestructuras del Puerto de Huelva para impulsar la transición energética*. Autoridad Portuaria de Huelva.
