

Circularidad portuaria: el desafío que Europa no puede aplazar

Ana Palanca Roig

Sostenibilidad ambiental

Economía circular, puertos

La economía circular se consolida como un paradigma clave para transformar el modelo económico lineal, caracterizado por el uso intensivo de recursos y la generación de residuos, hacia un enfoque más sostenible y resiliente. Los puertos constituyen nodos estratégicos en las cadenas logísticas globales y desempeñan un papel clave en la habilitación y aceleración de prácticas de economía circular.

El artículo analiza cómo los puertos europeos enfrentan un entorno creciente de complejidad marcado por presiones geopolíticas, regulatorias y climáticas, que refuerzan la necesidad de adoptar estrategias circulares.

Asimismo, se identifican los principales desafíos para la transición circular, entre ellos las elevadas necesidades de inversión, la falta de marcos comunes de medición, la heterogeneidad entre puertos y la limitada implicación social.

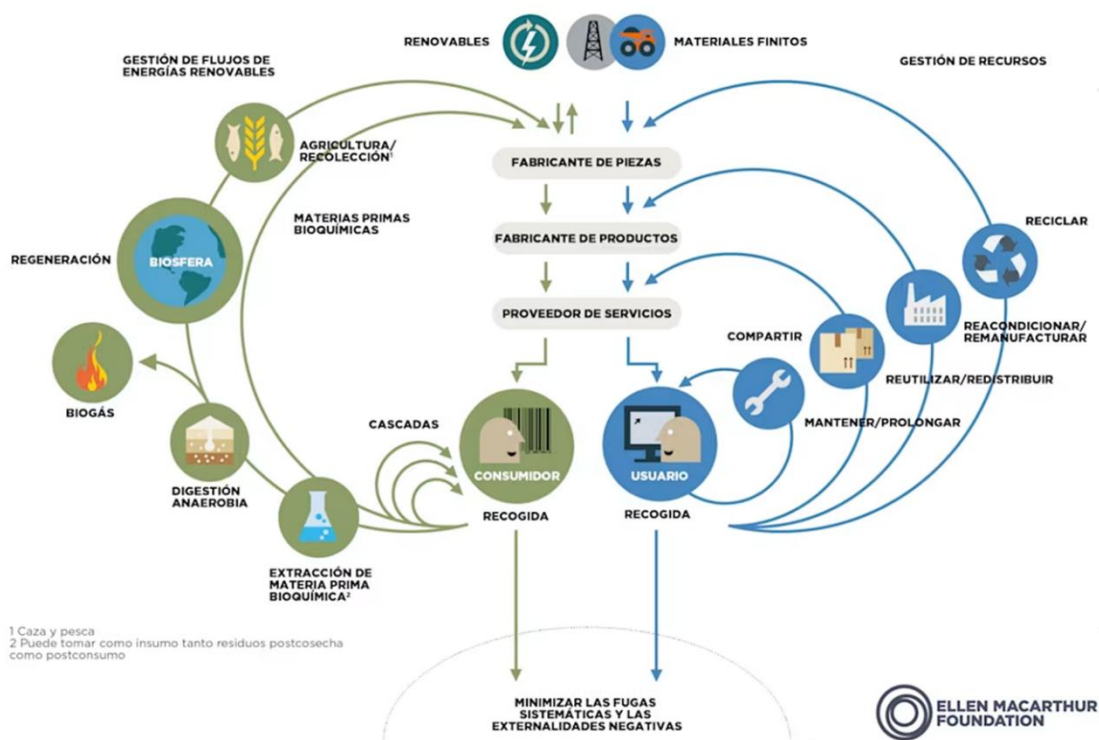
Los resultados sugieren que la economía circular constituye un marco fundamental de resiliencia para los puertos europeos, capaz de reforzar su competitividad y sostenibilidad en un entorno global cada vez más volátil. El avance de esta transición requerirá esfuerzos coordinados en materia de estandarización, mecanismos de financiación, innovación tecnológica y gobernanza multinivel.

Durante décadas, la **economía lineal** –definida como el modelo de producción y consumo basado en la secuencia extraer, fabricar, usar y desechar (Ellen MacArthur Foundation, 2013) impulsó con notable eficacia la generación de riqueza material en los países industrializados. Sin embargo, este modelo propició el agotamiento de los recursos naturales y la degradación generalizada de los ecosistemas, evidenciando sus profundas limitaciones medioambientales y sociales. Frente a este escenario de crisis sistémica, la **economía circular (EC)** ha emergido con fuerza renovada como paradigma alternativo. La EC se define como un sistema económico que minimiza la entrada y el desperdicio de recursos, las emisiones y las fugas de energía del sistema mitigando los impactos negativos sin poner en peligro el crecimiento y la prosperidad (Geissdoerfer et al., 2018).

La **economía circular** ofrece una respuesta estructural a los grandes retos de nuestro tiempo, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la acumulación de residuos y la contaminación, desvinculando el crecimiento económico del consumo de recursos finitos.

Ilustración 1|

El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular



Fuente: Ellen MacArthur Foundation, Circular economy systems diagram (febrero de 2019). Elaborado a partir de Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

La **economía circular** se ha convertido en un sector económico de creciente relevancia en la Unión Europea. En 2022, el valor económico de los sectores vinculados a la economía circular alcanzó los 147.000 millones de euros en la Unión Europea. En paralelo, la tasa de uso circular de materiales se estimó en el 11,5% en 2022, según la [Agencia Europea de Medio Ambiente](#), evidenciando que, pese al avance, Europa opera todavía bajo una economía predominantemente lineal. En materia de empleo, [Eurostat](#) contabilizó en torno a 4,4 millones de empleos circulares en 2023 y las estimaciones más recientes sitúan las necesidades de financiación para una economía circular en la UE en torno a 55.000 millones de euros anuales. Frente a esa demanda, los préstamos del Banco Europeo de Inversiones destinados a proyectos de circularidad han crecido de forma sostenida, alcanzando 3.800 millones de euros en el período 2019-2023.

La EC se ha consolidado como una propuesta integral orientada a transformar los fundamentos del sistema económico y productivo contemporáneo en la que el sistema portuario europeo no es un agente periférico. La EC representa un desafío y una oportunidad para el sector portuario.

El **transporte marítimo** mueve cerca del **74%** del comercio exterior de la Unión Europea y alrededor del **30%** del transporte interno de mercancías, lo que lo convierte en una pieza esencial del mercado europeo. En particular los [puertos de la UE-27](#) manejaron 3.400 millones de toneladas de mercancías en 2023, canalizándose 90% del comercio exterior europeo por vía marítima.

Los **puertos europeos** operan hoy en un **escenario de complejidad** sin precedentes, sometidos simultáneamente a presiones de naturaleza geopolítica, normativa, tecnológica y climática. La escalada arancelaria global, las disrupciones en rutas estratégicas como Suez, cuyo tráfico de portacontenedores se desplomó cerca de un 70% en 2024, o la volatilidad del estrecho de Ormuz evidencian que la logística marítima europea acusa con especial intensidad los golpes de un sistema global cada vez más inestable. A ello se le suma un **entorno regulatorio** en aceleración ([EU ETS](#), [FuelEU Maritime](#)) que exige decisiones de inversión de gran calado en plazos ajustados y con el riesgo permanente de obsolescencia tecnológica, agravado por la ausencia de consenso sobre qué combustible alternativo liderará la transición. A su vez, el **cambio climático** introduce una variable de no linealidad fundamental: los daños anuales por inundaciones costeras, cifrados hoy en 1.200 millones de euros en la UE, podrían escalar hasta 814.000 millones en 2100 en ausencia de medidas de protección. A ello se añade la **dependencia** estructural de **corredores específicos**, la concentración de proveedores en geografías lejanas y una burocracia que ralentiza la adaptación operativa (Martínez et al., 2025)

Es precisamente esta confluencia de dificultades la que convierte a la economía circular en una estrategia de resiliencia estructural necesaria para los puertos del siglo XXI.

El Parlamento Europeo, así como las organizaciones portuarias europeas la Federación Europea de Puertos Interiores (EFIP) y la Organización de Puertos Marítimos Europeos

(ESPO), han destacado el enorme potencial de los puertos para desempeñar un papel clave en el contexto de la evolución hacia la economía circular.

En los puertos europeos actualmente se aplican y desarrollan iniciativas y proyectos que contribuyen a la EC (Barona et al. 2023) tales como el cambio al **suministro de OPS** para descarbonizar el transporte marítimo, instalaciones de tratamiento de agua limpia para proteger el mar y cumplir con los requisitos reglamentarios, recuperación de residuos marinos, refuerzo de medidas de reutilización y reciclaje, dar nuevo uso a contenedores o cambio a **fuentes de energía renovable**.

Cabe destacar el rol de los **Hubs de innovación**, que actúan como imanes para emprendedores con soluciones de economía circular, ofreciéndoles infraestructura real donde testear sus tecnologías. Estos *Hubs* pueden ser catalizadores activos de la reindustrialización circular, donde la innovación, la infraestructura compartida y la colaboración público-privada se alinean con los objetivos del Pacto Verde Europeo.

Los principales *Hubs* de innovación y emprendimiento vinculados a los puertos europeos tales como **PortXL** ([Puerto de Róterdam](#)), y **opentop** ([Puerto de Valencia](#)) permiten desarrollar y aplicar soluciones que mejoren la competitividad, sostenibilidad y eficiencia del sector portuario y conectar el mundo del emprendimiento y la investigación con la realidad industrial y logística.

Sin embargo, se han identificado **desafíos** en la transición hacia una economía circular en los puertos europeos. Desde la magnitud de las inversiones iniciales requeridas hasta la fragmentación en los modelos de medición, pasando por la incertidumbre tecnológica, la disparidad entre puertos y la insuficiente implicación social, el ecosistema portuario europeo se enfrenta a una agenda compleja que debe ser considerada.

Inversiones iniciales para implementar las estrategias de EC

La **transición circular** en los **puertos europeos** implica requerimientos de inversión considerables que condicionan el ritmo y la profundidad de la transformación. Las autoridades portuarias deben estimar y evaluar cuidadosamente las inversiones iniciales requeridas para los proyectos circulares y su retorno asociado, considerando además el vínculo entre la financiación sostenible y estos proyectos como elemento estratégico central; un ejercicio que resulta especialmente complejo dado que muchas iniciativas circulares presentan retornos lentos, reducidos e inciertos (de Langen et al. 2020).

En 2024, la Organización Europea de Puertos Marítimos (ESPO) publicó un estudio (de Langen, 2025) revelando que las necesidades de inversión de los organismos puertos europeos ascienden a alrededor de 80.000 millones de euros para los próximos 10 años, hasta 2034. El estudio destaca que las **inversiones en sostenibilidad y transición energética** se están convirtiendo en la segunda categoría de inversión más importante para las autoridades portuarias, priorizando la transición hacia combustibles alternativos,

la electrificación de operaciones y la gestión eficiente de recursos, construyendo los vectores de transformación hacia la economía circular.

Desde la perspectiva de los modelos de negocio, entre las **barreras** más relevantes identificadas en el ámbito portuario se encuentran los elevados requerimientos de capital con retornos limitados demostrables, la disponibilidad de suelo y la necesidad de infraestructura de apoyo específica para actividades circulares, como la generación de energía eléctrica. La tecnología necesaria para cerrar los ciclos de materiales (plantas de pirólisis, infraestructura de hidrógeno, sistemas de simbiosis industrial), exige umbrales de inversión que superan la capacidad individual de la mayoría de los puertos medianos, lo que refuerza la necesidad de instrumentos de financiación europea y modelos de riesgo compartido entre actores públicos y privados.

Heterogeneidad en la aplicación y monitorización de las estrategias de EC en puertos europeos

La medición del avance circular en los puertos europeos se enfrenta a un **reto**: la **ausencia de un marco de indicadores común, armonizado y específicamente diseñado para el entorno portuario**. Existen iniciativas que están trabajando en el desarrollo de metodologías transferibles y marcos de referencia compartidos que podrían sentar las bases de una monitorización portuaria circular a escala europea.

La **monitorización** desempeña un papel crucial para permitir que los puertos evalúen la efectividad de sus estrategias de EC. Al recopilar y analizar dichos datos, los puertos pueden agilizar la toma de decisiones, demostrar el cumplimiento de las normativas y mejorar su desempeño.

Sin embargo, el grado de avance en la implementación de estrategias de EC es marcadamente desigual entre los puertos europeos, tanto en ambición como en metodología de seguimiento.

En el [ESPO Environmental Report 2025](#), elaborado a partir de datos de 77 puertos de 18 países europeos, se destaca que la integración de principios de economía circular en la gestión portuaria avanza, aunque de forma desigual y con brechas de medición aún significativas. En el plano de los residuos, el 87% de los puertos monitoriza sus residuos portuarios y así como el reciclaje de residuos 75%, y el indicador de la huella de carbono, 78%. Sin embargo, el propio informe revela la paradoja que define el momento actual: pese a que el 100% de los puertos participantes ha formalizado objetivos de mejora ambiental y el Índice de Gestión Ambiental (EMI) de [ESPO](#) alcanza su valor máximo histórico de 8,67 sobre 10, la heterogeneidad metodológica entre puertos persiste, y la ausencia de un marco de indicadores circular específico y armonizado impide traducir ese compromiso en métricas comparables, agregables para orientar la política portuaria europea.

La certificación [PERS de EcoPorts](#), estándar de gestión ambiental específico del sector portuario, aunque no está concebido de modo indicador de la economía circular, sienta

las bases operativas de la transición circular en los puertos: obligando a identificar flujos de materiales, residuos, agua y energía y fomentando la colaboración entre los grupos de interés. A modo de ejemplo entre los puertos certificados figuran Valencia, Rotterdam, North Sea Port, Oslo, Heraklion, entre otros.

El gobierno de Flandes ha impulsado [Circular Port Monitor](#), herramienta que incluye 12 indicadores cuyo objetivo es **monitorear la evolución de la circularidad** a lo largo del tiempo dentro de un puerto; y permitir la comparación entre puertos. Los **indicadores** que se proponen, incluyen, el porcentaje de actividades comerciales de EC relevantes para el puerto ubicadas en el área portuaria, número de proyectos circulares ubicados en el área portuaria, porcentaje de licitaciones que incluyen especificaciones circulares, porcentaje de *start-ups* circulares en el área portuaria que utilizan servicios de incubación, porcentaje de miembros de plataformas (circulares) en el clúster portuario, porcentaje de flujos de carga circulares, porcentaje de residuos generados por barcos que son separados, porcentaje del área en el puerto ocupada por actividades CE principales relevantes para el puerto, porcentaje del empleo proveniente de actividades circulares principales en el área portuaria, porcentaje de residuos no reciclados generados en el área portuaria, porcentaje de residuos procesados en el área portuaria, porcentaje del consumo de materias primas secundarias en el área portuaria.

Aplicación de nuevas tecnologías y modelos de negocio en los puertos europeos

La transición hacia la EC en los puertos europeos exige tanto la **adopción de tecnologías disruptivas** como la **reconfiguración de los modelos de negocio tradicionales**. Las prácticas circulares en los puertos fomentan la innovación a través de nuevas tecnologías, modelos de negocio y alianzas, generando a su vez beneficios económicos como ahorros de costes, mayor eficiencia y nuevas oportunidades comerciales. En este sentido, la **digitalización** ocupa un papel central.

Las estrategias digitales actúan en varios frentes simultáneos tales como la inteligencia artificial, los gemelos digitales y el *blockchain*.

La **inteligencia artificial** y el **análisis de datos** permiten inventariar y optimizar flujos de residuos industriales en tiempo real. Puertos como **Rotterdam** han adoptado herramientas digitales innovadoras tales como la plataforma [Waste Profile Platform](#), desarrollada por la *Startup* geoFluxus (TU Delft), permite a las empresas del área portuaria obtener visibilidad sobre sus flujos de residuos, identificando oportunidades de mejora en el tratamiento de residuos y comparando distintas opciones en función de tres factores clave: ahorro de costes, sostenibilidad y emisiones de CO₂.

Los gemelos digitales son réplicas virtuales del sistema portuario alimentadas con datos en tiempo real que permiten simular el impacto de distintas estrategias circulares antes de implementarlas físicamente, reduciendo el riesgo de inversión y acortando los ciclos de aprendizaje.

El **blockchain**, por su parte, aporta trazabilidad y confianza a lo largo de cadenas de valor complejas, garantizando la transparencia en las cadenas de suministro, permitiendo rastrear la procedencia y las credenciales de sostenibilidad de las materias primas y los flujos de residuos entre múltiples actores.

A escala sectorial, la plataforma **PortinSights** de ESPO integra datos de tráfico, gobernanza y medio ambiente de los puertos europeos en un único repositorio digital, construyendo el **Hub de conocimiento** del sector portuario europeo y sentando las bases para una monitorización circular armonizada.

Finalmente, el **Pasaporte Digital de Producto** abre la posibilidad de que los flujos de materiales que transitan por los puertos queden registrados con información sobre su composición, recuperabilidad y reciclabilidad, convirtiendo al puerto en un nodo de trazabilidad circular dentro de las cadenas de suministro globales.

En particular, el sistema **PORTWASTE** desarrollado en el marco del **proyecto Portnet** está financiado por la convocatoria Puertos 4.0 y con la participación del Puerto de Palma, en el que se implementa el Pasaporte Digital de Residuos para gestionar los residuos generados por los barcos que entran y salen de los puertos. Cada vez que un barco genera residuos, se registra digitalmente a través del Pasaporte Digital.

Dimensión social: ciudadanía y percepción del valor de la EC portuaria

El éxito de la implementación de la EC está vinculado de manera creciente a la capacidad de los **actores públicos, privados y académicos** de coordinarse trascendiendo las fronteras institucionales y sectoriales, algo especialmente exigente en los grandes *Hubs* industriales portuarios dada la escala y complejidad de sus ecosistemas. Las autoridades portuarias juegan un papel central como constructoras activas de comunidad, implicando a responsables políticos de diferentes ámbitos y niveles de gobernanza, así como a múltiples partes interesadas en los proyectos circulares.

Sin embargo, los canales de comunicación actuales resultan insuficientes para consolidar este compromiso por lo que los puertos deben abordar estratégicamente tanto la **mitigación de impactos negativos** como el **compromiso proactivo** con la comunidad para mantener el apoyo social y evitar perturbaciones en sus operaciones; lo que apunta a la necesidad de diseñar nuevos modelos de comunicación y participación —plataformas digitales, consultas públicas vinculantes, programas de ciencia ciudadana— que integren a la sociedad como agente activo, y no como mero receptor, de las estrategias de EC portuaria.

Conclusiones

Los puertos europeos, operan en un entorno de **creciente complejidad estructural**. La confluencia de volatilidad geopolítica, incertidumbre regulatoria, dinámicas no lineales derivadas del cambio climático y la fragilidad de los ecosistemas logísticos globales configura un escenario en el que la transición hacia la economía circular es una necesidad competitiva y de resiliencia a largo plazo.

Aunque el reconocimiento institucional del papel de los puertos en la **EC** (avalado por el Parlamento Europeo, ESPO y EFIP) va en aumento, la adopción real de estrategias circulares como eje organizacional sigue heterogénea y no mayoritaria. Avanzar exige, en primer lugar, armonizar indicadores a escala europea para poder comparar resultados, orientar políticas públicas y atraer financiación vinculada a objetivos verificables, el uso de la digitalización como palanca transversal que articula esta transición y la involucración activa de la sociedad.

La **economía circular** en los puertos europeos se perfila como una **verdadera arquitectura de resiliencia**, clave para preservar su relevancia estratégica en un entorno global cada vez más exigente. En un sistema que penaliza la rigidez y premia la capacidad de adaptación y regeneración, este enfoque se consolida como un **pilar esencial** para afrontar los **retos actuales y futuros del sector portuario**.

Referencias bibliográficas

MacArthur, E., 2013. Towards the circular economy. *Journal of industrial ecology*, 2(1), pp.23-44.

Geissdoerfer, M., Vladimirova, D. and Evans, S., 2018. Sustainable business model innovation: A review. *Journal of cleaner production*, 198, pp.401-416. ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.240>.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2024. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-circular-economy-in-facts> [Consultado 29-05-2026]

EUROSTAT 2024. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/monitoring-framework> [Consultado 29-05-2026]

European Commission 2025. The EU Blue Economy Report 2025. Publications Office of the European Union. Luxembourg. Disponible en: <https://op.europa.eu/webpub/mare/eu-blue-economy-report-2025/blue-economic-sectors/maritime-transport.html> [Consultado 29-05-2026]

EU Emissions Trading System (EU ETS) 2025. Disponible en: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en [Consultado 28-05-2026]

FuelEU Maritime 2025. Disponible en: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en [Consultado 28-05-2026]

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 2023. Disponible en: <https://www.undp.org/es/comunicados-de-prensa/el-impacto-del-cambio-climatico-en-las-inundaciones-costeras-se-multiplicara-por-cinco-durante-este-siglo-poniendo-mas-de-70> [Consultado 29-05-2026]

Martínez, M., Molina, R., Serrano, O., & Zamorano, M. (2025). Port (s). A circular economy framework for sustainable ports in Spain. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.07.016>

Barona, J., Ballini, F., & Canepa, M. (2023). Circular developments of maritime industrial ports in Europe: a semi-systematic review of the current situation. *Journal of Shipping and Trade*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s41072-023-00153-w>

PORTXL. 2015. Disponible en: <https://portxl.org/> [Consultado 14-05-2026]

OPENTOP. VALENCIAPORT INNOVATION HUB. 2026. Disponible en: <https://www.opentop.es/es/> [Consultado 14-05-2026]

de Langen, P. W., Sornn-Friese, H., & Hallworth, J. (2020). The role of port development companies in transitioning the port business ecosystem; the case of port of

Amsterdam's circular activities. Sustainability, 12(11), 4397.
<https://doi.org/10.3390/su12114397>

ESPO Environmental Report 2025. Disponible en: https://www.espo.be/media/esp-0135_sustainability-report-2025.pdf [Consultado 01-06-2026]

ESPO 2025. Disponible en: <https://www.espo.be/news/espos-environmental-report-2025-european-ports-lead-the-way-in-sustainability-from-policy-to-practice> [Consultado 01-06-2026]

ECOPORTS 2026. Disponible en <https://www.ecoports.com/pers> [Consultado 02-06-2026]

CIRCULAR FLANDERS. 2021. CIRCULAR PORT MONITOR. Disponible en: <https://circularports.vlaanderen-circulair.be/circular-port-monitor/> [Consultado 14-05-2026]

PORT OF ROTTERDAM. 2024. NEWS OVERVIEW. Disponible en: <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/successful-pilot-stimulates-circularity-rotterdam-port-area> [Consultado 14-05-2026]

ESPO PORTINSIGHTS 2026. Disponible en: <https://www.espo.be/fact-and-figures> [Consultado 01-06-2026]

CIRCULAR PORT. 2024. PORTNET. Disponible en: <https://circularport.eu/> [Consultado 14-05-2026]

Pharos 39.0

Valenciaport Knowledge Hub

| www.pharos390.com

| info@pharos390.com