

Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental

Connected ports: The era of logistics and environmental

Recibido: 10 de septiembre de 2025

Aprobado: 12 de diciembre de 2025

Forma de citar: I. Jurado-Ramirez, S. Hernandez-Ocampo, p. Alzate, "Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental", Mundo Fesc, vol. 16, no. 34, pp. 228-239, 2026, doi: 10.61799/2216-0388.1451.

Isabela Jurado-Ramirez 

Universidad Católica Luis Amigó,
isabella.juradora@amigo.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0003-0729-5211>, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002061738

Sara Hernandez-Ocampos 

Universidad Católica Luis Amigó
sara.hernandezoc@amigo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-7828-1592>,
<https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?codrh=0002061737>
Bogotá, Colombia

Paola Alzate 

Universidad Católica Luis Amigó
paola.alzateon@amigo.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-5406-3355>, <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?codrh=0000116945>
Bogotá, Colombia

Autor para correspondencia:

paola.alzateon@amigo.edu.co



Resumen

Puertos conectados: La era de la inteligencia logística y medioambiental

Con el comienzo de la cuarta revolución industrial el mundo se ha enfrentado al surgimiento de nuevas tecnologías que han traído un impacto positivo en la vida cotidiana de las personas. La importancia y la necesidad de identificar las tendencias de investigación relacionadas con los puertos inteligentes para fines académicos y operativos son el objetivo del presente trabajo. Para ello se implementó la metodología de la metáfora del árbol y, específicamente, el análisis de red en la definición de las temáticas más relevantes y las prácticas que los potencian y definen. Los resultados resaltan que los retos en la mejora de las operaciones logísticas en cada eslabón de la cadena de suministro han desarrollado nuevas dinámicas en el marco de la revolución 4.0. En este escenario, los puertos automatizados han emergido como una estrategia para atender las necesidades de los clientes a través de la implementación de avances tecnológicos.

Palabras clave: Puertos inteligentes, medio ambiente, industria 4.0, transporte marítimo, logística.

Connected ports: The era of logistics and environmental intelligence

Abstract

With the onset of the fourth industrial revolution the world has been faced with the emergence of new technologies that have brought a positive impact on people's daily lives. The importance and the need to identify research trends related to smart ports for academic and operational purposes are the objective of the present work. For this purpose, the tree metaphor methodology was implemented and, specifically, the network analysis in the definition of the most relevant topics and the practices that enhance and define them. The results highlight that the challenges in improving logistics operations in each link of the supply chain have developed new dynamics in the framework of the 4.0 revolution. In this scenario, automated ports have emerged as a strategy to meet customer needs through the implementation of technological advances.

Keywords: Smart ports, environment, industry 4.0, maritime transport, logistics.

Introducción

La cuarta revolución industrial y su relación con las nuevas tecnologías ha llevado a que todas las operaciones logísticas sean repensadas desde la optimización, la innovación y la inmediatez. Problemas como la contaminación medioambiental, la falta de eficiencia operativa y la planeación se han asociado con los retrasos de la cadena de suministro y específicamente con la influencia del transporte en ellas. Asimismo, el crecimiento significativo del comercio internacional producto de la globalización ha potenciado al transporte marítimo y su infraestructura [1], además de la respuesta tecnológica derivada conocida como puertos inteligentes.

Los Smartport o puertos inteligentes son soluciones innovadoras para optimizar las operaciones portuarias en el siglo XXI, que al integrarse con los conceptos fundamentales de la industria 4.0 relacionados con la conexión entre máquinas, productos y sistemas [2], utilizan tecnologías avanzadas como el Internet de las cosas (IoT) y el análisis de datos para mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del transporte marítimo y el comercio internacional [3]. Asimismo, se destaca que a diferencia del alcance de la tecnología de la década de los ochenta, las posibilidades de estar al alcance de todos en la actualidad a un bajo costo es una ventaja para todos los involucrados [4].

A través de la integración de sistemas automatizados, sensores y análisis en tiempo real, los puertos inteligentes ofrecen una mayor visibilidad, una gestión más eficiente de la cadena de suministro y una mejor calidad de vida a los usuarios [5]. En esta era digital e hiperconectada, los puertos inteligentes se han convertido en un componente fundamental para impulsar el crecimiento y la competitividad en el comercio marítimo mundial [6]. Sin embargo, estas tecnologías digitales representan una nueva frontera en la búsqueda de la innovación y la modernización portuaria [7]. A partir de la relevancia actual de los puertos inteligentes en el comercio exterior y la necesidad de identificar las tendencias de investigación en el área, el presente trabajo implementa la metáfora del árbol en el procesamiento de artículos disponibles en bases de datos de reconocimiento mundial. Asimismo analiza de forma crítica los documentos reconocidos dentro de cada tendencia obtenidos con el software R-studio.

Metodología

El presente artículo fue desarrollado por medio de un análisis de red en el cual se utilizó el software de R-studio con los documentos encontrados en las bases de datos de Scopus y Web of Science para identificar y relacionar los documentos. Así mismo, se utilizó el indicador bibliométrico Outdegree y la metáfora del árbol [8], [9], los cuales permitieron identificar las futuras líneas de investigación sobre el tema. Para desarrollar la búsqueda en las bases de datos de Scopus y Web of Science se utilizaron diferentes palabras clave como "Smartports" y "Puertos inteligentes" y se tomó un periodo de consulta del año 2010 al año 2023. Así mismo se obtuvieron 204 resultados finales después de eliminar duplicados de ambas bases de datos.

Resultados

Los resultados que se presentan a continuación hacen referencia a las tendencias de investigación identificadas en el desarrollo del artículo. Se encuentran dos tendencias de investigación sobre los puertos inteligentes las cuales permiten entender e identificar hacia dónde va el futuro de los puertos inteligentes y su adaptación a las necesidades de la sociedad.

Tendencia de investigación: Puertos inteligentes y sostenibles medioambientalmente

A medida que los puertos inteligentes se han desarrollado y han tenido un gran progreso, la preocupación por la conservación y el cuidado del medio ambiente ha crecido significativamente, debido a esto los puertos inteligentes han empezado a crear diferentes estrategias que les permitan contribuir a la conservación de energía y reducción de emisiones. [10]. Un puerto inteligente optimiza el flujo de bienes e información, lidera el desarrollo sostenible y garantiza actividades seguras mediante tecnologías habilitadoras. Los puertos inteligentes al ser líderes del desarrollo sostenible han desarrollado actividades sostenibles que están impulsando el concepto de puerto inteligente y sostenible[11]. Un puerto inteligente y amigable con el medio ambiente es un gran progreso para la conservación de energía y reducción de emisiones [12]. De esta manera se ha empezado a ver a los puertos inteligentes no solo como puertos que permiten optimizar todas las operaciones de la cadena de suministro sino también como puertos que se preocupan por el medio ambiente y el rol que juegan en el cuidado de este.

Los puertos en todo el mundo están buscando nuevas tecnologías inteligentes para ayudar a gestionar el medio ambiente de una manera más sostenible [10]. Asimismo, se logró determinar en qué medida los puertos podrían aplicar prácticas inteligentes y emplear tecnología para mejorar el desempeño portuario sostenible [13]. Igualmente los puertos se han ido adaptando a la industria 4.0 y a su vez al cuidado del medio ambiente. La mayoría de los puertos han empezado a crear estrategias que les permiten desarrollar todos los procesos de la cadena de suministro de una manera sostenible y amigable con el medio ambiente. Por otro lado, [10] identifica las fuerzas impulsoras de la gestión ambiental verde juegan un papel esencial para influir en el desempeño de la gestión ambiental de los puertos verdes inteligentes. En diferentes estudios se ha logrado identificar las motivaciones e impulsos que tienen los puertos inteligentes para empezar a ser más amigables con el medio ambiente y se ha demostrado que a medida que los puertos tengan procesos sostenibles se logra gestionar de mejor manera sus operaciones.

En el comercio internacional el transporte marítimo es el que representa la mayor parte de contaminación por el uso de los buques debido a que estos generan gases de efecto invernadero que afectan directamente al medio ambiente. Debido a esto la OMI lanzó un programa específico que exige una combinación de soluciones técnicas, operativas e innovadoras para buques internacionales algunos de ellos, junto con un indicador de su potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Figura 1).

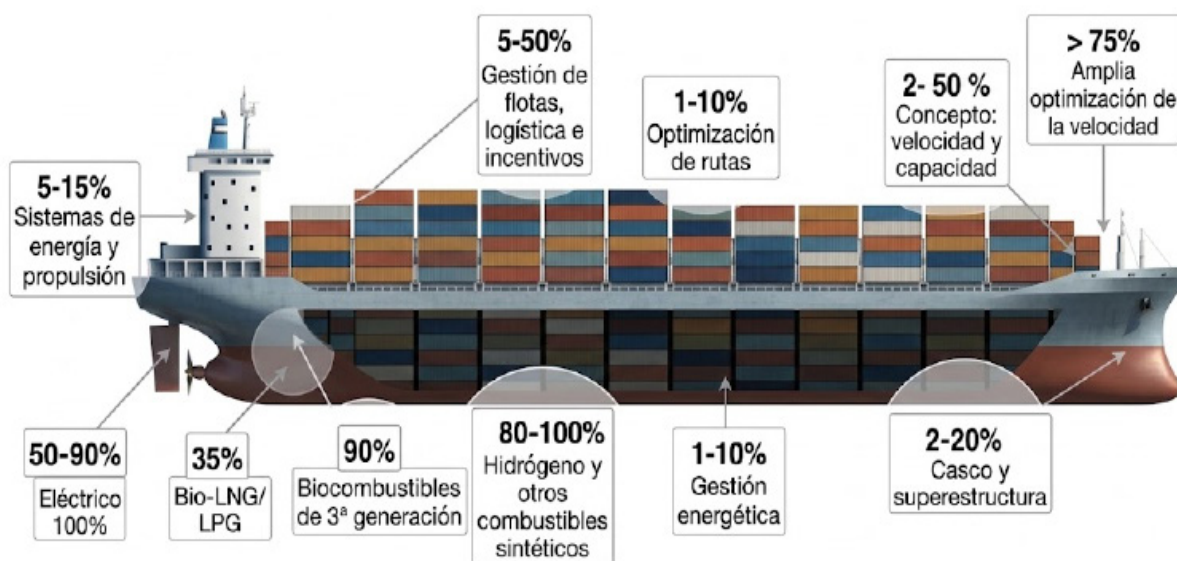


Figura 1. Soluciones técnicas, operativas e innovadoras
Fuente: [14]

De igual manera diferentes organizaciones como la Organización Marítima Internacional (OMI) tienen como objetivo reducir la intensidad de carbono del transporte marítimo internacional en al menos un 50% para 2050. Para tal fin, se establecieron niveles de referencia objetivo para el transporte marítimo internacional, teniendo en cuenta las innovaciones tecnológicas cruciales y las fuentes de energía alternativas (Figura 2).

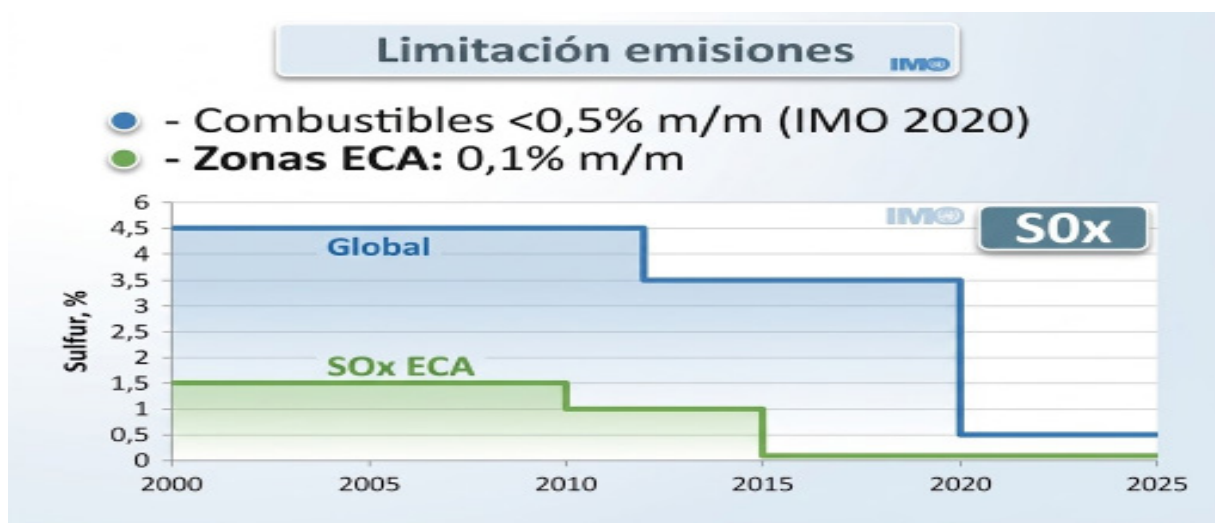


Figura 2. Prevención de la contaminación
Fuente: [14]

Tendencia de investigación: El impacto de la industria 4.0 en los puertos inteligentes.

El comercio marítimo representa aproximadamente el 80% del comercio mundial y se basa en una red de rutas y puertos [15]. En los últimos tiempos, los puertos han evolucionado hacia puertos inteligentes, utilizando tecnología y datos para optimizar y acelerar el proceso de envío y recepción de mercancías [16]. Los gobiernos están comprometidos en transformar los puertos en puertos inteligentes, buscando operaciones más eficientes, menor impacto ambiental y desarrollo sostenible.

Se ha podido observar que el transporte marítimo es el medio de transporte más económico y con mayor eficiencia ya que puede transportar cualquier tipo de mercancía; sin embargo, muchos autores hablan de los problemáticas que presentan los terminales de mercancías, por esto se hace las implementación de la logística 4.0 en los puertos, volviendolos puertos inteligentes. Los niveles para llevar un puerto hacia su transformación inteligente se presenta en la Figura 3.



Figura 3. Transformación portuaria
Fuente: [17]

El uso de nuevas tecnologías como el Internet de las cosas, la navegación automática y la integración de vehículos aéreos no tripulados (UAV) está desempeñando un papel importante en las actividades marítimas [18]. Ha existido una notoria evolución en los puertos y cómo mejoraron sus procesos logísticos haciéndolos más óptimos y factibles con la implementación del machine learning, internet of things y estrategias digitales. Para ello, se destaca que un puerto inteligente debe integrar aspectos como tecnologías portuarias, sostenibilidad, estrategias digitales, personas, productividad y seguridad y protección (Figura 4).



Figura 4. Componentes de un puerto inteligente

Fuente: [17]

El transporte marítimo se enfrenta a desafíos como el cambio climático y la contaminación ambiental por esto los puertos inteligentes han surgido como una respuesta a estos desafíos y buscan adaptar los puertos marítimos al siglo XXI mejorando la efectividad y optimización de los mismos [19]. Además, el sistema de posicionamiento dinámico (DP) tiene un papel crucial en las operaciones marítimas, ya que para hacer una implementación en las tuberías marinas se requiere precisión y alto rendimiento operativo el cual se puede obtener por medio del (DP) [20].

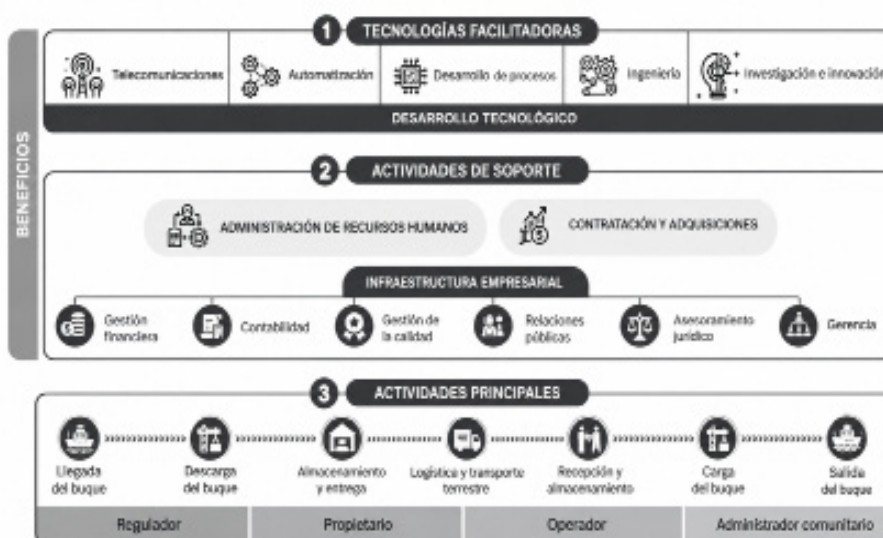


Figura 5. Tecnologías facilitadoras

Fuente: [17]

Los investigadores anteriormente citados, destacan la importancia de adoptar enfoques innovadores para abordar los desafíos que enfrentan los entornos portuarios actuales, desafíos tales como: contaminación, congestión y saturación de cargas, emisión de gases contaminantes, infraestructura obsoleta, ciberseguridad, etc. Teniendo en cuenta esto, surgen los puertos inteligentes como una solución efectiva a cada uno de los problemas anteriormente mencionados mejorando así la sostenibilidad y eficiencia de cada una de las operaciones portuarias. Adicionalmente, se presenta el uso del posicionamiento dinámico como una tecnología avanzada y adherida a la inteligencia 4.0 que permite hacer maniobras avanzadas y precisas en alta mar, resultando esencial en actividades como la instalación de infraestructura submarina y navegación especializada. Esta integración tecnológica resalta el papel clave de los puertos como centros logísticos modernos impulsados por soluciones de alto valor añadido. (Figura 5).

Ante los crecientes desafíos del transporte marítimo, los puertos inteligentes se han consolidado como una solución innovadora para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental. Esta transformación es impulsada por la adopción de tecnologías digitales que permiten una recopilación y gestión de datos más efectiva. Gracias a estos avances, es posible optimizar los procesos portuarios, agilizar la toma de decisiones y fomentar prácticas más sostenibles, lo que refuerza el papel estratégico de los puertos en la cadena logística global [21]. Gracias a estas capacidades, los puertos inteligentes no solo aumentan la eficiencia en sus operaciones, sino que también se posicionan como actores clave en la modernización del comercio marítimo global [17].

Conclusiones

Los puertos inteligentes ofrecen una solución vanguardista y estratégica para mejorar muy notoriamente la eficiencia del comercio internacional, teniendo en cuenta que la ruta marítima es la más arrasadora en este mismo, y estas nuevas tecnologías prometen mejorarlo a escala mundial, ya que utilizan tecnologías de última generación, como las IoT (Internet de las cosas), y esto mismo trae un impacto considerable en las practicas sostenibles y medio ambientales. También, gracias a la recopilación y el análisis de información en tiempo real, es posible tomar decisiones más precisas y estratégicas, lo que optimiza la coordinación y agiliza los procesos logísticos y el uso de sensores, con una administración eficiente de grandes volúmenes de datos están transformando por completo las operaciones portuarias.

No cabe duda de que los puertos inteligentes se presentan como una respuesta esencial ante los desafíos que enfrenta el transporte marítimo, y por supuesto se adapta a las exigencias del siglo XXI ya que va de la mano con la vanguardia de la industria 4.0. El objetivo de los puertos modernos es operar de manera ambientalmente responsable, además de otros beneficios que ofrece como optimizar la eficiencia y la productividad.

Es importante tener en cuenta que es de vital importancia que los puertos inteligentes se integren armónicamente con el entorno donde se desarrollan, aspirar a convertirse en un puerto inteligente representa un objetivo y compromiso valioso, para el contexto actual. La cadena de suministro no debe hacerse a expensas del medio ambiente, sino que deben ir de la mano para asegurar un crecimiento económico sostenible y responsable, y ese es el gran reto del comercio internacional y el movimiento de mercancías, hacer que los puertos sean un lugar que contribuya a la mitigación de daños medioambientales, y aunque el reto es la inversión inicial, los puertos inteligentes prometen optimizar tiempos, procesos y dinero. En este sentido, apostar por puertos inteligentes no solo representa una mejora operativa, sino también un compromiso con el futuro del planeta, demostrando que es posible alcanzar un equilibrio entre desarrollo económico y responsabilidad ambiental.

Referencias

- [1] O. D. R. Sanchez, Indicadores de Productividad para la Industria Potuaria: Aplicación en América Latina y el Caribe. United Nations Publications, 2006. [Online]. Available: <https://books.google.com/books/about/IndicadoresdeProductividadparaInd.html?hl=&id=LAEob-D03l4C>
- [2] L. V. Gálvez, Industria 4.0: gestión del conocimiento. Editorial Universidad Icesi, 2021. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/books/details?id=KhYzgEACAAJ>
- [3] N. Nomikos, P. K. Gkonis, P. S. Bithas, and P. Trakadas, "A Survey on UAV-Aided Maritime Communications: Deployment Considerations, Applications, and Future Challenges," IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 4, pp. 56–78, 2023, doi: 10.1109/OJCOMS.2022.3225590.
- [4] P. Cartagena, "La cuarta oportunidad," Pórtico, 2018. <https://www.puertocartagena.com/sites/default/files/RevistaPortico2018-compressed.pdf> (accessed Jul. 28, 2023).
- [5] NexusAdmistraIntegra, "Puertos inteligentes: la transformación del sector portuario," Nexus Integra, Apr. 22, 2022. <https://nexusintegra.io/es/puertos-inteligentes-la-transformacion-sector-portuario/> (accessed Jul. 28, 2023).
- [6] "Vista de El impulso de la digitalización de los puertos del Sistema Portuario Español mediante el análisis Business Observation Tool." <https://doi.org/10.14482/inde.38.2.650> (accessed Jul. 28, 2023).
- [7] CEPAL, "Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística," 2022. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Digitalizaci%C3%B3n_en_puertos_aplicaci%C3%B3n_d.html?hl=&id=D5B9zwEACAAJ

- [8] D. S. Valencia-Hernandez, S. Robledo, R. Pinilla, N. D. Duque-Méndez, and G. Olivar-Tost, "SAP algorithm for citation analysis: An improvement to tree of Science," *Ing. Investig.*, vol. 40, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.15446/ing.investig.v40n1.77718.
- [9] S. Robledo, M. Zuluaga, L.-A. Valencia-Hernandez, O. A.-E. Arbelaez-Echeverri, P. Duque, and J.-D. Alzate-Cardona, "Tree of Science with Scopus: A Shiny application," *Issu. Sci. Technol. Libr.*, no. 100, Aug. 2022, doi: 10.29173/istl2698.
- [10] C.-H. Chiang, L.-B. Chen, S.-Y. Kuo, L.-J. Lin, Y.-P. Lin, and Y.-C. Hsu, "Evaluation of Supply Chain Management on Green Performance in Taichung Smart Port of Taiwan," in *2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Oct. 2022, pp. 549–550. doi: 10.1109/GCCE56475.2022.10014316.
- [11] Y. Boullauazan, C. Sys, and T. Vanelslender, "Developing and demonstrating a maturity model for smart ports," *Marit. Policy Manage.*, pp. 1–19, May 2022, doi: 10.1080/03088839.2022.2074161.
- [12] J. Chen, T. Huang, X. Xie, P. T.-W. Lee, and C. Hua, "Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 7, no. 4, p. 83, Mar. 2019, doi: 10.3390/jmse7040083.
- [13] A. Othman, S. El Gazzar, and M. Knez, "Investigating the Influences of Smart Port Practices and Technology Employment on Port Sustainable Performance: The Egypt Case," *Sustain. Sci. Pract. Policy*, vol. 14, no. 21, p. 14014, Oct. 2022, doi: 10.3390/su142114014.
- [14] "LOS PUERTOS INTELIGENTES: ELEMENTOS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE," in *Luces en el camino: Filosofía y Ciencias Sociales en tiempos de desconcierto*, 2021, p. 18. Accessed: Jul. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/351109303>
- [15] A. E. Idrissi, A. Haidine, A. Aqqal, and A. Dahbi, "Deployment Strategies of Mobile Networks for Internet-of-Things in Smart Maritime Ports," in *2022 11th International Symposium on Signal, Image, Video and Communications (ISIVC)*, May 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISIVC54825.2022.9800728.
- [16] C. Jahn and N. Nellen, "Smart Port Concept: Strategic Development, Best Practices, Perspectives of Development," in *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route*, I. Ilin, T. Devezas, and C. Jahn, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 81–93. doi: 10.1007/978-3-030-92291-7_5.
- [17] "Manual de puertos inteligentes: Estrategia y hoja de ruta." <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Manual-de-puertos-inteligentes-Estrategia-y-hoja-de-ruta.pdf> (accessed Jul. 28, 2023).

- [18] B. T. H. Yen, M.-J. Huang, H.-J. Lai, H.-H. Cho, and Y.-L. Huang, "How smart port design influences port efficiency – A DEA-Tobit approach," *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 46, no. 100862, p. 100862, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.rtbm.2022.100862.
- [19] H. P. Nguyen, N. D. K. Pham, and V. D. Bui, "Technical-Environmental Assessment of Energy Management Systems in Smart Ports," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 11, no. 4, pp. 889–901, Nov. 2022, doi: 10.14710/ijred.2022.46300.
- [20] J. Xiao, "Ship dynamic positioning control based on nonlinear fuzzy algorithm for a smart port city," *J. Test. Eval.*, vol. 51, no. 3, p. 20220083, May 2023, doi: 10.1520/jte20220083.
- [21] Y. Wang, W. Feng, J. Wang, and T. Q. S. Quek, "Hybrid Satellite-UAV-Terrestrial Networks for 6G Ubiquitous Coverage: A Maritime Communications Perspective," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 39, no. 11, pp. 3475–3490, Nov. 2021, doi: 10.1109/JSAC.2021.3088692.