

Utilidad de las tecnologías de las industria 4.0 en los smart ports

José D Giraldo¹  Tania Castaño¹  Juanita Gonzáles¹  Valeria López¹  Paula Velásquez¹ 
Johnny Tamayo² 

¹Universidad Católica Luis Amigo (University institution), International Business, Manizales, Colombia,

²Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

Abstract

Los Smart Ports (Puertos Inteligentes) se enfocan en desarrollar procesos más competitivos bajo criterios de costos, tiempos e información alrededor de toda la cadena de suministro con ayuda de las tecnologías pertenecientes a la industria 4.0. La presente investigación, tiene como objetivo analizar el uso de tecnologías emergentes empleadas en Smart Ports mediante consultas de análisis bibliométrico y revisión de literatura de la base de datos Scopus, donde se categorizaron por temáticas comunes. Se concluye el auge y desarrollo de la adopción de tecnologías emergentes en los puertos, principalmente el Internet de las Cosas (IoT), Big Data, Blockchain e Inteligencia Artificial; estas tecnologías han ayudado a que los procesos logísticos portuarios sean seguros y eficientes. También se identifica un énfasis por aportar a procesos de sostenibilidad ambiental, garantizando mediante tecnologías acciones de mejora en las terminales portuarias. Los principales ejemplos que están utilizando tecnologías de industria 4.0 en puertos se ubican en Shanghai, Huanghua, Rotterdam, Hamburgo, Barcelona, Salerno, Rávena, Vancouver y los Ángeles.

Palabras clave: Puertos inteligentes, Internet de las cosas, industria 4.0, Cadena de suministro.

¿Cómo citar?

Giraldo, J.D., Castaño, T., Gonzáles, J., López, V., Velásquez, P., Tamayo, J. Usefulness of industry 4.0 technologies in smart ports. Ingeniería y Competitividad, 2024, 26(1) e-30212814

<https://doi.org/10.25100/iyc.v26i1.12814>

Recibido: 08-18-23

Aceptado: 01-20-2024

Correspondencia:

jose.giraldoas@amigo.edu.co

Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual4.0.



Conflicto de intereses: ninguno declarado

OPEN  ACCESS

¿Por qué se llevó a cabo?

El foco principal de la investigación radica en el auge y desarrollo de la adopción de tecnologías emergentes en los puertos, con especial énfasis en tecnologías como Internet de las Cosas, Big Data, Blockchain e Inteligencia Artificial. Estas tecnologías han demostrado ser fundamentales para mejorar la seguridad y la eficiencia de los procesos logísticos portuarios, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental en las terminales portuarias. El artículo se realizó para explorar cómo las tecnologías de la Industria 4.0 están transformando los Puertos Inteligentes, brindando beneficios en términos de competitividad, eficiencia, sostenibilidad y seguridad en la cadena de suministro marítima.

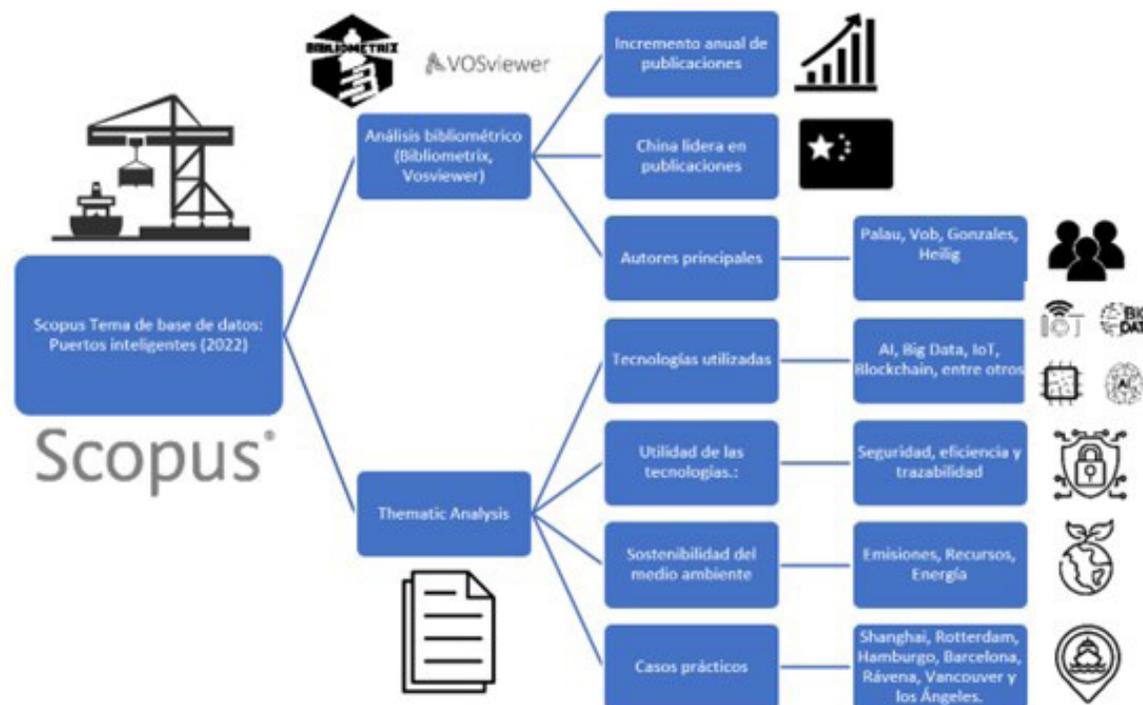
¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Los principales hallazgos obtenidos en el artículo de investigación sobre Puertos Inteligentes y tecnologías de la Industria 4.0 incluyen tendencias clave como la sostenibilidad portuaria, la gestión de la cadena de suministro y la adopción de tecnologías emergentes, destacando la relevancia dinámica, global y la naturaleza interdisciplinaria de la investigación sobre Puertos Inteligentes. Además, se subraya el papel crucial de la tecnología para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones portuarias, especialmente mediante la implementación de principios de logística 4.0 y tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT). A pesar de las perspectivas prometedoras, desafíos como las vulnerabilidades de la ciberseguridad requieren estrategias integrales de gestión de riesgos. La integración de prácticas y tecnologías sostenibles surge como un imperativo crítico, no solo para optimizar las operaciones portuarias sino también para mitigar los impactos ambientales y beneficiar a las comunidades circundantes. Las terminales portuarias líderes a nivel mundial en este campo incluyen Shanghai, Rotterdam y Hamburgo, que han adoptado tecnologías inteligentes para mejorar la automatización, la sostenibilidad y la eficiencia operativa.

¿Qué aportan estos resultados?

Los resultados del artículo sobre Puertos Inteligentes y tecnologías de la Industria 4.0 brindan una visión integral de la investigación actual en el campo, identificando tendencias, áreas clave y tecnologías utilizadas en la industria marítima, contribuyendo al avance del conocimiento en logística portuaria y tecnologías emergentes. Además, sirven como guía para la toma de decisiones estratégicas tanto para empresas como entidades gubernamentales que buscan implementar estas tecnologías, destacando su potencial para impulsar la innovación tecnológica y promover prácticas más sostenibles en la industria marítima, que podrían mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los puertos. operaciones.

Graphical Abstract



Introducción

El transporte marítimo comprende más del 80 % de la movilidad de mercancías a nivel mundial, generando colateralmente un aumento del tráfico en las operaciones portuarias con la respectiva emisión de gases de efecto invernadero, contaminación y aumento en los riesgos de la cadena logística (1,2). El crecimiento de los países está impulsado por el fortalecimiento portuario, donde se articula la infraestructura, el espacio y el comercio dentro de las dinámicas de las cadenas de suministro. La cuarta revolución industrial presenta la aplicación y adopción de tecnologías emergentes en diversos campos con el fin de optimizar procesos que involucren espacios físicos y digitales para lograr ventajas y operaciones óptimas hacia el consumidor final, siendo los puertos el principal foco de innovación de servicios con valor agregado (3,4).

El avance de la digitalización de la información logística se ha convertido en la garantía para promover la calidad de los servicios portuarios, la competitividad y las soluciones de optimización de procesos; de ahí la expresión "puerto inteligente" que surge en los años 80 con el desarrollo de un puerto chino donde se presentan avances en sistemas de información, intercambio electrónico de datos y rápida evolución de la economía orientada a promover la eficiencia y calidad de los servicios portuarios (5). La nueva era digital direcciona a los países a ser líderes en crecimiento e innovación con interconexión puerto/ciudad que generan entornos competitivos (6,7). En relación, los puertos se han convertido en sistemas reales de diseño que ayudan a identificar y evaluar recursos que brindan servicios operacionales de calidad capaces de prevenir retrasos, congestión y originar reducción de costos y tiempos en las cadenas de suministro (8,9).

La importancia de las zonas portuarias es generar alternativas de optimización y hacer frente a la presión del cambio climático (2). Por lo tanto, la sostenibilidad es indispensable en la medida en que las operaciones tengan sentido ecológico y sean eficientes energéticamente (10,11). Simultáneamente, se ha permitido el impulso de la distribución y flujo de datos más seguro, menores tiempos y monitoreo en tiempo real (12), sin omitir que la utilización de tecnologías favorece la protección al medio ambiente y la reducción de impactos negativos al ecosistema (13,14).

El proceso de emplear tecnologías emergentes responde a desafíos y factores influyentes como la gobernanza, las personas, la información y los nodos de la cadena de suministro; los cuales están inmersos en la evolución de las terminales portuarias que catalizan el comercio mundial (13,15). Dentro de la aplicación de estas tecnologías en los puertos inteligentes (smart ports en inglés), se resalta el Internet de las cosas (IoT) que detecta, comunica e influye en la ciberseguridad. Ahora bien, el IoT mediante el Big Data genera un flujo de información que respalda y monitorea sistemas portuarios que apoyan la competitividad y son base para la aplicación de otras tecnologías como los sensores, computación en la Nube, RFID, inteligencia artificial, gemelos digitales, blockchain, entre otras (1,16).

Los puertos están en la obligación de adaptarse a las nuevas necesidades de la población, integrar tecnologías y hacer los procesos automatizados y dinámicos en los eslabones de la cadena de suministro (17). No obstante, la acogida de las nuevas tendencias requiere de inversión y espacios de adecuación para la industria marítima, siendo ésta el principal desarrollo e integración económica y crecimiento de un país (16).

En esta investigación como casos prácticos, mediante el proceso de revisión de literatura se encontraron estudios en los puertos de Shanghái (China), Hamburgo (Alemania), Barcelona (España), Rotterdam (Países Bajos), Salerno (Italia), Los Ángeles (Estados Unidos), entre otros, los cuales han demostrado el mejoramiento de sus procesos dentro de los terminales aplicando tecnología 5G y sensores para visibilizar información en tiempo real, identificar posibles cuellos de botella y ubicación de las maquinarias y equipos utilizados para maniobras en puertos (18). Por lo tanto, el objetivo fue analizar el uso de las tecnologías empleadas en



puertos inteligentes mediante una revisión de literatura que aborda este campo y que se han publicado en la base de datos Scopus mediante un enfoque cualitativo y exploratorio para identificar temáticas comunes son abordadas en las publicaciones. El estudio comprende la siguiente estructura: introducción, metodología, análisis bibliométrico, resultados y discusión, conclusión y referencias.

Metodología

La metodología empleada tiene como orientación lo planteado por (19) para desarrollar una revisión de literatura, en un estudio exploratorio sobre una temática en auge y bajo un enfoque cualitativo. Las fases desarrolladas se describen a continuación:

Determinación del objetivo: surge del interés de los investigadores por desarrollar una temática en auge y de gran atención profesional, dentro del marco de la industria 4.0 o cuarta revolución industrial; con una especial motivación por procesos logísticos y de cadena de suministro, determinando que abordar la Logística 4.0, y especialmente su desarrollo en los puertos inteligentes es un objetivo de aporte al campo investigativo y profesional. Se destaca la importancia de identificar las tecnologías predominantes y su utilidad en los procesos de los terminales portuarios y la operación marítima de mercancías.

Consulta de bibliografía: comprende la consulta de la base de datos, que en este caso fue Scopus, para luego definir la estrategia de búsqueda, según criterios específicos de la temática sobre puertos inteligentes, y posteriormente, se definieron criterios de inclusión y exclusión de los artículos a abordar sobre puertos inteligentes. Se destaca que la búsqueda fue en inglés, debido a que es el idioma dominante en esta base de datos y por lo tanto permite consultar un mayor número de publicaciones.

Tabla 1. Criterios de consulta en Scopus

Periodo de tiempo	Todos los años hasta el 2022 (Agosto)
Tipo de documentos	Artículos, documentos de conferencias, libros y capítulos de libros
Tipo de revista	Open Access, Gold Open, Hybrid Gold, Bronze y Green
Ecuación de búsqueda	TITLE-ABS-KEY ("smart ports")
Resultados	172

Fuente: Elaboración propia (2022)

Organización de la información: Inicialmente los criterios de búsqueda se enfocaron principalmente en publicaciones que abordaran directamente la temática sobre Puertos Inteligentes. Por lo tanto en los criterios de inclusión, se seleccionaron publicaciones relacionadas con procesos empresariales, logísticos, administración, estrategia, ingeniería, optimización, sistemas de información, gestión de recursos, tecnología aplicada y toma de decisiones. Por otro lado, se excluyeron las publicaciones sobre temáticas de salud, química, física, astronomía, artes, filosofía y otras áreas distantes, que no son relevantes para esta investigación. En la revisión de literatura para el análisis cualitativo y discusión se terminó abordando 103 publicaciones, que se categorizaron después de la lectura detallada de título, resumen y conclusiones, en enfoques comunes de investigación, respecto a la utilidad de las tecnologías de industria 4.0 en los Puertos Inteligentes.

Redacción del artículo: lectura completa de los artículos seleccionados para realizar el análisis de la utilidad de las tecnologías en los puertos inteligentes en las categorías comunes identificadas realizando posteriormente la discusión y conclusiones.

Análisis bibliométrico

Con la consulta de publicaciones realizada en Scopus hasta el 2022, se realizó un análisis bibliométrico empleando las herramientas Bibliometrix y Vosviewer, para identificar el comportamiento de las publicaciones sobre puertos inteligentes en esta base de datos. Este análisis cuantitativo abarcó aspectos como el volumen de publicaciones, tipos de documentos y principales países, autores, áreas, revistas y tendencias de investigación.

En cuanto al volumen de publicaciones desde el primer estudio en Scopus en 2012 hasta el año límite de 2022, destaca significativamente la concentración de actividad en el último año, representando un 28.71 % del total. Le sigue el año 2021 con un aporte del 24.88 %, mientras que el año 2020 presenta el 14.83 %. Asimismo, en 2019 se observa una contribución del 11.48 %. Estos porcentajes reflejan el acumulado de las publicaciones sobre puertos inteligentes durante los últimos cuatro años, ascendiendo a un total del 79.9 %. Este dato subraya la contemporaneidad del tema en la comunidad de investigadores y su creciente interés año tras año, evidenciando el dinamismo y la relevancia sostenida de este campo de estudio. En un análisis bibliométrico por áreas, se identifica que Ingeniería (21,3 %), Ciencias de la computación (20,2 %), Ciencias Sociales (11, 3 %), Ciencias de la decisiones (8,1 %) y Matemáticas (7,7 %). Lo anterior evidencia que es un campo multidisciplinario y la importancia de enfoques integrados en la comprensión y desarrollo de los puertos inteligentes.

El análisis de la distribución de tipos de publicaciones sobre puertos inteligentes revela que los Conference Papers y los Articles constituyen las dos categorías más predominantes, representando un notable 47.37 % y 42.11 % respectivamente del total de publicaciones. Estos resultados indican un enfoque en la presentación de investigaciones y hallazgos a través de conferencias, así como una marcada presencia de artículos científicos en la literatura académica sobre este tema. En cuanto al origen de las publicaciones se destaca la contribución de China, liderando con un 23.44 % del total de documentos. España e Italia también presentan seguidamente su participación con un 12.92 % y un 11.96 % respectivamente. Le siguen en su orden Alemania, Estados Unidos, Grecia y el Reino Unido que comparten una contribución similar, cada uno aportando alrededor del 6.70 % al 5.74 %. Este panorama refleja la relevancia global del tema y la identificación de los países donde se encuentran los puertos que contemplan las nuevas tecnologías emergentes.

En lo que se refiere al aporte de autores, el análisis bibliométrico sobre puertos inteligentes destaca a los cinco principales colaboradores que lideran en términos de porcentaje de publicaciones. En primer lugar, C.E. Palau (h-index 19) sobresale con un 7.61 %, seguido por S. Voß (h-index 46) con 6.52 %, N. González-Cancelas (h-index 10) con 5.43 %, L. Heilig (h-index 15) con 5.43 %, e I. Lacalle (h-index 5) con 5.43 %. Por lo tanto, la suma porcentual de los cinco primeros autores es aproximadamente 30.42 %. Su destacada presencia sugiere un impacto significativo en la investigación actual y señala posibles líderes de opinión en la comunidad científica que contribuyen de manera sustancial al avance de este tema emergente.

Las publicaciones que se presentan como documentos de conferencia sobre puertos inteligentes ofrecen una visión de los avances recientes, donde se destaca la serie "Lecture Notes In Computer Science" con 11 resultados, evidenciando la importancia de conferencias en ciencias de la computación e inteligencia artificial. La conferencia "ICTIS 2021" contribuye con 5 resultados en información y seguridad en el transporte. "Proceedings Of SPIE" y "IFIP Advances" comparten el tercer lugar con 4 resultados cada una, destacando conferencias en ingeniería óptica y tecnologías de la información. "IEEE Access" destaca con 3 resultados, subrayando su relevancia en ingeniería eléctrica y electrónica aplicada a puertos inteligentes. En cuanto a las publicaciones de artículos en revistas indexadas se revela una diversidad temática y disciplinaria. La revista Journal Of Physics Conference Series (h-index 91) encabeza la lista con 7 resultados, destacando su enfoque en la física aplicada a puertos. Sustainability

Switzerland (h-index 136, SJR Q1) sigue de cerca con 6 resultados, subrayando la importancia de la sostenibilidad en el contexto portuario. La revista Journal Of Marine Science And Engineering (h-index 39, SJR Q2) contribuye con 4 resultados, enfocándose en aspectos científicos e ingenieriles relacionados con puertos. Transport Policy (h-index 113, SJR Q1) y Maritime Policy And Management (h-index 67, SJR Q1) comparten el tercer lugar con 3 resultados cada una, indicando la relevancia de estas revistas en la discusión de políticas y gestión en el ámbito del transporte marítimo y puertos.

En lo que respecta a las tendencias de investigación más prominentes en el ámbito de los puertos inteligentes de acuerdo al análisis bibliométrico (análisis de coocurrencias de palabras clave), se destacan tres enfoques principales que reflejan el énfasis de las publicaciones. En primer lugar, la sostenibilidad portuaria surge como una temática crucial, abordando no solo las consideraciones ambientales, sino también la eficiencia energética y las estrategias para una toma de decisiones efectiva en la gestión de recursos portuarios. Este enfoque no solo responde a las demandas de una creciente conciencia ambiental, sino que también reconoce la importancia de optimizar los recursos y minimizar los impactos negativos. En segundo lugar, se observa una tendencia hacia la articulación de los puertos en la gestión de la cadena de suministro. Este enfoque implica la integración estratégica de la gestión de información, la evaluación y gestión de riesgos, así como la optimización de las operaciones de contenedores. Este enfoque refleja la creciente interconexión de las diferentes etapas de la cadena de suministro y la necesidad de una gestión eficiente y coordinada para mejorar la agilidad y la capacidad de respuesta de todo el sistema.

Finalmente, la tercera tendencia clave radica en la adopción de tecnologías emergentes, como el Internet de las cosas, el Big Data, la Inteligencia Artificial y los procesos de digitalización portuaria. Este enfoque constituye el énfasis central de este artículo, ya que se explorará a fondo la utilidad y el impacto de estas tecnologías de la industria 4.0 en la transformación y optimización de los puertos inteligentes.

Resultados y discusión

En la presente investigación, después de realizar una lectura de los artículos seleccionados, se identificó como eje principal la aplicación de las tecnologías en los puertos inteligentes, enfatizando en sus utilidades y beneficios; para luego ahondar en categorías particulares o enfoques donde se representan estas utilidades dentro del marco de la cuarta revolución industrial empleada en la logística 4.0. Por lo tanto, a continuación se presenta la discusión de los cuatro enfoques temáticos comunes identificados a partir de las publicaciones sobre Puertos inteligentes: tecnologías empleadas, utilidad de estas tecnologías, la importancia de la sostenibilidad y los estudios de caso desarrollados.

Tecnologías empleadas en los puertos inteligentes

La industria marítima es una gran impulsora de crecimiento y desarrollo económico, siendo el medio más utilizado de traslado de mercancías a nivel mundial (1). Juega un papel decisivo en aspectos de costos, tiempos de entrega, confiabilidad e impacto ambiental en las operaciones (20). Actualmente el internet de las cosas revoluciona y brinda solución a los desafíos de operabilidad en los puertos, que incluye sensores y sistemas integrados al internet, conformando una estructura y base de un puerto inteligente (21). Según Kamolov y Park (22) el nuevo mérito de los barcos inteligentes se centra en controlar datos y tener comunicación con zonas portuarias, esta transición se realiza mediante la aplicación de sensores y redes que junto al Big Data, la Inteligencia Artificial, entre otros, representan la adopción de la industria 4.0.

Seguidamente, el comercio internacional es el motor central de toda la globalización económica (23). Vinculado a esto, la construcción y/o adaptación de terminales portuarias automatizadas está en ascenso y la propuesta de puertos inteligentes plantea requisitos para

la planificación de operaciones y mejora de las capacidades de integración de sistemas (24). Se destaca que, las estructuras y el alcance de la aplicación de plataformas digitales respaldan y ayudan a promover el sector de operatividad comercial y tecnología autónoma en los buques (25). Es por esto, que el intercambio de información en tiempo real es importante para coordinar de manera eficiente actores y movimientos de contenedores en las terminales (26). Ahora bien, se debe de entender y visualizar a los puertos como una amplia red de actores (27). Especialmente, la industria portuaria tiene un impacto en la productividad, dando valor agregado a las actividades logísticas (28). Estas zonas están en la búsqueda de una quinta generación donde los estudios a los puertos inteligentes son gracias a esta relación de tecnologías emergentes (29).

Por otro lado, la industria 4.0 en el contexto actual genera desarrollo e innovación entre puertos y ciudades, transformando los procesos y haciendo que estos sean más eficientes, seguros y sostenibles (30). Los puertos inteligentes están en la capacidad de dar respuesta a los desafíos actuales y futuros en la logística (31). Se destaca, que el reto estratégico en los puertos de Hamburgo y Rotterdam permite articular tecnologías como el Big Data, la Inteligencia Artificial entre otras, para obtener flujo de información y que los procesos mejoren su competitividad e inversión (16). No obstante, al sustituir los puertos tradicionales hacia los inteligentes se considera que la aplicación de estas tecnologías en este campo no es fácil (32).

La estandarización de los servicios TIC en los puertos del futuro se asocian a los buques y navegación marítima, logística intermodal, transporte de pasajeros y la sostenibilidad ambiental (4). La eficiencia es la palabra clave de la logística, a su vez la construcción, infraestructura e integración permite el buen funcionamiento en las zonas portuarias (6). La Inteligencia Artificial impulsa el panorama de servicios portuarios tradicionales que se utilizan actualmente (33). Igualmente, los puertos son entornos complejos, dinámicos y de labores diarias, es por esto que mediante procesos y modelos computacionales la Inteligencia Artificial conlleva a que se tenga un refuerzo y se resalta la importancia de un gran volumen de datos para determinar y optimizar procesos que conlleven a la productividad del sector (34)

El IoT permite monitorear y dirigir equipos de transporte para carga y de almacenaje conllevando a que los puertos del futuro involucren sensores y escenarios de comunicación de datos donde se dé la interoperabilidad en la que los proveedores interfieran y prioricen entregas oportunas (35). Según (36) existe la necesidad de diseñar un puerto inteligente basado en la ubicación, en especial porque se optimiza el tiempo, reconociendo con precisión dónde se pueden encontrar los contenedores y equipos móviles mediante sistemas de localización en tiempo real. De igual manera, se reconoce que el IoT está tomando mayor velocidad y madurez en el logro de optimización y conectividad hacia la fluidez en los procesos portuarios (37).

Se plantea que ninguna tecnología funciona de manera aislada, en el caso del Blockchain con el aumento de volúmenes de carga y la demanda en la optimización de procesos logísticos los puertos deben ser más competitivos; la relación entre ambas tecnologías automatiza procesos de carga, recopilación de datos, reducción de tiempos, donde la instalación de sensores transmiten todo a un sistema en tiempo real (38). Estos cuando se integran adecuadamente permiten el control y generan un impacto positivo en las operaciones logísticas y gestión de los puertos en la actualidad (39). Los puertos marítimos son los nodos en la secuencia de la logística, donde tienen relación con la integración, consolidación y digitalización de la misma (40); es por esto que la tecnología Blockchain soluciona problemas como aspectos de carga, manejo deficiente de datos, no obstante al implementar esta tecnología se requiere demanda financiera para adquisición de mantenimiento, por eso la combinación del IoT y el blockchain resulta viable para los puertos pequeños que están en el proceso de alcanzar un potencial tecnológico en sus procesos (41).

Por otra parte, la recopilación de diversa información como el Big Data y los sistemas de información geográfica facilitan la localización de mercancías en tiempo real (42) además la articulación de software interesa en la relación de puerto - ciudad como escenario confiable para llevar a cabo operaciones de comercio exterior (7); destacando los grandes avances en las telecomunicaciones que dan lugar a que se presten servicios inteligentes en toda la cadena de suministro (43) ya que la demanda de transporte marítimo a nivel mundial permite que las tecnologías basadas en algoritmos gestionen eficazmente la movilidad de las motonaves (44).

Del mismo modo, el Big Data permite implementar redes de sensores que junto al internet de las cosas forman la infraestructura de procesamiento y almacenamiento de datos (45). Estos datos permiten tomar mejores decisiones en las operaciones de planificación portuaria (46). De este modo, dicha tecnología se aplica para la construcción de modelos de servicios en la cadena de suministro estableciendo un beneficio mutuo, mediante la coordinación y flujo de información (47). Se destaca además la tecnología de Gemelos Digitales donde permite representar las cosas en un mundo real, capaz de predecir riesgos e integrar el transporte y la operación en las cadenas de suministro relacionada a los puertos inteligentes (18). De este modo, se diversifica la solución de diferentes sistemas y operaciones en una red integrada e inteligente de la cadena logística (48).

A través de redes inalámbricas 5G se realizan mediciones para optimizar procesos, en el caso de redes de sensores y actuadores inteligentes son de gran utilidad en los puertos, ya que monitorean la ubicación y retiro de contenedores desde procesos de carga y descarga, tales como, la automatización de máquinas como las grúas (49). Esta tecnología es una red de soporte de muchos sistemas que brinda beneficios a las industrias gracias a su amplia gama de soporte a los dispositivos interconectados masivamente (50). Los temas portuarios no solo enfrentan oportunidades, sino además problemas y obstáculos a causa de los ciberataques que limitan el crecimiento de estas importantes zonas (51). Los puertos son soportes claves dentro de la cadena de valor de la logística, es por esto que es esencial evaluar y evitar interrupciones informáticas en las operaciones que involucren riesgos (52). La ciberseguridad es uno de los mayores desafíos de dicha industria, donde la gestión de contenedores y el hackeo de sistemas conllevan a ocultar procesos tan fundamentales como los de inspección (53). En la actualidad, se involucra diferentes tecnologías de información que permiten la conectividad hacia la nueva era de la automatización (54), donde se requiere de la instauración de nuevas prácticas de seguridad digitales hacia la mejora continua de los puertos del futuro (55).

Utilidad de las tecnologías emergentes en los puertos inteligentes

En la actualidad las terminales portuarias más grandes del mundo están generando estrategias acordes a las necesidades que se presentan a diario en los procesos logísticos con el fin de realizar análisis adecuados en la cadena de suministro y generar mejoras constantes e innovación en el desarrollo de las actividades portuarias (6). Es importante destacar que la principal utilidad de las tecnologías emergentes es garantizar que la información sea distribuida de una forma eficiente, así como gestionar los riesgos cibernéticos existentes, reducir costos en la cadena de suministro, minimizar tiempos en los procesos, aminorar los efectos ambientales y sobre todo, generar herramientas confiables que permitan impulsar las labores portuarias de una forma rápida y eficaz (52).

Cabe señalar que la utilización de las diversas tecnologías emergentes han evolucionado en los últimos años, por consiguiente la proporción de una alta optimización de procesos de envío, actualización y control de los tiempos de navegación, eficiencia del transporte y disminución de los costos de almacenamiento de las mercancías; esto hace que la conexión y comunicación entre las áreas portuarias sea más fluida y confiable (52,56). Por lo tanto la inmersión de estas, garantiza un progreso portuario basado en servicios de calidad y apoyo marítimo que genere tácticas para prevenir retrasos, congestión portuaria y reducción de tiempos de espera en arribo de buques (14,52,56).

Siendo más específicos, los puertos son una base fundamental en la economía de los países, por esto las terminales portuarias deben mantener un nivel de competitividad alto (57), con el propósito de brindar confianza y evolución continua en los procesos de exportación e importación, mejorar los canales de acceso y su infraestructura por medio de la introducción de tecnologías (6). Por lo tanto, la conexión entre las compañías, las ciudades y los puertos ha garantizado un contacto más amplio y flexible en virtud de la adaptación de vías tecnológicas entre los mismos (58). Por consiguiente, la transformación de los puertos de papel y digitalizados han adquirido valor agregado en cuanto al avance de las tecnologías, esto permite que surjan en el ámbito global, puesto que ya no es solo una comunicación al interior del puerto sino un enlace constante entre puertos, ciudades y terminales integrados en la cadena de suministro de forma general (59).

El uso adecuado de las tecnologías permitirá brindar mayor seguridad en los procesos de la cadena de suministro, ya que por medio de la implementación de éstas se podrán prevenir ataques cibernéticos que pueden propagarse y generar riesgos mayores, de modo que se logre erradicar con el buen manejo de los sistemas tecnológicos que han avanzado a lo largo del tiempo (52). Gracias a esto, se ha posibilitado la eliminación de errores manuales en los procesos logísticos, el aumento de la eficiencia en cuanto a recopilación de datos y ha garantizado una estabilidad y una transmisión más rápida de la información (59). Otro rasgo importante en la implementación de tecnologías en los puertos inteligentes es la automatización, este es un área de constante cambio, pues ha sido un proceso de innovación en tecnología, la cual hace que los operadores logísticos y puertos fomenten su competitividad, evalúen las posibilidades y avances que trae la incorporación de sistemas tecnológicos (60). Adicionalmente, la automatización agiliza la gestión de actividades simplificando procesos de embarque y desembarque de mercancías, reducción de tiempos, recursos, y desarrollo eficaz de labores (60,61).

Permitir la integración de sistemas de conectividad entre sí, facilita la distribución de datos sin interrupciones y con más rapidez, impulsando procesos de recolección, procesamiento, emisión, intercambio y optimización del tráfico de información con características más seguras, transparentes y confiables (62); más aun la transformación de los datos en tiempo real requiere plataformas digitales basadas en tecnologías eficientes, quienes posibiliten la planificación, entrega y ejecución de soluciones de desplazamiento de información (63). En concreto, el desarrollo de las tecnologías de los datos ha provocado una mejora idónea en la capacidad y rendimiento de las terminales portuarias, esto con el fin de precisar los procesos y aumentar su competitividad (64).

Por otra parte, es importante conocer las variables que hacen parte de los procedimientos portuarios para así tener claro qué tipo de implementación tecnológica se debe utilizar para dar solución a incertidumbres que surgen con el desarrollo de las actividades logísticas (65). A su vez, procurar que se conformen redes que interactúen entre sí y no sean aisladas, de este modo se logra una integración eficaz que puede generar mejores resultados (66). Simultáneamente se debe considerar que al desarrollar alguna tecnología hay que analizar la gestión del riesgo, ya que en estos casos se debe ser muy cuidadoso para no generar sistemas susceptibles a ataques o hackers (67); coordinar esto evidencia una disminución de peligros, un control adecuado, y sobre todo, evita consecuencias en las plataformas de información (68). En adición, la integración de tecnologías permite aumentar la seguridad del traslado de mercancías y almacenamiento de contenedores ampliando la funcionalidad, manejo y monitoreo de estos (69). De igual forma se busca optimizar la distribución de todo tipo de carga sea general o a granel por medio de sistemas de control (70), sin olvidar que por medio de estos se disminuyen los costos y se promueven las oportunidades comerciales (71); así como pretender que con estas utilidades se acorten las brechas existentes en los procesos logísticos (72).

Finalmente, se debe comprender que con el paso del tiempo van surgiendo aspectos como la sostenibilidad que con la integración de tecnologías y la buena utilización de las mismas se puede reducir la emisión de componentes agresivos con el ambiente (73), en este caso no aplica solo para los residuos sino para la contaminación auditiva, ya que este es un factor importante a la hora de laborar, pues con la disminución o erradicación de los sonidos fuertes se puede generar un entorno más agradable y efectivo para la realización de labores portuarias, por ejemplo, la aplicación de modelos de madurez pueden fomentar el desarrollo sostenible, optimización de la información y garantizar actividades más seguras (13).

Importancia de la sostenibilidad en los puertos inteligentes

El avance tecnológico en los puertos ha venido en realce en los últimos años, al igual que el incremento de la búsqueda de la sostenibilidad y el cuidado al medio ambiente, por lo tanto, hablar sobre modelos de gestión encaminados a los puertos inteligentes y sostenibles es esencial en la actualidad, donde es necesario una articulación entre los actores locales, los cuales tienen funciones orientadas a procesos de mejora en las actividades portuarias con objetivos comunes (74).

Con lo anterior y con la implementación de tecnologías no solo se logrará una mayor optimización en las operaciones portuarias, sino que se generará una disminución en las emisiones producidas por estos lugares (75). Por lo tanto, hablar de puertos inteligentes, es hablar de puertos sostenibles, los cuales permitirán aumentar la velocidad de la transferencia de mercancías, acceder al seguimiento de barcos, aumentar la transparencia de las estadísticas, incrementar la calidad y la capacidad de puertos y reducir costos, todo esto, siendo posible desde un contexto ecológico (76), aunque son pocos los estudios que han analizado los terminales portuarios desde una perspectiva sostenible, se puede asegurar que la implementación de ambos ejes, harán que las operaciones marítimas sean más fluidas (77). Por esta razón, los puertos inteligentes o de alto rendimiento están implementando estas tecnologías para así lograr una administración más óptima y eficiente en sus actividades, agregando, que contarán con instalaciones más seguras, y por supuesto, que mitiguen los impactos ambientales (11). Al insertar dichas tecnologías en los puertos se fomentará la seguridad, ecología y una mayor calidad de servicio, todo esto, con el fin de mejorar el uso de energías y las operaciones logísticas (78).

Sin embargo, no se trata solo de los beneficios que tendrán los puertos, sino también para las regiones y países que albergan ecosistemas portuarios ya que son éstas comunidades, las que se ven afectadas directamente por la contaminación, como opción para esta situación, y como se mencionó anteriormente, puede ser el uso de microrredes en los puertos los cuales traen consigo una mejora sustancial vista desde tres aristas: sus operaciones, el medio ambiente y la energía, contextos que se han convertido en ejes esenciales en los procesos portuarios (79). Por dicha razón, proponer un marco para analizar y evaluar iniciativas de sostenibilidad para operaciones de terminales en el sector marítimo es algo que en la actualidad los puertos deben desarrollar (80).

Ahora bien, un eje muy importante que los puertos inteligentes y verdes deben de tener en cuenta, son las emisiones de energía, debido a que la iluminación supera el 70 % de la demanda energética de un puerto en la mayoría de los casos (81), como opción a dicha problemática, se tiene a los generadores de energía renovable y dispositivos de almacenamiento de energía instalados a bordo de embarcaciones, lograrán una transformación en el contexto portuario, ya que, al adquirir una mayor implementación de las energías renovables se conseguiría ampliar la red de almacenamiento, y no solo esto, incluso se podría hablar de una reducción en los costos monetarios para los propietarios de embarcaciones y administradores de los puertos (82). Igualmente, el generar una base de datos con variables portuarias, clasificadas en económicas, sociales, ambientales e institucionales lograría no solo una mayor fluidez en el puerto sino una mejor evaluación

de los avances obtenidos tanto en materia de automatización como de sostenibilidad (83). Continuando con la línea de energía renovable y microrredes, se conoce que la aplicación de fuentes de energía renovables para los sistemas de distribución de energía está creciendo, este avance trae varias ventajas como la sostenibilidad, confiabilidad energética, fuentes de energías rentables y ecológicas.

Dicha aplicación en sistemas marítimos como las microrredes portuarias mejora notablemente la eficiencia energética y reduce la utilización de combustibles fósiles, que es una grave amenaza para el medio ambiente (2), como otra opción, se tiene el uso de algoritmos de optimización de la energía, basados en la programación dinámica, que no solo puede realizar el control de la temperatura de los contenedores dentro del rango adecuado, reducir el contacto entre los trabajadores y los productos congelados en el proceso de operación de la cadena de frío, garantizar la reducción de la demanda de energía durante el período de alta carga del sistema y resolver el problema de optimización de la operación con la incertidumbre energética del puerto para minimizar los costos (84).

Otro punto a considerar, son las motonaves, al hablar de embarcaciones en el contexto de sostenibilidad cabe mencionar el planchado en frío, el cual, es el procedimiento de suministro de energía eléctrica en tierra a un buque atracado con los motores apagados, esto emerge como una opción amigable para el medio ambiente, con el objetivo de proporcionar energía de una forma ecológica a las motonaves mientras están atracadas en el puerto, para así, evitar o mitigar las altas emisiones de gases de efecto invernadero (85), es importante tener en cuenta esto ya que se estima que la industria del transporte marítimo internacional es responsable de hasta el 5 % de las emisiones mundiales de carbono, esa participación podría ser del 25 % para 2050. De hecho, algunos estudios indican que desde el 2020 la principal fuente de emisión a la atmósfera de ciertos contaminantes se atribuye al sector naviero, superando así a las fuentes terrestres (86).

Los puertos están entre los principales actores contaminantes de la atmósfera, por ende, para poder hablar de un puerto inteligente y sostenible, es indispensable hablar del tratamiento de la contaminación por polvo, la polución del aire y de aguas residuales, al implementar un sistema de control inteligente ecológico que integre funciones de protección ambiental podría lograr un mejoramiento continuo de las decisiones hacia la sustentabilidad del puerto (87). Incluso, la contribución de los puertos inteligentes a la reducción de emisiones a la atmósfera permite adquirir una mayor eficiencia operativa y una vasta ayuda al cuidado ambiental (88). Abordar la sostenibilidad contempla el análisis de las ventajas estratégicas que trae consigo, por esta razón, se recomienda el diseño de un modelo conceptual de un sistema de información basado en indicadores que permitan determinar el estado o grado de sostenibilidad en las actividades operativas críticas de los terminales portuarios, y así, indicar, cuánto han avanzado para convertirse en un puerto ecológico o verde (89) dichos avances pueden lograr que los puertos inteligentes generen beneficios a nivel local, nacional y mundial al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad del aire, crear cadenas de suministro eficientes y entornos de trabajo más seguros (90).

A consecuencia de esto el transporte de mercancías, cada vez incrementa más, de hecho, la logística marítima juega un papel fundamental en la economía mundial, ya que más del 80 % del tráfico de mercancías se transporta por mar (91). Por tal motivo, se debe hablar de conceptos como la globalización de los contenedores ya que estos conducen a una gran demanda de electricidad en las terminales, la cual es muy dinámica y depende de los diferentes procesos de operación (92); esto está sujeto al alto requerimiento de energía y una proporción considerable de emisiones, a la par, también se está impulsando la conciencia de un medio ambiente más limpio, por dicha razón, es indispensable que los puertos adopten regulaciones y responsabilidades encaminadas a la implementación de puertos verdes (93), para así mejorar no solo sus actividades portuarias, sino explotar la utilidad que le da las tecnologías tanto en sus operaciones como en el cuidado al medio ambiente.

Estudios y casos empíricos en los puertos inteligentes

Con base en lo anterior, se puede destacar que para los puertos inteligentes el uso de las tecnologías es indispensable para su optimización de procesos en la cadena de suministro y en efecto la gestión de información, para que estos logren una interconexión de datos y tecnologías efectiva. Por consiguiente, se mencionan a continuación aspectos de la utilidad de tecnologías en puertos inteligentes alrededor del mundo.

Las tecnologías en el contexto contemporáneo modifican constantemente la industria marítima de manera significativa, transformando la forma en que operan los puertos en el sistema de transporte internacional. Seguidamente, para denominar un puerto como "inteligente" se requiere ser muy competitivo en el mercado y con la ayuda de la globalización mejorar su productividad (94). Inicialmente, se destaca que los puertos de Shanghái, Rotterdam y Hamburgo resaltan la planificación del transporte y esto permite lograr un desarrollo coordinado de todos los tipos de traslados de mercancía en conjunto con las actividades de planificación urbana, así como una elección razonable de las medidas más eficaces para el desarrollo del sistema de acarreo; lo anterior, con el fin de mejorar la automatización mediante el uso de la Inteligencia Artificial en procesos que involucren operaciones logísticas y carga de mercancías (6). De hecho, en el puerto de Chile, se propone un sistema de almacén de datos, con un centro de reunión de información y una base de datos multidimensional, que se puede implementar en el modo de procesamiento analítico aprovechando las buenas características que permiten determinar el estado o grado de sostenibilidad en las actividades operativas críticas en el puerto; esto basado en los puertos de Vancouver y Los Ángeles, quienes han puesto en marcha la actividad sostenible (95).

Para hablar de Europa, está el puerto de Salerno en Italia, donde se comprende la dinámica de los puertos marítimos y la creación de cadenas de suministro portuarias competitivas, a través del concepto de sistema de servicio inteligente, destacando en sus actividades la tecnología, la cual hará que la relación entre los actores dentro y fuera del puerto tengan una conexión más estrecha y eficiente (27), donde se le recomienda a los puertos tratar los obstáculos para fomentar la innovación de los servicios portuarios, superar los efectos adversos de los componentes internos y externos, y conseguir la informatización, la automatización y el desarrollo inteligente, para obtener un valor agregado en la cadena de los puertos internacionales (96).

Así mismo, el puerto de Huanghua, China, es uno de los puertos de transporte de carbón más grandes del país, donde se identifica el buen manejo de las prácticas sostenibles impulsadas por tecnologías inteligentes y en esencia, el uso del Internet de las Cosas mejora la competitividad a nivel operativo, energético y medioambiental (97). De igual importancia, en el puerto de Rávena (Italia) se ha implementado una estrategia de gestión para puertos inteligentes que sirven para apoyar los procesos de innovación en la gestión sostenible y segura del puerto uniendo la protección ambiental y el desarrollo del sistema portuario y logístico (98). Igualmente, para el caso del puerto de Tánger Med, Marruecos, se menciona que la transformación digital en correlación con la planificación de flujos y su impacto en la mejora del comercio internacional para abordar el caso de las terminales de contenedores, identifica los procesos y elementos necesarios; al igual que las dificultades de los terminales portuarios (99). Por ende, se dice que el control logístico puede aumentar la calidad apropiándose de las tecnologías informáticas; además, la planificación efectiva se puede lograr de acuerdo con el aspecto estratégico principal de cada puerto en particular (6,97).

De la misma forma, cabe resaltar que en el mar Caribe se encuentra ubicado el puerto Guadalupe que se convertirá en un importante centro logístico de la región en consecuencia de la expansión del canal de Panamá, por lo que busca integrarse a la logística rápida de puerto; gracias a la implementación de tecnologías inteligentes se ha demostrado un desarrollo en el ámbito del transporte marítimo en el Caribe. Por el contrario, es una amenaza

para otros territorios de esta zona y con ello podría impactar en los empleos en la industria naviera en el sector de habla inglesa y afectar el nivel de vida de las personas en la región (100).

Por otro lado, es importante resaltar la importancia e influencia del impacto de la pandemia del coronavirus en el comercio internacional, principalmente en el transporte marítimo y la cadena logística. En Hong Kong ante todo, se analizó que el consumo y traslado de mercancías han generado un efecto en el comercio mundial debido a la pandemia y sobre todo tuvo consecuencias en la red del sector logístico, donde se aumentó la dificultad de contratos de transporte, organización y devolución de contenedores, combinados con las problemáticas tradicionales de la industria portuaria y naviera, generando una crisis a nivel mundial y una ralentización de una normalidad en toda la cadena de suministro (101).

Sin embargo, en Wuhan se evalúa la propuesta de promover la construcción de un puerto inteligente, optimizando el sistema portuario interior, desarrollando el negocio del transporte multimodal del puerto internacional de Wuhan, con la puesta en práctica de tecnologías que pueden mejorar integralmente la eficiencia de las operaciones portuarias, y realizar la modernización de la infraestructura y el equipamiento portuario, la automatización inteligente de la producción y operación portuaria que traerá consigo numerosos beneficios para las operaciones de comercio internacional (98,102). No obstante, los puertos inteligentes deben contar con instalaciones con capacidad suficiente para cargar y/o descargar mercancía de exportación e importación de manera oportuna según como el cliente lo requiera para su máximo rendimiento (103,104). Con esto, se debe implementar un enfoque inteligente efectivo para respaldar y garantizar su validez, por lo que se busca que un puerto cuente con relaciones públicas, innovación, capital humano, inversión, comercio y gobierno que mejoran la competitividad de la economía nacional (17,96).

En general, los puertos inteligentes se centran en construir una plataforma de logística inteligente y una zona de desarrollo de los puertos inteligentes que incitará el desarrollo de construcción digital con el fin de generar la integración de herramientas técnicas de digitalización para lograr mayor confiabilidad y reducir el riesgo de que las fallas se extiendan hacia la caja de conexiones (102). Por tal motivo, se deben implementar una serie de funciones de protección para respaldar cada puerto inteligente y su instrumento asociado (17,96).

Conclusiones

Se llevó a cabo un análisis bibliométrico de las publicaciones en Scopus sobre Puertos Inteligentes hasta 2022, utilizando herramientas como Bibliometrix y Vosviewer. Este estudio cuantitativo abordó diversos aspectos, desde el volumen y tipos de publicaciones hasta destacar países, autores, áreas y tendencias de investigación. Se observó una concentración significativa y creciente de publicaciones hasta el 2022, representando el 28.71% del total, y las áreas predominantes fueron ingeniería y ciencias de la computación. Los Conference Papers y Articles fueron las categorías más prominentes, constituyendo el 47.37% y 42.11% respectivamente. China lideró en la procedencia de publicaciones, seguida por España e Italia. Cinco autores principales representaron aproximadamente el 30.42% de las publicaciones, evidenciando su influencia. Se identificaron tendencias clave, destacando la sostenibilidad portuaria, la gestión de la cadena de suministro y la adopción de tecnologías emergentes. Además, se resaltó la relevancia de series de conferencias como *"Lecture Notes In Computer Science"* y revistas líderes como *"Journal Of Physics Conference Series"*. Este análisis integral subraya la dinámica, relevancia global y naturaleza interdisciplinaria en la investigación sobre Puertos inteligentes.

La investigación destaca la aplicación de tecnologías en puertos inteligentes enfocándose en utilidades y beneficios con especial atención a la logística 4.0. Se discuten enfoques comunes: tecnologías utilizadas, la relevancia de la sostenibilidad y estudios de caso específicos. El

transporte marítimo es fundamental para el crecimiento económico global y en los últimos años está experimentando una transformación significativa gracias a la adopción de tecnologías emergentes. La implementación del Internet de las Cosas en puertos inteligentes se destaca como un catalizador clave para abordar desafíos operativos. La interconexión de sensores, sistemas integrados y tecnologías como el Big Data y la Inteligencia Artificial configuran la base de estos puertos del futuro. El comercio internacional se ve impulsado por la construcción y adaptación de terminales automatizadas, lo que plantea la necesidad de planificación y mejora de la integración de sistemas. Además, la Inteligencia Artificial, blockchain y el IoT están revolucionando la eficiencia y la conectividad en los puertos, optimizando la logística y la gestión de la cadena de suministro. Sin embargo, la transición hacia puertos inteligentes presenta desafíos, especialmente en términos de ciberseguridad, donde la protección contra ciberataques se vuelve crucial para garantizar operaciones seguras y continuas.

Las terminales portuarias líderes a nivel mundial están adoptando estrategias innovadoras para mejorar la eficiencia y la gestión logística. La implementación de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas, está siendo clave para optimizar la distribución de información, gestionar riesgos cibernéticos, reducir costos y tiempos en la cadena de suministro, y minimizar impactos ambientales. La evolución tecnológica ha propiciado una alta optimización de procesos de envío, control de tiempos de navegación, eficiencia del transporte y reducción de costos de almacenamiento. Además, la conexión entre compañías, ciudades y puertos ha mejorado significativamente, contribuyendo a la competitividad de las terminales portuarias. La seguridad en la cadena de suministro se ve reforzada gracias a la prevención de ciberataques y la eliminación de errores manuales, mientras que la automatización agiliza las operaciones y reduce tiempos y recursos. La integración de sistemas de conectividad y el desarrollo de tecnologías de datos han mejorado la capacidad y rendimiento de las terminales portuarias, aumentando su competitividad. Sin embargo, la gestión adecuada del riesgo y la consideración de variables específicas son esenciales para evitar vulnerabilidades en sistemas tecnológicos.

El avance tecnológico en los puertos está estrechamente vinculado con la búsqueda de la sostenibilidad y la protección ambiental. La implementación de modelos de gestión para puertos inteligentes y sostenibles es crucial en la actualidad, requiriendo la colaboración de actores locales en pos de mejoras comunes en las actividades portuarias. La adopción de tecnologías no solo optimiza las operaciones, sino que también reduce las emisiones, destacando la importancia de los puertos inteligentes en la aceleración de la transferencia de mercancías, el seguimiento de barcos, la transparencia estadística, la mejora de la calidad y la capacidad portuaria, y la reducción de costos, todo desde una perspectiva ecológica. La sostenibilidad se convierte en un eje esencial, abordando temas como la eficiencia energética, la aplicación de fuentes de energía renovable, el control de emisiones y la reducción de la contaminación en diversos aspectos. Además, la consideración de variables económicas, sociales, ambientales e institucionales mediante bases de datos contribuye a una evaluación más integral. La implementación de tecnologías sostenibles no solo beneficia a los puertos, sino también a las comunidades circundantes, mitigando impactos negativos y promoviendo prácticas ecológicas.

Por lo tanto la implementación de tecnologías en los puertos inteligentes es esencial para la optimización de procesos en la cadena de suministro y la gestión eficiente de la información. A nivel mundial, diversos puertos destacan por su enfoque innovador y competitivo, como los casos de Shanghái, Rotterdam, Hamburgo, Chile, Salerno, Huanghua, Rávena, Tánger Med, Guadalupe y Wuhan, que han adoptado tecnologías inteligentes para mejorar la automatización, sostenibilidad, eficiencia operativa y la coordinación entre los actores portuarios. La pandemia del coronavirus ha impactado significativamente en el comercio internacional y la cadena logística, evidenciando la importancia de la adaptación tecnológica para afrontar crisis y garantizar la continuidad de las operaciones portuarias. En este contexto,

la construcción de puertos inteligentes se posiciona como una estrategia clave para impulsar el desarrollo económico, la competitividad y la seguridad en el transporte marítimo.

La investigación sobre puertos inteligentes ha identificado diversas líneas de estudio futuras. Además de enfocarse en tecnologías específicas y su utilidad, se destacan áreas adicionales de interés. La ciberseguridad emerge como una prioridad, explorando medidas para proteger la infraestructura tecnológica portuaria. La interconexión y estandarización se presentan como temas fundamentales para facilitar la comunicación entre puertos inteligentes. Asimismo, se aborda el impacto socioeconómico de estas tecnologías, evaluando su influencia en el empleo y el desarrollo local.

Referencias

1. Aslam S, Michaelides MP, Herodotou H. Internet of ships: A survey on architectures, emerging applications, and challenges. *IEEE Internet Things J* [Internet]. 2020 Oct;7(10):9714–27. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9090272/>
2. Sadiq M, Ali SW, Terriche Y, Mutarraf MU, Hassan MA, Hamid K, et al. Future greener seaports: A review of new infrastructure, challenges, and energy efficiency measures. *IEEE Access* [Internet]. 2021;9:75568–87. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9433559/>
3. Othman A, El-gazzar S, Knez M. A framework for adopting a sustainable smart sea port index. *Sustain Sci Pract Policy* [Internet]. 2022 Apr 11;14(8):4551. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/8/4551>
4. Pagano P, Antonelli S, Tardo A. C-Ports: A proposal for a comprehensive standardization and implementation plan of digital services offered by the “Port of the Future.” *Comput Ind* [Internet]. 2022 Jan;134(103556):103556. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166361521001639>
5. Shuo C, Jian W, Ruoxi Z. The Analysis of the Necessity of Constructing the Huizhou “Smart Port” and Overall Framework [Internet]. 2016 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). 2016. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/icitbs.2016.15>
6. Gurzhiy A, Kalyazina S, Maydanova S, Marchenko R. Port and city integration: Transportation aspect. *Transp res procedia* [Internet]. 2021;54:890–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352146521003239>
7. Lacalle I, Belsa A, Vaño R, Palau CE. Framework and Methodology for Establishing Port-City Policies Based on Real-Time Composite Indicators and IoT: A Practical Use-Case. *Sensors* [Internet]. 2020 Jul 24;20(15). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/s20154131>
8. Ferriera MR. An analysis of post-pandemic scenarios and prospects for the shipping industry: perspective from Guadeloupe [Internet]. Vol. 14, *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*. 2022. p. 147–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1108/whatt-12-2021-0153>
9. Lakhmas K, Sedqui PA. Toward a smart port congestion optimizing model [Internet]. 2020 IEEE 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA). 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/logistiqua49782.2020.9353875>
10. Tan KW, Kan M, Tan PJ, Schablinski S. A framework for evaluating energy sustainability efforts for maritime smart port operations. In: 2018 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS) [Internet]. IEEE; 2018. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8549958/>

11. Molavi A, Lim GJ, Race B. A framework for building a smart port and smart port index. *Int J Sustain Transp* [Internet]. 2020 Jul 1;14(9):686–700. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2019.1610919>
12. Yao H, Yang Y, Fu X, Mi C. An Adaptive Sliding-Window Strategy for Outlier Detection in Wireless Sensor Networks for Smart Port Construction [Internet]. Vol. 82, *Journal of Coastal Research*. 2018. p. 245–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.2112/si82-036.1>
13. Boullauazan Y, Sys C, Vanelslander T. Developing and demonstrating a maturity model for smart ports [Internet]. *Maritime Policy & Management*. 2022. p. 1–19. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/03088839.2022.2074161>
14. Ahonen T, Kortelainen H, Rantala A. Towards Digitalized and Automated Work Processes in Port Environments [Internet]. *Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*. 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.5220/0009488005350540>
15. Jia X, Cui Y. Examining interrelationships of barriers in the evolution of maritime port smartification from a systematic perspective. *Transp Policy* [Internet]. 2021 Dec;114:49–58. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X21002699>
16. Castellano R, Fiore U, Musella G, Perla F, Punzo G, Risitano M, et al. Do digital and communication technologies improve smart ports? A fuzzy DEA approach. *IEEE Trans Industr Inform* [Internet]. 2019 Oct;15(10):5674–81. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8758949/>
17. Loukili A, Elhaq SL. A model integrating a smart approach to support the national port strategy for a horizon of 2030. In: *2018 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)* [Internet]. IEEE; 2018. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8428264/>
18. Wang K, Hu Q, Zhou M, Zun Z, Qian X. Multi-aspect applications and development challenges of digital twin-driven management in global smart ports. *Case stud transp policy* [Internet]. 2021 Sep;9(3):1298–312. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213624X21001103>
19. Vera Carrasco O. CÓMO ESCRIBIR ARTÍCULOS DE REVISIÓN. *Rev Méd La Paz* [Internet]. 2009 [cited 2023 Feb 18];15(1):63–9. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-89582009000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
20. Haidine A, Aqqal A, Dahbi A. Communications backbone for environment monitoring applications in smart maritime ports— case study of a Moroccan port. In: *2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)* [Internet]. IEEE; 2021. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9617440/>
21. Yang Y, Zhong M, Yao H, Yu F, Fu X, Postolache O. Internet of things for smart ports: Technologies and challenges. *IEEE Instrum Meas Mag* [Internet]. 2018 Feb;21(1):34–43. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8278808/>
22. Kamolov A, Park S. An IoT-Based Ship Berthing Method Using a Set of Ultrasonic Sensors. *Sensors* [Internet]. 2019 Nov 26;19(23). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/s19235181>
23. Pan N, Ding Y, Fu J, Wang J, Zheng H. Research on ship arrival law based on route matching and deep learning. *J Phys Conf Ser* [Internet]. 2021 Jun 1;1952(2):022023. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1952/2/022023>
24. Yao H, Xue T, Wang D, Qi Y, Su M. Development direction of automated terminal and systematic planning of smart port. In: *2021 IEEE 2nd International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering (ICBAIE)* [Internet]. IEEE; 2021.

Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9389884/>

25. Lee C, Kim Y, Shin Y. Data usage and the legal stability of transactions for the commercial operation of autonomous vessels based on digital ownership in Korean civil law. *Sustain Sci Pract Policy* [Internet]. 2021 Jul 21;13(15):8134. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/15/8134>
26. Heilig L, Lalla-Ruiz E, Voß S. port-IO: an integrative mobile cloud platform for real-time inter-terminal truck routing optimization. *Flex Serv Manuf J* [Internet]. 2017 Dec;29(3-4):504–34. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10696-017-9280-z>
27. Botti A, Monda A, Pellicano M, Torre C. The re-conceptualization of the port supply chain as a smart port service system: The case of the port of Salerno. *Systems* [Internet]. 2017 Apr 23;5(2):35. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-8954/5/2/35>
28. Jun WK, Lee MK, Choi JY. Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis. *Transp Res Part A: Policy Pract* [Internet]. 2018 Dec;118:480–93. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856418304403>
29. Yau KLA, Peng S, Qadir J, Low YC, Ling MH. Towards smart port infrastructures: Enhancing port activities using information and communications technology. *IEEE Access* [Internet]. 2020;8:83387–404. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9079821/>
30. Serra P, Fancello G. Use of ICT for more efficient port operations: The experience of the EASYLOG project. In: *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 3–14. (Lecture notes in computer science). Available from: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-58820-5_1
31. Karas A. Smart port as a key to the future development of modern ports. *TransNav Int J Mar Navig Saf Sea Transp* [Internet]. 2020;14(1):27–31. Available from: http://www.transnav.eu/Article_Smart_Port_as_a_Key_to_the_Future_Kara%C5%9B,53,971.html
32. Kamolov A, Park SH. An IoT based smart berthing (parking) system for vessels and ports. In: *Lecture Notes in Electrical Engineering* [Internet]. Singapore: Springer Singapore; 2019. p. 129–39. (Lecture notes in electrical engineering). Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-981-13-1059-1_13
33. Gizelis CA, Mavroeidakos T, Marinakis A, Litke A, Moulos V. Towards a smart port: The role of the telecom industry. In: *Artificial Intelligence Applications and Innovations AIAI 2020 IFIP WG 125 International Workshops* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 128–39. (IFIP advances in information and communication technology). Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-49190-1_12
34. Rajabi A, Khodadad Saryazdi A, Belfkih A, Duvallet C. Towards Smart Port: An Application of AIS Data. In: *2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)* [Internet]. IEEE; 2018. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8622972/>
35. Fortino G, Savaglio C, Palau CE, de Puga JS, Ganzha M, Paprzycki M, et al. Towards multi-layer interoperability of heterogeneous IoT platforms: The INTER-IoT approach. In: *Internet of Things* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 199–232. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-61300-0_10
36. Cho H, Kim T, Park Y, Baek Y. Enhanced trajectory estimation method for RTLS in port logistics environment. In: *2012 IEEE 14th International Conference on High Performance*

- Computing and Communication & 2012 IEEE 9th International Conference on Embedded Software and Systems [Internet]. IEEE; 2012. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6332363/>
37. Ozturk M, Jaber M, Imran MA. Energy-aware smart connectivity for IoT networks: Enabling smart ports. *Proc Int Wirel Commun Mob Comput Conf* [Internet]. 2018 Jun 28;2018:1–11. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2018/5379326/>
38. Henesey L, Lizneva Y, Philipp R, Meyer C, Gerlitz L. Improved load planning of ro-ro vessels by adopting blockchain and internet-of-things. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Harbor, Maritime and Multimodal Logistic Modeling & Simulation(HMS 2020)* [Internet]. CAL-TEK srl; 2020. Available from: <https://www.cal-tek.eu/proceedings/i3m/2020/hms/009>
39. Bracke V, Sebrechts M, Moons B, Hoebeke J, De Turck F, Volckaert B. Design and evaluation of a scalable Internet of Things backend for smart ports. *Softw Pract Exp* [Internet]. 2021 Jul;51(7):1557–79. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/spe.2973>
40. Maydanova S., Ilin I., Lepekhin A. Capabilities Evaluation In An Enterprise Architecture Context For Digital Transformation Of Seaports Network [Internet]. International Business Information Management Association (IBIMA); 2019 [cited 2023 Feb 18]. Available from: <https://ibima.org/accepted-paper/capabilities-evaluation-in-an-enterprise-architecture-context-for-digital-transformation-of-seaports-network/>
41. Duran CA, Fernandez-Campusano C, Carrasco R, Vargas M, Navarrete A. Boosting the decision-making in smart ports by using blockchain. *IEEE Access* [Internet]. 2021;9:128055–68. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9537750/>
42. Fernández P, Suárez JP, Trujillo A, Domínguez C, Santana JM. 3D-Monitoring Big Geo Data on a seaport infrastructure based on FIWARE. *J Geogr Syst* [Internet]. 2018 Apr;20(2):139–57. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10109-018-0269-2>
43. Ortiz G, Boubeta-Puig J, Criado J, Corral-Plaza D, Garcia-de-Prado A, Medina-Bulo I, et al. A microservice architecture for real-time IoT data processing: A reusable Web of things approach for smart ports. *Comput Stand Interfaces* [Internet]. 2022 Apr;81(103604):103604. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0920548921000994>
44. Chang L, Chen YT, Wang JH, Chang YL. Modified Yolov3 for ship detection with visible and infrared images. *Electronics (Basel)* [Internet]. 2022 Feb 27;11(5):739. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/5/739>
45. Zissis D. Intelligent security on the edge of the cloud. In: *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* [Internet]. IEEE; 2017. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8279999/>
46. Sarabia-Jacome D, Lacalle I, Palau CE, Esteve M. Enabling industrial data space architecture for seaport scenario. In: *2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* [Internet]. IEEE; 2019. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8767216/>
47. Bo Y, Meifang Y. Construction of the knowledge service model of a port supply chain enterprise in a big data environment. *Neural Comput Appl* [Internet]. 2021 Mar;33(5):1699–710. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s00521-020-05044-w>
48. Bo Y, Junqing M. Research on the construction of knowledge service model of port supply chain enterprise in big data environment. *J Phys Conf Ser* [Internet]. 2020 May 1;1550(3):032170. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1550/3/032170>
49. Zhong M, Yang Y, Yao H, Fu X, Dobre OA, Postolache O. 5G and IoT: Towards a new era of

communications and measurements. *IEEE Instrum Meas Mag* [Internet]. 2019 Dec;22(6):18–26. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8917899/>

50. Sohaib RM, Onireti O, Sambo Y, Imran MA. Network slicing for beyond 5G systems: An overview of the smart port use case. *Electronics (Basel)* [Internet]. 2021 May 5;10(9):1090. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/9/1090>

51. Alop A. The main challenges and barriers to the successful “smart shipping.” *TransNav Int J Mar Navig Saf Sea Transp* [Internet]. 2019;13(3):521–8. Available from: http://www.transnav.eu/Article_The_Main_Challenges_and_Barriers_Alop,51,925.html

52. Jacq O, Salazar PG, Parasuraman K, Kuusijarvi J, Gkaniatsou A, Latsa E, et al. The cyber-MAR project: First results and perspectives on the use of hybrid cyber ranges for port cyber risk assessment. In: 2021 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR) [Internet]. IEEE; 2021. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9527968/>

53. de la Peña Zarzuelo I. Cybersecurity in ports and maritime industry: Reasons for raising awareness on this issue. *Transp Policy* [Internet]. 2021 Jan;100:1–4. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X20308945>

54. Silverajan B, Vistiaho P. Enabling cybersecurity incident reporting and coordinated handling for maritime sector. In: 2019 14th Asia Joint Conference on Information Security (AsiaJCIS) [Internet]. IEEE; 2019. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8826949/>

55. Ben Farah MA, Ukwandu E, Hindy H, Brosset D, Bures M, Andonovic I, et al. Cyber security in the maritime industry: A systematic survey of recent advances and future trends. *Information* [Internet]. 2022 Jan 6;13(1):22. Available from: <https://www.mdpi.com/2078-2489/13/1/22>

56. Xiao Y, Chen Z, McNeil L. Digital empowerment for shipping development: a framework for establishing a smart shipping index system. *Marit Policy Manage* [Internet]. 2022 Aug 18;49(6):850–63. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03088839.2021.1894364>

57. Chen J, Xue K, Ye J, Huang T, Tian Y, Hua C, et al. Simplified Neutrosophic Exponential Similarity Measures for Evaluation of Smart Port Development [Internet]. Vol. 11, *Symmetry*. 2019. p. 485. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/sym11040485>

58. Heilig L, Voß S. Port-Centric Information Management in Smart Ports [Internet]. *Ports and Networks*. 2017. p. 236–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.4324/9781315601540-15>

59. Zarzuelo I de la P, de la Peña Zarzuelo I, Soeane MJF, Bermúdez BL. Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review [Internet]. Vol. 20, *Journal of Industrial Information Integration*. 2020. p. 100173. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2020.100173>

60. Yu Q, Ma F. Application of Lion Swarm Optimization in Berth Allocation Problem [Internet]. 2021 6th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS). 2021. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/ictis54573.2021.9798550>

61. Braidotti L, Mazzarino M, Cociancich M, Bucci V. On the Automation of Ports and Logistics Chains in the Adriatic Region [Internet]. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020*. 2020. p. 96–111. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-58820-5_8

62. Jovic M, Kavran N, Aksentijevic S, Tijan E. The Transition of Croatian Seaports into Smart Ports [Internet]. 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). 2019. Available from: <http://dx.doi.org/10.23919/mipro.2019.8757111>



63. Min H. Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0 [Internet]. Vol. 24, *Maritime Economics & Logistics*. 2022. p. 189–207. Available from: <http://dx.doi.org/10.1057/s41278-022-00211-3>
64. Han Y, Li T, Zuo Y, Tian Y, Cao Y, Philip Chen CL. Application of Broad Learning System for Container Number Identification [Internet]. 2018 International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (SPAC). 2018. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/spac46244.2018.8965520>
65. Serrano BM, González-Cancelas N, Soler-Flores F. Bayesian networks: definition of relationship between port variables to planning and management in a sustainability way [Internet]. *Human and Social Sciences at the Common Conference*. 2017. Available from: <http://dx.doi.org/10.18638/hassacc.2017.5.1.232>
66. Serrano BM, González-Cancelas N, Soler-Flores F, Camarero-Orive A. Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks [Internet]. Vol. 67, *Transport Policy*. 2018. p. 57–66. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.013>
67. P.e. YJS, Yorgos J Stephanedes P, Golias M, Dedes G, Douligeris C, Mishra S. Challenges, Risks and Opportunities for Connected Vehicle Services in Smart Cities and Communities [Internet]. Vol. 51, *IFAC-PapersOnLine*. 2019. p. 139–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.01.056>
68. He R, Wan C, Jiang X. Risk management of port operations: A systematic literature review and future directions. In: 2021 6th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) [Internet]. IEEE; 2021. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9798532/>
69. Jakovlev S, Senulis A, Kurmis M, Lukosius Z, Drungilas D. Intelligent Containers Network Concept. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems* [Internet]. SCITEPRESS - Science and Technology Publications; 2018. Available from: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006801305680574>
70. Wang X, Shi H. Research on Intelligent Optimization of Bulk Cargo Terminal Control System [Internet]. Vol. 1601, *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. p. 052044. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1601/5/052044>
71. Imrani OE, El Imrani O. Study to Reduce the Costs of International Trade Operations Through Container Traffic in a Smart Port [Internet]. *Innovations in Smart Cities Applications Volume 4*. 2021. p. 477–88. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-66840-2_36
72. Durán CA, Córdova FM, Palominos F. A conceptual model for a cyber-social-technological-cognitive smart medium-size port [Internet]. Vol. 162, *Procedia Computer Science*. 2019. p. 94–101. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.263>
73. Buiza G, Cepolina S, Dobrijevic A, del Mar Cerban M, Djordjevic O, Gonzalez C. Current situation of the Mediterranean container ports regarding the operational, energy and environment areas [Internet]. 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM). 2015. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/iesm.2015.7380209>
74. Campisi T, Marinello S, Costantini G, Laghi L, Mascia S, Matteucci F, et al. Locally integrated partnership as a tool to implement a Smart Port Management Strategy: The case of the port of Ravenna (Italy) [Internet]. Vol. 224, *Ocean & Coastal Management*. 2022. p. 106179. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106179>

75. Chen J, Huang T, Xie X, Lee P, Hua C. Constructing Governance Framework of a Green and Smart Port [Internet]. Vol. 7, *Journal of Marine Science and Engineering*. 2019. p. 83. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jmse7040083>
76. Sadri E, Harsej F, Hajiaghahi-Keshteli M, Siyahbalaii J. Evaluation of the components of intelligence and greenness in Iranian ports based on network data envelopment analysis (DEA) approach. *J Model Manag* [Internet]. 2022 Aug 22;17(3):1008–27. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JM2-03-2021-0071/full/html>
77. Yang Y, Xue X, Gao Y, Zhang H, Du X. Constructing Sustainable Coastal Ecological Environment: A Hierarchical Structure for Sustainable Smart Ports [Internet]. Vol. 99, *Journal of Coastal Research*. 2020. p. 358. Available from: <http://dx.doi.org/10.2112/si99-049.1>
78. Maglić L, Grbčić A, Maglić L, Gundić A. Application of Smart Technologies in Croatian Marinas [Internet]. Vol. 10, *Transactions on Maritime Science*. 2021. Available from: <http://dx.doi.org/10.7225/toms.v10.n01.014>
79. Molavi A, Shi J, Wu Y, Lim GJ. Enabling smart ports through the integration of microgrids: A two-stage stochastic programming approach [Internet]. Vol. 258, *Applied Energy*. 2020. p. 114022. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114022>
80. Tan KW, Kan M, Tan PJ, Schablinski S. A Framework for Evaluating Energy Sustainability Efforts for Maritime Smart Port Operations [Internet]. 2018 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS). 2018. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/ictss.2018.8549958>
81. Sifakis N, Kalaitzakis K, Tsoutsos T. Integrating a novel smart control system for outdoor lighting infrastructures in ports [Internet]. Vol. 246, *Energy Conversion and Management*. 2021. p. 114684. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114684>
82. Lamberti T, Sorce A, Di Fresco L, Barberis S. Smart port: Exploiting renewable energy and storage potential of moored boats [Internet]. *OCEANS 2015 - Genova*. 2015. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/oceans-genova.2015.7271376>
83. Molina B, Gonzalez N, Soler F. Hacia la sostenibilidad portuaria mediante modelos probabilísticos: redes bayesianas [Internet]. Vol. 70, *Informes de la Construcción*. 2018. p. 244. Available from: <http://dx.doi.org/10.3989/id.54678>
84. Zhang X, Shan Q, Li T, Teng F. Smart Port Energy Management Strategy Considering Cold Chain System [Internet]. 2021 33rd Chinese Control and Decision Conference (CCDC). 2021. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/ccdc52312.2021.9601510>
85. Rolan A, Manteca P, Oktar R, Siano P. Integration of Cold Ironing and Renewable Sources in the Barcelona Smart Port [Internet]. Vol. 55, *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2019. p. 7198–206. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/tia.2019.2910781>
86. Lazaroiu C, Roscia M. Sustainable port through sea wave energy converter [Internet]. 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). 2017. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/icrera.2017.8191103>
87. Zhao D, Wang T, Han H. Approach towards Sustainable and Smart Coal Port Development: The Case of Huanghua Port in China [Internet]. Vol. 12, *Sustainability*. 2020. p. 3924. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/su12093924>
88. Cammin P, Voß S. Towards Smart Maritime Port Emissions Monitoring: A Platform for Enhanced Transparency [Internet]. *The Next Wave of Sociotechnical Design*. 2021. p. 71–6. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-82405-1_9



89. Durán C, Palominos F, Carrasco R, Carrillo E. Influence of Strategic Interrelationships and Decision-Making in Chilean Port Networks on Their Degree of Sustainability [Internet]. Vol. 13, Sustainability. 2021. p. 3959. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/su13073959>
90. Lesniewska F, Ani U, Carr M, Watson J. In the Eye of a Storm: Governance of Emerging Technologies in UK Ports Post Brexit [Internet]. Living in the Internet of Things (IoT 2019). 2019. Available from: <http://dx.doi.org/10.1049/cp.2019.0165>
91. Haidine A, Aqqal A, Dahbi A. Communications Backbone for Environment Monitoring Applications in Smart Maritime Ports— Case Study of a Moroccan Port [Internet]. 2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS). 2021. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/agers53903.2021.9617440>
92. Alikhani P, Tjernberg LB, Astner L, Donnerstal P. Forecasting the Electrical Demand at the Port of Gävle Container Terminal [Internet]. 2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe). 2021. Available from: <http://dx.doi.org/10.1109/isgteurope52324.2021.9640170>
93. Philipp R, Prause G, Olaniyi EO, Lemke F. Towards green and smart seaports: Renewable energy and automation technologies for bulk cargo loading operations. Environ Clim Technol [Internet]. 2021 Jan 1;25(1):650–65. Available from: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/rtuct-2021-0049>
94. Jiang B, Haider J, Li J, Wang Y, Yip TL, Wang Y. Exploring the impact of port-centric information integration on port performance: the case of Qingdao Port. Marit Policy Manage [Internet]. 2021 Nov 28;1–26. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03088839.2021.2007551>
95. Durán C, Palominos F, Carrasco R, Carrillo E. Influence of strategic interrelationships and decision-making in Chilean port networks on their degree of sustainability. Sustain Sci Pract Policy [Internet]. 2021 Apr 2;13(7):3959. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/7/3959>
96. Jiang X, Chen Q, Zhang J, Chen C. A SWOT-AHP method for the selection of strategies of smart port development. In: 2021 6th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) [Internet]. IEEE; 2021. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9798649/>
97. Zhao D, Wang T, Han H. Approach towards sustainable and smart coal port development: The case of Huanghua Port in China. Sustain Sci Pract Policy [Internet]. 2020 May 11;12(9):3924. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3924>
98. Campisi T, Marinello S, Costantini G, Laghi L, Mascia S, Matteucci F, et al. Locally integrated partnership as a tool to implement a Smart Port Management Strategy: The case of the port of Ravenna (Italy). Ocean Coast Manag [Internet]. 2022 Jun;224(106179):106179. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964569122001545>
99. El Imrani O. Study to reduce the costs of international trade operations through container traffic in a smart port. In: Innovations in Smart Cities Applications Volume 4 [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2021. p. 477–88. (Lecture notes in networks and systems). Available from: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-66840-2_36
100. Ferreira MR. An analysis of post-pandemic scenarios and prospects for the shipping industry: perspective from Guadeloupe. Worldw Hosp Tour Themes [Internet]. 2022 Mar 22;14(2):147–55. Available from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/WHATT-12-2021-0153/full/html>



101. Yong-feng Z, Jian-wei G, Ming YIN. Influences and response measures of COVID-19 epidemic on shipping and port industry in China. *jtysgcxb* [Internet]. 2020 Jun 25 [cited 2022 Sep 13];20(3):159–67. Available from: <http://transport.chd.edu.cn/en/article/doi/10.19818/j.cnki.1671-1637.2020.03.015?viewType=HTML>
102. Cheng Y. Analysis of Wuhan international port's competitiveness and construction of smart port. In: Ye X, Falcone F, Cui H, editors. 2nd International Conference on Internet of Things and Smart City (IoTSC 2022) [Internet]. SPIE; 2022. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12249/2637039/Analysis-of-Wuhan-international-ports-competitiveness-and-construction-of-smart/10.1117/12.2637039.full>
103. Cheng Y. Analysis of Wuhan international port's competitiveness and construction of smart port. In: Ye X, Falcone F, Cui H, editors. 2nd International Conference on Internet of Things and Smart City (IoTSC 2022) [Internet]. SPIE; 2022. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12249/2637039/Analysis-of-Wuhan-international-ports-competitiveness-and-construction-of-smart/10.1117/12.2637039.full>
104. An Y, Park N. Economic analysis for investment of public sector's automated container terminal: Korean case study. *J Mar Sci Eng* [Internet]. 2021 Apr 23;9(5):459. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-1312/9/5/459>