

A systematic review of the impact of smart ports in relation to SDG 9 in the period 2015 - 2023

Leslie Antoane Torres Veliz, Bachiller¹, Liliana Zareli Calderon Fernandez, Bachiller², Gabriela Urteaga Condori, Bachiller³, Lia Harumi Gala Shinzato, Bachiller⁴, Pierre Alexis Quispe Fernandez, Bachiller⁵, Edwing Mishael Vasquez Holgado, Bachiller⁶, and Jimmy Elías Sánchez Gómez, Magister en Administración y Dirección de Empresa⁷

¹⁻⁷Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201818881@upc.edu.pe, U20181B056@upc.edu.pe, U201817131@upc.edu.pe, U201817962@upc.edu.pe, U201914807@upc.edu.pe, Pcanevas@upc.edu.pe and Pcanjsan@upc.edu.pe

Abstract- In recent years, the need for innovative and sustainable infrastructures has increased in order to comply with the 2030 Agenda for Sustainable Development. In that sense, due to the large flow of goods worldwide and the impact produced by foreign trade operations, smart ports have positioned themselves as one of the catalysts of development and economic growth of multiple countries, as they support trade flows and an ecosystem of related activities. In addition, the digitization of ports produces a huge amount of information that makes them more profitable, efficient and sustainable. As such, smart ports, through the implementation of technologies such as the Internet of Things, blockchain and artificial intelligence, manage to improve the efficiency of port operations. In this regard, this research aims to determine the current research results of the development of smart ports for the achievement of SDG9 globally for the period 2015-2023. The methodology is the systematic review and will be developed under a qualitative and bibliographic approach, for which academic repositories such as Scopus and WoS will be reviewed and analyzed. Within the discussion, the results obtained in relation to the stated objectives are addressed, these suggest that smart ports allow sustainable economic growth, optimize human welfare and have a positive impact on sustainable development. Finally, the conclusions section highlights the implications found after the literature review and the results, as well as recommendations regarding the exploration of this topic in future research.

Keywords: Smart ports, sustainable development goals, port innovation, infrastructure, digitalization.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Una revisión sistemática del impacto de los puertos inteligentes en relación con el ODS 9 en el periodo de 2015 - 2023

Leslie Antonae Torres Veliz, Bachiller¹, Liliana Zareli Calderon Fernandez, Bachiller², Gabriela Urteaga Condori, Bachiller³, Lia Harumi Gala Shinzato, Bachiller⁴, Pierre Alexis Quispe Fernandez, Bachiller⁵, Edwing Mishael Vasquez Holgado, Bachiller⁶, and Jimmy Elías Sánchez Gómez, Magister en Administración y Dirección de Empresas⁷

¹⁻⁷Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201818881@upc.edu.pe, U20181B056@upc.edu.pe, U201817131@upc.edu.pe, U201817962@upc.edu.pe, U201914807@upc.edu.pe, Pcanevas@upc.edu.pe and Pcanjsan@upc.edu.pe

Resumen– En los últimos años, ha incrementado la necesidad por obtener infraestructuras innovadoras y sostenibles, en busca de cumplir con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En ese sentido, debido al gran flujo de mercancías a nivel mundial y el impacto que producen las operaciones de comercio exterior, los puertos inteligentes se han posicionado como uno de los catalizadores del desarrollo y crecimiento económico de múltiples países, dado que sustentan los flujos comerciales y un ecosistema de actividades conexas; además, la digitalización de las operaciones y la aplicación de tecnologías como el IoT, blockchain e IA mejoran la eficiencia, generando rentabilidad y sostenibilidad. Al respecto, el artículo tiene como objetivo general, determinar los actuales resultados de investigación del desarrollo de los puertos inteligentes para el logro de la ODS9 a nivel mundial en el periodo 2015-2023. La metodología es la revisión sistemática y se desarrollará bajo un enfoque cualitativo y de tipo bibliográfico, para ello se revisarán y analizarán repositorios académicos como Scopus y WoS. Dentro de la discusión se abordan los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados, estos sugieren que los puertos inteligentes permiten un crecimiento sostenible económico y optimizan el bienestar humano, además, impactan positivamente en el desarrollo sostenible. Finalmente, en el apartado de conclusiones se destacan las implicaciones halladas tras la revisión bibliográfica y de los resultados; así como recomendaciones con relación a la exploración del presente tema en investigaciones futuras.

Palabras clave: Puertos inteligentes, objetivos de desarrollo sostenible, innovación portuaria, infraestructura sostenible, digitalización

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el avance de las tecnologías disruptivas permite mejorar el rendimiento y optimizar las operaciones del comercio exterior [1].

Cabe mencionar que, el desarrollo portuario es un factor clave para alcanzar el desarrollo económico en las naciones [2].

Cabe destacar que, un puerto eficiente, eficaz, seguro y sostenible brinda un valor añadido y hace énfasis en la respuesta al cliente [3]. En ese sentido, surgen los puertos inteligentes, los cuales integran las tecnologías de la información y de la comunicación dentro de las aplicaciones inteligentes; todo ello, contribuyendo a la mejora de la gestión portuaria [1].

Inclusive, estos puertos tecnológicos tendrían un impacto en el desarrollo sostenible; debido a que, la digitalización aporta valor agregado y automatiza los procesos, por lo que su implementación permitirá estándares de seguridad y aumento de la productividad; en base a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [4], [5], [6], [7].

Es certero que, los puertos se encuentran en mejor posición para tomar la iniciativa en la contribución del cumplimiento de los ODS [8]. De igual forma, los ODS requieren acciones por parte de los gobiernos, la sociedad civil, la ciencia y las empresas para realizar las transformaciones profundas esenciales con el fin de lograr resultados [9].

Dentro de los diferentes ODS, el objetivo 9 se relaciona con la Industria, la Innovación y la Infraestructura, presentando como objetivo el construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación [10], [11]. Es importante resaltar que, los ODS fueron creados para permitir cierta flexibilidad en la aplicación, de tal modo que los gobiernos puedan establecer sus propios objetivos e incorporarlos en sus políticas y estrategias nacionales [12].

Actualmente, a medida que la transformación digital aumenta, los puertos inteligentes, así como el ODS 9, buscan aprovechar la tecnología e innovación para optimizar su desempeño [13]. Por un lado, los puertos deben adoptar una orientación proactiva hacia el desarrollo, implementación y monitoreo de prácticas efectivas dirigidas a reducir el impacto ambiental [5]. Mientras que, el ODS 9 pretende la construcción de una economía sostenible que garantice la gestión de proyectos [13].

Es de tal forma que, los puertos jugarán un papel crucial en el desempeño de la cadena de suministro global, así como en el crecimiento económico regional y nacional [7].

Por todo lo expuesto, la presente investigación a través de la revisión sistemática tiene como objetivo general el determinar los resultados de investigación del desarrollo de los puertos inteligentes para el logro de la ODS 9 a nivel mundial en el periodo 2015-2023. Por tal motivo, se establecieron dos objetivos específicos: (i) identificar los resultados de

investigación de puertos inteligentes y su aporte al desarrollo económico y bienestar humano en el periodo 2015-2023; y (ii) reconocer los resultados de investigación entre los puertos inteligentes y el logro de industrias sostenibles, a través del uso de recursos con mayor eficiencia y la adopción de nuevas tecnologías en el periodo 2015-2023.

II. MARCO TEÓRICO

A. Puerto Inteligentes y su relación con el ODS 9

El puerto marítimo es un sistema complejo que actúa como un impulsor en el funcionamiento de una economía abierta [3]. Por lo tanto, los puertos cumplen un rol fundamental dentro de la cadena de suministro mundial, ya que generan un impacto significativo en el crecimiento económico regional y nacional [14].

En los últimos años, se ha incrementado la competencia entre los puertos y la concientización en temas medioambientales, estos desafíos han exigido que los puertos sean cada vez más modernos y desarrollados [15], [16].

Ante lo mencionado, es importante resaltar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son intereses acordados en la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 de las Naciones Unidas que, representan un compromiso internacional lograr la sostenibilidad en los próximos 15 años [17], [7]. Por lo cual, se van a constituir 17 objetivos que se ciñan a los tres pilares del desarrollo sostenible: el medio ambiente, el desarrollo económico y la sostenibilidad social [18].

Dentro de estos objetivos se destacará el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (ODS 9), el cual se centra en tres elementos clave: las infraestructuras, la industria y la innovación [19]. El cual, se centra en los tópicos de desarrollo de estructuras sostenibles y resistentes que contribuyan tanto al crecimiento económico como humano, el uso de nuevas tecnologías junto con recursos de mayor eficiencia para asegurar industrias modernas y sustentables, la promoción de inclusividad en la industrialización, así como el aumento de posibilidades de pequeñas industrias y la mejora de la capacidad tecnológica de dicho sector [20].

En ese sentido, surgirá el concepto de puerto inteligente para responder a los retos actuales y futuros [21]. Puesto que, dicho tipo de puerto adopta tecnologías innovadoras para realizar una toma de decisiones más predictiva e implementa herramientas que permiten medir y mitigar los impactos ambientales [22], [14]. Asimismo, permite que un puerto esté más conectado y automatizado para brindar información entre las partes interesadas y puertos [23]. Dicho de otro modo, el puerto inteligente es considerado una opción de apoyo eficaz a la toma de decisiones gracias al uso de nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y sus sistemas de apoyo [24].

B. Puertos inteligentes en el desarrollo económico y bienestar humano

La constitución de puertos inteligentes, a través del uso de modernas tecnologías, facilita los procedimientos administrativos, mejora la gestión del tráfico de mercancías y ahorra tiempo en documentación y dinero al reducir la mano de obra; todo ello, permite incrementar la productividad, reducir la congestión y mantener la seguridad de los trabajadores [1], [25].

Por su parte, la coexistencia de ciudad-puerto tiene a menudo impactos positivos en el desarrollo de ambos sistemas, a través del desarrollo general de nuevos puestos de trabajo, la creación de nuevas cadenas de suministro, el crecimiento del PIB y las nuevas inversiones en infraestructura [26], [27], [28]. En este sentido, los puertos acompañan el desarrollo de nuevos negocios, el establecimiento de nuevos lazos comerciales que inciden en la construcción de nueva infraestructura de transporte, mayor productividad, sustentabilidad ambiental y satisfacción de los empleados [29].

Cabe desatacar que, el impacto económico no se da solo en sectores de fabricación, sino también en los sectores de servicios; esto se debe a que, al considerar los sectores de servicios centrales que están estrechamente relacionados y afectados por la industria portuaria, se puede impulsar la viabilidad económica del desarrollo de tecnologías en relación con los puertos inteligentes [30]. Por su parte, la sostenibilidad social ha sido señalada como la contribución principal del puerto al empleo directo e indirecto, las relaciones mantenidas con la comunidad y la condición de habitabilidad del entorno [8].

Por otro lado, [29] indican que los puertos juegan un papel social importante, ya que están directamente involucrados en los procesos educativos locales o regionales. Esto coincide con lo argumentado por [30] quienes sostienen que la industria portuaria inteligente tiene un efecto positivo considerable en el desarrollo económico nacional. Dicho esto, cabe señalar que el grado del desarrollo de puertos inteligentes se correlaciona positivamente con los gastos nacionales de financiación de I+D [16], [31].

C. Puertos inteligentes en el logro de industrias sostenibles

En las últimas dos décadas, los puertos tradicionales han presentado diversos desafíos relacionados a su gran impacto ambiental negativo, tales como la congestión, la contaminación, el gran consumo de energía, entre otros [32]. Los puertos inteligentes están resultando una gran opción para resolver estas problemáticas que incrementan la huella de carbono [1]. Dicho de otra manera, cada vez más se están implementando soluciones basadas en la tecnología para convertirse en puertos inteligentes que operen de manera sostenible [32].

Hoy en día, los puertos inteligentes forman parte del concepto de ciudad inteligente, la cual busca automatizar los procesos, intercambiar información en tiempo real y optimizar los recursos energéticos [33]. En ese sentido, respecto al uso de los recursos energéticos, en los puertos existe un consumo excesivo de energía; todo ello, ha generado que se priorice un

puerto más inteligente en lugar de un puerto más grande, dado que posibilita una gestión del sistema energético sostenible [34].

Sin lugar a duda, los puertos inteligentes mediante la participación de las partes interesadas y el uso de tecnologías como, el internet de las cosas, *big data*, tecnología ecológica y automatización, facilitan la eficiencia de los puertos tradicionales [35].

III. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados, se empleó la revisión sistemática de la literatura (SLR).

La revisión sistemática alude a un paradigma actual que emplea el metaanálisis para ejecutar un método refinado de búsqueda de evidencia científica y que forma parte de la investigación secundaria [36]. Este tipo de metodología ayuda a detectar brechas e inconsistencias en el cuerpo de conocimiento y facilita la dirección de una investigación al permitirle al investigador determinar o definir preguntas o hipótesis [37].

Por otro lado, para elaborar el análisis de los artículos de investigación, se usó la Declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), el cual rastrea el flujo de información mediante la revisión sistemática, es así como se plantea el diagrama dividido en cuatro fases: identificación, selección, elegibilidad e inclusión (ver Fig 1.) [38]. Este protocolo augura la captación de toda la información recomendada y la replicación del proceso [39]. Asimismo, permite abordar todos los aspectos de las revisiones para garantizar que los estudios cubran adecuadamente los antecedentes, la justificación, los métodos de estudio para la recopilación, el análisis de datos y, posteriormente, la presentación de los resultados y la documentación de los hallazgos principales [40].

En la fase de Identificación, se realizó la búsqueda de los artículos de investigación durante los meses de marzo, abril y mayo de 2023, y en bases de datos internacionalmente reconocidas como *Web of Science* y *Scopus*. Para ello, se empleó un algoritmo de palabras claves como: *Smart ports, economic, development y sustainable*, obteniendo como resultado 18 referencias de *Web of Science* y 35 de *SCOPUS*, los cuales fueron exportados hacia una base de datos en Excel, dejando finalmente un total de 53 registros únicos.

Durante la fase de Selección, se ha considerado el contenido del resumen, la introducción y conclusiones de los 53 registros hallados, excluyendo aquellas investigaciones que guardaran una relación directa con la temática de estudio. Asimismo, fueron seleccionadas solo publicaciones de artículos científicos pertenecientes al periodo 2013-2023. Durante esta fase se descartaron 29 registros, quedando 24 artículos para realizar el análisis en la presente investigación.

En las fases de elegibilidad e inclusión, se revisaron los 24 artículos de investigación, en los que se identificaron los siguientes atributos: título, año, tipo de cuartil, enfoque,

continente del origen de la investigación, y resultado final de la relación entre los puertos inteligentes en el desarrollo económico y bienestar humano, y los puertos inteligentes en el logro de industrias sostenibles.

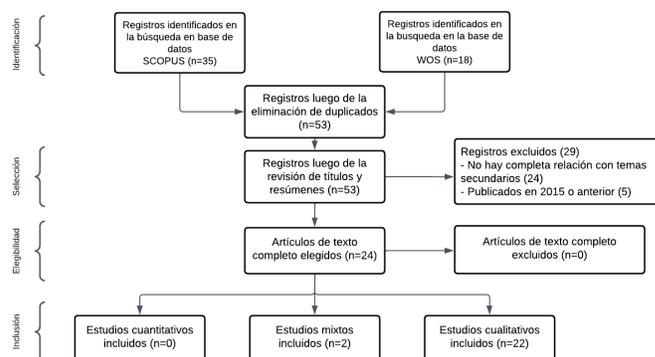


Fig. 1 Fases de la SLR sobre los puertos inteligentes: una revisión sistemática de los resultados en relación con el ODS 9

IV. RESULTADOS

En esta sección se describen los resultados de la revisión sistemática de la literatura de los 24 artículos científicos relacionados a los temas en estudio.

Estos resultados permiten recaudar una gran cantidad de investigaciones de calidad desarrolladas en los últimos años, además, con diferentes enfoques y origen en diversos continentes, lo cual está alineado con el interés de los investigadores en distintas partes del mundo. Asimismo, se muestran la cantidad de publicaciones según las dimensiones de la variable independiente.

En primer lugar, se presenta el listado de 24 artículos elegidos con detalles relevantes para la investigación.

TABLA 1
LISTA DE 24 ARTÍCULOS DE LA SLR SOBRE LOS PUERTOS INTELIGENTES EN EL DESARROLLO ECONÓMICO Y BIENESTAR HUMANO Y EN EL LOGRO DE INDUSTRIAS SOSTENIBLES: 2015-2023

No.	Autor	Título	Año	Relación de puertos inteligentes para el logro de la ODS 9 a nivel mundial
1	Al-Fatlawi, H.A., Motlak, H.J.	<i>Smart ports: Towards a high performance, increased productivity, and a better environment</i>	2023	Sí
2	Jun, W. K., Lee, M., & Choi, J. Y.	<i>Impact of the smart port industry on the Korean national economy through input-output analysis</i>	2018	Sí
3	Min, H.	<i>Developing a smart port architecture and essential elements in the Industry 4.0 era</i>	2022	Sí
4	Sánchez P., Díaz D., Leo T. & Núñez R.	<i>Toward Digitalization of Maritime Transport?</i>	2019	Sí
5	Li, K. X., Li, M., Zhu, Y., Yuen, K. F., Tong, H., & Zhou, H.	<i>Smart port: A bibliometric review and future research directions</i>	2023	Sí

6	Lacalle, I., Llorente, M. A., & Palau, C. E.	<i>Towards environmental impact reduction leveraging IoT infrastructures: the PIXEL approach</i>	2019	Sí
7	Macneil, J. L., Adams, M., & Walker, T. R.	<i>Evaluating the efficacy of sustainability initiatives in the canadian port sector</i>	2022	Sí
8	Beškovnik, B., & Bajec, P.	<i>Strategies and approach for smart city-port ecosystems development supported by the internet of things</i>	2021	Sí
9	Sari, Y. A., & Pamadi, M.	<i>The Smart Port Concept of Batu Ampar Port in Batam</i>	2019	Sí
10	Douaioui, K., Fri, M., Mabrouki, C., & Semma, E. A.	<i>Smart port: Design and perspectives</i>	2018	Sí
11	Nobrega, J. H. C., Rampasso, I. S., Sanchez-Rodrigues, V., Quelhas, O. L. G., Leal Filho, W., Serafim, M. P., & Anholon, R.	<i>Logistics 4.0 in Brazil: Critical Analysis and Relationships with SDG 9 Targets</i>	2021	Sí
12	Yen, B., Huang, M., Lai, H., Cho, H., & Huang, Yi.	<i>How Smart Port Design Influences Port Efficiency: A DEA-Tobit Approach</i>	2023	Sí
13	Nguyen, H.P., Pham, N.D.K., Bui, V.D.	<i>Technical-Environmental Assessment of Energy Management Systems in Smart Ports</i>	2022	Sí
14	Yau, K., Peng, S., Qadir, J., Low, Y., & Ling, M.	<i>Towards Smart Port Infrastructures: Enhancing Port Activities Using Information and Communications Technology</i>	2022	Sí
15	Di Vaio, A., Varriale, L.	<i>Management Innovation for Environmental Sustainability in Seaports: Managerial Accounting Instruments and Training for Competitive Green Ports beyond the Regulations</i>	2018	Sí
16	Karaš, A.	<i>The smart port as a key to the future development of modern ports</i>	2020	Sí
17	Othman, A., El-gazzar, S., Knez, M.	<i>Framework for the adoption of a Smart and Sustainable Seaports Index</i>	2022	Sí
18	Heikkilä, M., Saarni, J., Saurama, A.	<i>Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitization in Container Ports</i>	2022	Sí
19	Durán, C. A., Fernández-Campusano, C., Carrasco, R., Vargas, M., & Navarrete, A.	<i>Boosting the Decision-Making in Smart</i>	2021	Sí
20	Keamey, A., Harrington, D., & Kelliher, F.	<i>Executive capability for innovation: the Irish seaports sector</i>	2018	Sí
21	Denoncourt, J.	<i>Companies and UN 2030 Sustainable Development Goal 9 Industry, Innovation and Infrastructure</i>	2019	Sí
22	Katuwawala, H. C., & Bandara, Y. M.	<i>System-based barriers for seaports in contributing to sustainable development goals</i>	2022	Sí
23	Molavi, A., Lim, G. J., & Race, B.	<i>A framework for building a smart port and smart port index</i>	2020	Sí
24	Moschen, S. A., Macke, J., Bebbler, S., & Benetti Correa da Silva, M.	<i>Sustainable development of communities: ISO 37120 and UN goals</i>	2019	Sí

En segundo lugar, en relación con los años de publicación de los artículos recolectados y escogidos, se observó que las publicaciones que abarcan las variables de puertos inteligentes y objetivos de desarrollo sostenible presentan mayor afluencia en el 2019 y 2020. Asimismo, sobre la influencia de las revistas científicas donde se publicaron los artículos elegidos;

se contempló que un 45.83% pertenecen al cuartil Q2, mientras que el 37.50% corresponde al cuartil Q1 y el restante 16.67% al cuartil Q3.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	T	%
Q1				2	1		2	2	2	9	37.50%
Q2				2	2	2		4	1	11	45.83%
Q3					2		1	1		4	16.67%
Q4										0	0.00%
T	0	0	0	4	5	2	3	7	3	29	100%
%	0%	0%	0%	17%	21%	8%	13%	29%	13%	10	0%

TABLA 2
PUBLICACIONES POR AÑO Y CUARTIL SJR: 2015-2023

En tercer lugar, con respecto al lugar de publicación de los artículos de investigación, se clasificó en una tabla de doble entrada por tipo de enfoque empleado y el continente de publicación de los artículos, cuyo rango temporal está comprendido del 2015-2023. Dicho esto, se observa que el 41.67% de artículos son de procedencia europea, el 37.50% son de origen asiático, el 16.67% son de América, y el 4.17%, de Oceanía.

TABLA 3
ENFOQUE POR CONTINENTE: 2015-2023

Enfoque	África	América	Asia	Europa	Oceania	Total
Cualitativo	0	4	8	9	1	22
Cuantitativo	0	0	0	0	0	0
Mixto	0	0	1	1	0	2
Total	0	4	9	10	1	24
% Cualitativo	0.00%	16.67%	33.33%	37.50%	4.17%	91.67%
% Cuantitativo	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
% Mixto	0.00%	0.00%	4.17%	4.17%	0.00%	8.33%
% Total	0.00%	16.67%	37.50%	41.67%	4.17%	100%

En cuarto lugar, bajo la cantidad de publicaciones por dimensión de la variable independiente, se denota que la mayoría de los artículos de investigación recaen en la variable de industrias sostenibles acumulando un total de 13 artículos, lo que representa un 54% del total. Por otro lado, se observa un total de 11 investigaciones en la variable de desarrollo económico y bienestar humano, representando un 46% del total de publicaciones.

TABLA 4
PUBLICACIONES POR DIMENSIÓN DE LA VARIABLES INDEPENDIENTE: 2015-2023

	Desarrollo económico y bienestar humano	Industrias sostenibles	Total
Cantidad	11	13	24
Porcentaje	46%	54%	100%

En quinto lugar, con respecto a las principales preocupaciones de los autores acerca del desarrollo económico y bienestar humano, se realizó una tabla considerando los enfoques más comunes y concurrentes en los artículos de

investigación, obteniéndose así que el 34% de los autores centran su atención en la competitividad portuaria, el 25% se focalizan en los procesos no automatizados, el 22% en la calidad de vida, el 16% en capacidad operativa y el 13% en el desempleo.

TABLA 5
PRINCIPALES PREOCUPACIONES DEL DESARROLLO
ECONÓMICO Y BIENESTAR HUMANO SEGÚN PUBLICACIONES DE
LOS AUTORES: 2015-2023

Autores	Preocupaciones					T	%
	Competitividad portuaria	Procesos no automatizados	Capacidad operativa	Calidad de vida	Desempleo		
Li et al. (2023)	1	1		1		3	9%
Bešković et al. (2021)	1	1	1	1		4	13%
Sanchez et al. (2019)	1		1			2	6%
Al-Fatlawi & Motlak (2023)	1	1		1	1	4	13%
Jun et al. (2018)	1	1		1	1	4	13%
Min, H. (2022)	1		1	1		3	9%
Sari, Y. A. & Pamadi, M. (2019)	1	1		1		3	9%
Douaio et al. (2018)	1	1			1	3	9%
Nobrega et al. (2021)	1	1			1	3	9%
Macneil et al. (2022)	1	1	1			3	9%
Lacalle et al. (2019)	1		1	1		3	9%
Total	11	8	5	7	4	32	100%
%	34%	25%	16%	22%	13%		

Por último, con respecto a las principales preocupaciones de los autores con respecto al logro de industrias sostenibles, se organizó en una tabla la clasificación de los temas abordados en los artículos de investigación objetos de estudio, obteniéndose así que el 31% de los autores centran su atención en la contaminación ambiental, el 29% se centran en la ineficiencia portuaria, el 14% en la sobreexplotación de recursos naturales, el 14% en el consumo energético y el 11% lo hace en la tecnología obsoleta

TABLA 6
PRINCIPALES PREOCUPACIONES DEL LOGRO DE INDUSTRIAS
SOSTENIBLES SEGÚN PUBLICACIONES DE LOS AUTORES: 2015-
2023

Autor	Preocupaciones				T	%
	Contaminación ambiental	Explotación de recursos naturales	Tecnología obsoleta	Ineficiencia portuaria		
Di Vaio et al. (2018)	1			1	2	5,71%

Denon court, J. (2019)			1	1		2	5,71%
Duran et al. (2021)	1		1	1		3	8,57%
Nguyen et al. (2022)	1	1			1	3	8,57%
Heikkilä et al. (2022)	1		1	1	1	4	11,43%
Molavi et al. (2020)	1			1		2	5,71%
Karaş, A. (2020)	1	1		1	1	4	11,43%
Kearney et al. (2018)			1	1	1	3	8,57%
Katuwawala & Bandara (2022)	1	1				2	5,71%
Moschen et al. (2019)	1	1				2	5,71%
Othman et al. (2022)	1	1		1		3	8,57%
Yau et al. (2022)	1			1	1	3	8,57%
Yen et al. (2023)	1			1		2	5,71%
Total	11	5	4	10	5	35	100%
%	31%	14%	11%	29%	14%		

V. DISCUSIÓN

A. Puertos inteligentes en el desarrollo económico y bienestar humano

El desarrollo de puertos inteligentes contribuye con el desarrollo económico de los países y la calidad de vida, que actualmente se encuentra limitada por la mala operatividad de sus puertos tradicionales [29]. Las tecnologías empleadas en los puertos inteligentes contribuyen a incrementar los ingresos de la economía nacional, puesto que les permite a los países ser competitivos a nivel global al ser capaces de satisfacer las crecientes demandas de envíos rápidos y a bajo costo [1]. De igual manera, dichos puertos pertenecen a la producción primaria intermedia, por lo que tienen impacto en otras industrias; además, aportan al aumentar la producción, el valor agregado y la tasa de empleo a nivel nacional, lo cual genera que la población pueda tener una mejor calidad de vida, y con esto optimizar el bienestar humano [30].

Por otro lado, el transporte marítimo avanza hacia la digitalización; todo ello, permite desempeñar un papel importante para las empresas en lo que respecta a sus operaciones gracias al acceso a los datos de una flota, los procedimientos unificados, y la automatización del transporte de muelle a muelle, así como la reducción de la contaminación

ambiental, disminuyendo una variedad de resultados adversos para la salud y bienestar humano la población [41].

De esta manera, para el progreso de las operaciones portuarias inteligentes se requiere grandes volúmenes de datos esenciales e inversión para tomar decisiones más informadas, con el fin de aumentar las oportunidades de ahorro de costes [42].

Ante esto, es pertinente mencionar que las ciudades portuarias experimentan crecimiento y sostenibilidad gracias a las actividades portuarias. Por ello, es importante aprovechar dichos aspectos para hacer que la sostenibilidad sea un mecanismo que impulse el desarrollo económico de la zona [22]. En ese sentido, las políticas de los puertos deben estar interrelacionadas a través de tres dimensiones: ambiental, económica y social para de esta forma alcanzar el máximo potencial de desarrollo [12].

Es certero que, mediante la integración de tecnologías digitales, se logra aumentar su capacidad de operación y asignación óptima de recursos portuarios otorgándole competitividad de los puertos y contribuyendo con el desarrollo económico producto de menores costes logísticos, una mejor infraestructura, y generación de un gran número de puestos de trabajo directos e indirectos [41]. En ese sentido, en el contexto de la Industria 4.0 y la logística inteligente, las cadenas de suministro y el manejo portuario han sufrido cambios significativos, cuyos efectos van acompañados del crecimiento y desarrollo económico mundial, por medio de las ganancias de eficiencia productiva en varios sectores y la contribución a la creación de empleo [25], [20].

Por todo lo expuesto, los puertos son una infraestructura importante para la economía nacional y el desarrollo regional, ya que permiten estimular el crecimiento económico en la industria, el comercio, el turismo y sirven como medio para aumentar los ingresos del estado [14].

B. Puertos inteligentes en el logro de industrias sostenibles

Existe una potenciación de las TIC que puede explorarse y aprovecharse para mejorar las actividades y servicios de los puertos inteligentes, incluida la gestión inteligente de buques [4]. En la actualidad, las TIC y el uso del sistema de información pueden aplicarse con el fin de aumentar la sostenibilidad medioambiental de las industrias portuarias haciendo énfasis en los puertos inteligentes [5], [6]. Dicho de otra manera, la construcción de estas infraestructuras digitales va a permitir un desarrollo sostenible producto de la adopción de modelos innovadores y eficientes [43].

Bajo ese contexto, la aplicación de estas herramientas digitales en los puertos puede ayudar a mermar las emisiones de gases de efecto invernadero al conseguir una eficiencia operacional [1], [34], [16]. No obstante, para que los puertos inteligentes contribuyan al logro de industrias sostenibles, es importante contar con políticas, lineamientos y autoridades reguladoras encargadas de monitorear y evaluar las actividades portuarias relacionadas con la sostenibilidad [8].

Cabe mencionar que, la innovación en la cadena de suministro en el sector portuario permitirá optimizar los distintos procesos propios de las actividades que se realizan en la industria, así como reducir de manera considerable la emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente [3], [12]. De esta manera, con el objetivo de reducir el impacto medioambiental y optimizar las operaciones en los ecosistemas portuarios, se deben implementar las más avanzadas TICs para puertos; y con ello, brindar soluciones inteligentes, flexibles y escalables a los clientes. [22], [19]. Asimismo, para alcanzar este objetivo resulta necesario pensar en toda una inclusión social y plantear la necesidad de gobernanza, teniendo responsabilidad ciudadana, exigiendo resultados y observando los indicadores en seguimiento continuo para efectivizar la implementación de los ODS con éxito [7].

Es importante destacar que la tecnología está impactando en la industria marítima construyendo industrias sostenibles y ecosistemas comerciales eficientes, asimismo, mejora los procesos de información y comunicación e incorpora contratos inteligentes [44].

En resumen, el puerto inteligente está básicamente respaldado por tecnología digital de alta eficiencia, valor agregado competitivo y automatización, por lo que se espera que su implementación mejore los aspectos ecológicos, aumente los estándares de seguridad y protección e incremente la productividad; no obstante, también puede crear problemas ambientales más serios y desafíos para alcanzar la sostenibilidad [45], [25].

Es importante considerar que el desarrollo de los puertos inteligentes y el impacto ambiental poseen un indicador negativo para los países con bajos recursos, debido a los costos elevados de inversión inicial, lo cual puede generar un efecto de retraso [2].

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir que existe una relación positiva entre los puertos inteligentes en el desarrollo económico y bienestar humano, sin lugar a duda, el implementar herramientas digitales a los puertos tradicionales va a terminar por incrementar su productividad y eficiente; todo ello, se va a poder expresado en un mayor desarrollo económico. Asimismo, los expertos coinciden en que gracias a la digitalización de los puertos se ha logrado mejorar la calidad de vida dentro de la industria, así como un crecimiento sostenible. En tal sentido, la implementación de sistemas digitales más inteligentes contribuye a solucionar cuatro problemáticas elementales con respecto a los puertos inteligentes: organización, seguridad, eficiencia y protección al medio ambiente.

Por otra parte, los puertos inteligentes tendrían un impacto en el logro de industrias sostenibles; puesto que, mediante la potenciación de las TICs en los puertos inteligentes va a representar un factor notable para desencadenar la innovación dentro de la cadena de suministro y construir ecosistemas comerciales sostenibles y eficientes que ayuden a disminuir las emisiones de gases contaminantes. Sin embargo, algunos

autores reafirman su posición advirtiendo que el desarrollo de estos puertos también puede crear problemas ambientales, además puede resultar poco viable los altos costos para países que no pueden financiarlo.

Finalmente, con respecto a las recomendaciones se debe exponer que una gran cantidad de los artículos científicos usados en el presente estudio se concentran en los continentes de Europa y Asia bajo un enfoque cualitativo. Ante esto, se sugiere abarcar futuras investigaciones que se relacionen con la identificación del aporte de los puertos inteligentes en el logro de la ODS 9, orientado a Latinoamérica y África, donde se ubican países en vías de desarrollo y países menos adelantados. Puesto que dichas investigaciones ayudarían a impulsar la inversión y posible aplicación de los mencionados puertos inteligentes con el fin de contribuir al crecimiento de los países con menor desarrollo económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por su apoyo en la elaboración de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] H. A. Al-Fatlawi and H. Jassim Motlak, "Smart ports: towards a high performance, increased productivity, and a better environment," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 2, p. 1472, Apr. 2023, doi: 10.11591/ijece.v13i2.pp1472-1482.

[2] 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," *Research in Transportation Business & Management*, vol. 46, p. 100862, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.rtbm.2022.100862.

[3] A. Kearney, D. Harrington, and F. Kelliher, "Executive capability for innovation: the Irish seaports sector," *European Journal of Training and Development*, vol. 42, no. 5/6, pp. 342–361, Sep. 2018, doi: 10.1108/EJTD-10-2017-0081.

[4] M. Heikkilä, J. Saarni, and A. Saurama, "Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports," *J Mar Sci Eng*, vol. 10, no. 12, p. 1925, Dec. 2022, doi: 10.3390/jmse10121925.

[5] A. Di Vaio and L. Varriale, "Management Innovation for Environmental Sustainability in Seaports: Managerial Accounting Instruments and Training for Competitive Green Ports beyond the Regulations," *Sustainability*, vol. 10, no. 3, p. 783, Mar. 2018, doi: 10.3390/su10030783.

[6] A. Karas, "Smart Port as a Key to the Future Development of Modern Ports," *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 14, no. 1, pp. 27–31, 2020, doi: 10.12716/1001.14.01.01.

[7] S. A. Moschen, J. Macke, S. Bebbler, and M. Benetti Correa da Silva, "Sustainable development of communities: ISO 37120 and UN goals," *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 20, no. 5, pp. 887–900, Jul. 2019, doi: 10.1108/IJSHE-01-2019-0020.

[8] H. C. Katuwawala and Y. M. Bandara, "System-based barriers for seaports in contributing to Sustainable Development Goals," *Maritime Business Review*, vol. 7, no. 3, pp. 255–269, Sep. 2022, doi: 10.1108/MABR-02-2021-0007.

[9] J. D. Sachs, G. Schmidt-Traub, M. Mazzucato, D. Messner, N. Nakicenovic, and J. Rockström, "Six Transformations to achieve the

Sustainable Development Goals," *Nat Sustain*, vol. 2, no. 9, pp. 805–814, Aug. 2019, doi: 10.1038/s41893-019-0352-9.

[10] P. Kynčlová, S. Upadhyaya, and T. Nice, "Composite index as a measure on achieving Sustainable Development Goal 9 (SDG-9) industry-related targets: The SDG-9 index," *Appl Energy*, vol. 265, p. 114755, May 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.114755.

[11] A. Saieed, R. Luken, and X. Zheng, "Tracking progress in meeting sustainable development goal 9 industry-related targets: An index for policy prioritization," *Appl Energy*, vol. 286, p. 116490, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.116490.

[12] J. L. MacNeil, M. Adams, and T. R. Walker, "Evaluating the Efficacy of Sustainability Initiatives in the Canadian Port Sector," *Sustainability*, vol. 14, no. 1, p. 373, Dec. 2021, doi: 10.3390/su14010373.

[13] J. Estevão, J. D. Lopes, and D. Penela, "SDG9 and the competitiveness: Employing mixed methods to understand how countries can use science to compete," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 187, p. 122178, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2022.122178.

[14] Y. A. Sari and M. Pamadi, "The Smart Port Concept of Batu Ampar Port in Batam," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 343, no. 1, p. 012095, Oct. 2019, doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012095.

[15] J. Chen, T. Huang, X. Xie, P. 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.

[16] A. Molavi, G. J. Lim, and B. Race, "A framework for building a smart port and smart port index," *Int J Sustain Transp*, vol. 14, no. 9, pp. 686–700, Jul. 2020, doi: 10.1080/15568318.2019.1610919.

[17] R. Costanza *et al.*, "Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals," *Ecological Economics*, vol. 130, no. 130, pp. 350–355, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.ecolecon.2016.07.009.

[18] R. Bali Swain and F. Yang-Wallentin, "Achieving sustainable development goals: predicaments and strategies," *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, vol. 27, no. 2, pp. 96–106, Feb. 2020, doi: 10.1080/13504509.2019.1692316.

[19] J. Denoncourt, "Companies and UN 2030 Sustainable Development Goal 9 Industry, Innovation and Infrastructure," *Journal of Corporate Law Studies*, vol. 20, no. 1, pp. 199–235, Jan. 2020, doi: 10.1080/14735970.2019.1652027.

[20] J. H. C. Nobrega *et al.*, "Logistics 4.0 in Brazil: Critical Analysis and Relationships with SDG 9 Targets," *Sustainability*, vol. 13, no. 23, p. 13012, Nov. 2021, doi: 10.3390/su132313012.

[21] E. M. Frazzon *et al.*, "Smart port-hinterland integration: conceptual proposal and simulation-based analysis in Brazilian ports," *International Journal of Integrated Supply Management*, vol. 12, no. 4, p. 334, 2019, doi: 10.1504/IJISM.2019.103197.

[22] I. Lacalle, M. Á. Llorente, and C. E. Palau, "Towards Environmental Impact Reduction Leveraging IoT Infrastructures: The PIXEL Approach," in *LNCS*, 2019, pp. 33–45, doi: 10.1007/978-3-030-34914-1_4.

[23] M. Jović, E. Tijan, D. Žgaljić, and S. Aksentijević, "Improving Maritime Transport Sustainability Using Blockchain-Based Information Exchange," *Sustainability*, vol. 12, no. 21, p. 8866, Oct. 2020, doi: 10.3390/su12218866.

[24] L. Heilig and S. Voß, "Status quo and innovative approaches for maritime logistics in the age of digitalization: a guest editors' introduction," *Information Technology and Management*, vol. 18, no. 3, pp. 175–177, Sep. 2017, doi: 10.1007/s10799-017-0282-z.

[25] K. Douaioui, M. Fri, C. Mabrouki, and E. A. Semma, "Smart port: Design and perspectives," in *2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, Le Havre, France: IEEE, Apr. 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/GOL.2018.8378099.

[26] L. Fusco Girard, "Toward a Smart Sustainable Development of Port Cities/Areas: The Role of the 'Historic Urban Landscape' Approach," *Sustainability*, vol. 5, no. 10, pp. 4329–4348, Oct. 2013, doi: 10.3390/su5104329.

[27] G. MOREL, F. R. LIMA, H. MARTELL-FLORES, and F. HISSEL, "Tools for an integrated systems approach to sustainable port city

- planning,” *URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana*, vol. 5, no. 480, p. 39, 2013, doi: 10.7213/urbe.05.002.SE03.
- [28] P. Neirotti, A. De Marco, A. C. Cagliano, G. Mangano, and F. Scorrano, “Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts,” *Cities*, vol. 38, pp. 25–36, Jun. 2014, doi: 10.1016/j.cities.2013.12.010.
- [29] B. Beškovnik and P. Bajec, “STRATEGIES AND APPROACH FOR SMART CITY–PORT ECOSYSTEMS DEVELOPMENT SUPPORTED BY THE INTERNET OF THINGS,” *Transport*, vol. 36, no. 5, pp. 433–443, Dec. 2021, doi: 10.3846/transport.2021.16194.
- [30] W. K. Jun, M.-K. Lee, and J. Y. Choi, “Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis,” *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 118, pp. 480–493, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.tra.2018.10.004.
- [31] K.-L. A. Yau, S. Peng, J. Qadir, Y.-C. Low, and M. H. Ling, “Towards Smart Port Infrastructures: Enhancing Port Activities Using Information and Communications Technology,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 83387–83404, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990961.
- [32] 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,” *Sustainability*, vol. 14, no. 21, p. 14014, Oct. 2022, doi: 10.3390/su142114014.
- [33] B. Belmoukari, J.-F. Audy, and P. Forget, “Smart port: a systematic literature review,” *European Transport Research Review*, vol. 15, no. 1, p. 4, Mar. 2023, doi: 10.1186/s12544-023-00581-6.
- [34] 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.
- [35] D. Zhao, T. Wang, and H. Han, “Approach towards Sustainable and Smart Coal Port Development: The Case of Huanghua Port in China,” *Sustainability*, vol. 12, no. 9, p. 3924, doi: 10.3390/su12093924.
- [36] J. Gooris, “Double-Layered Institutional Environment in Offshoring Location and Governance Decisions,” *SSRN Electronic Journal*, 2012, doi: 10.2139/ssrn.2224414.
- [37] C. Manterola, P. Astudillo, E. Arias, and N. Claros, “Revisión sistemática de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas,” *Cir Esp*, vol. 91, no. 3, pp. 149–155, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.ciresp.2011.07.009.
- [38] M. L. Rethlefsen and M. J. Page, “PRISMA 2020 and PRISMA-S: common questions on tracking records and the flow diagram,” *Journal of the Medical Library Association*, vol. 110, no. 2, pp. 253–257, Nov. 2021, doi: 10.5195/jmla.2022.1449.
- [39] M. J. Page *et al.*, “A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas,” *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 46, p. 1, Dec. 2022, doi: 10.26633/RPSP.2022.112.
- [40] B. Hutton, D. Wolfe, D. Moher, and L. Shamseer, “Reporting guidance considerations from a statistical perspective: overview of tools to enhance the rigour of reporting of randomised trials and systematic reviews,” *Evidence Based Mental Health*, vol. 20, no. 2, pp. 46–52, May 2017, doi: 10.1136/eb-2017-102666.
- [41] K. X. Li, M. Li, Y. Zhu, K. F. Yuen, H. Tong, and H. Zhou, “Smart port: A bibliometric review and future research directions,” *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 174, no. 4, p. 103098, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.tre.2023.103098.
- [42] H. Min, “Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0,” *Maritime Economics & Logistics*, vol. 24, no. 2, pp. 189–207, Jun. 2022, doi: 10.1057/s41278-022-00211-3.
- [43] A. Othman, S. El-gazzar, and M. Knez, “A Framework for Adopting a Sustainable Smart Sea Port Index,” *Sustainability*, vol. 14, no. 8, p. 4551, Apr. 2022, doi: 10.3390/su14084551.
- [44] C. A. Duran, C. Fernandez-Campusano, R. Carrasco, M. Vargas, and A. Navarete, “Boosting the Decision-Making in Smart Ports by Using Blockchain,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 128055–128068, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112899.
- [45] Y. Aulia Sari and M. Pamadi, “Current Situation of Wastewater Treatment Plant for Sewage in Batam City,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1351, no. 1, p. 012109, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1351/1/012109.