

Estrategias y tecnologías para el desarrollo de puertos verdes en Panamá

Strategies and Technologies for the Development of Green Ports in Panama

¹Gabriel Jesús Montúfar Chiriboga

¹ Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Panamá.

gabriel.montufar@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-3392-3728>

Recibido:26-11-25 - Aceptado: 4 /2/2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v10n2.a9790>

Resumen

El crecimiento de los puertos ha estimulado la economía, en contraste, también ha generado efectos medioambientales considerables, asociado a la importante demanda de energía y la emisión de contaminantes, etc., el cual ha conllevado al requerimiento de puertos verdes, el que trata de un tipo de operación portuaria, a partir de su implementación hacia puertos más sostenibles. El propósito del presente estudio es identificar y evaluar, (método), las estrategias y tecnologías más adecuadas para el desarrollo de puertos verdes en Panamá, así como su validez en este contexto, y ofrecer recomendaciones para su aplicación. Se realizó una revisión sistemática de la literatura académica y especializada, para lo cual se centró en casos específicos de puertos verdes, principalmente Singapur y Vietnam, comparando las estrategias globales de estas regiones con las condiciones geográficas, económicas y de la normativa de Panamá, en la que se utilizó el Puerto de Barú en Chiriquí como caso de estudio local y evaluar la aplicabilidad de estas tecnologías. Los resultados evidencian que la aplicación de puertos verdes en Panamá es válida, duele la aplicabilidad, en el Puerto de Barú, donde las condiciones locales son propicias para adoptar tecnologías sostenibles (energías renovables, sistemas de gestión de la energía, etc.); aunque existen barreras importantes, como son la necesidad de inversión, la falta de un marco regulatorio o la existencia de limitaciones tecnológicas. Existen barreras que limitan su aplicación, aunque es posible la transición de puertos verdes en Panamá y puede colocar al país como un líder regional en sostenibilidad portuaria.

Palabras clave: Instalación portuaria, Ingeniería portuaria y costera, Medio ambiente, Desarrollo sostenible, Economía verde.

Abstract

Port growth has stimulated the economy; however, it has also generated considerable environmental impacts, associated with high energy demand and pollutant emissions, among other factors. This has led to the need for green ports, a type of port operation that aims to promote sustainability. The purpose of this study is to identify and evaluate the most suitable strategies and technologies for the development of green ports in Panama, as well as their applicability in this context, and to offer recommendations for their implementation. A systematic review of academic and specialized literature was conducted, focusing on specific case studies of green ports, primarily in Singapore and Vietnam. The global strategies of these regions were compared with the geographical, economic, and regulatory conditions of Panama, using the Port of Barú in Chiriquí as a local case study to assess the applicability of these technologies. The results show that the implementation of green ports in Panama is feasible, including at the Port of Barú, where local conditions are favorable for adopting sustainable technologies (renewable energy, energy management systems, etc.). However, significant barriers exist, such as the need for investment, the lack of a regulatory framework, and technological limitations. While these barriers limit their implementation, the transition to green ports in Panama is possible and could position the country as a regional leader in port sustainability.

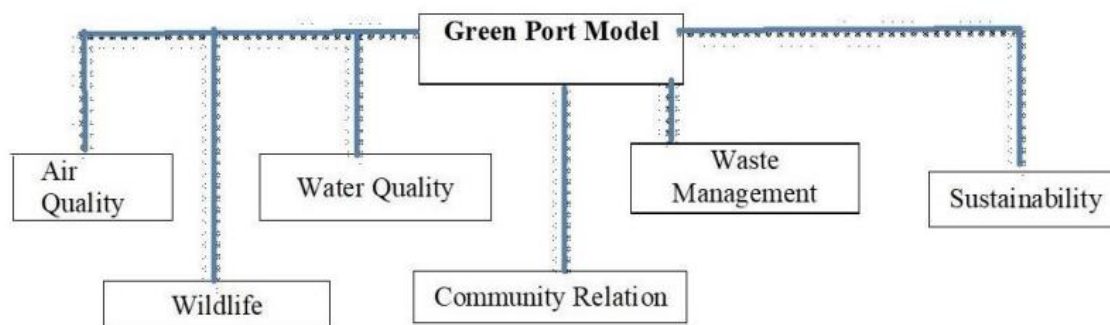
Keywords: Harbours, Harbour and coastal engineering, Environment, Sustainable development, Green economy.

Introducción

Históricamente, el desarrollo de puertos ha sido el motor que ha impulsado un crecimiento económico, pero también ha resultado la causa de un importante impacto ambiental negativo. Los puertos tradicionales, caracterizados por la alta demanda de energía y por sus emisiones de contaminantes, son responsables en algunos casos de una importante degradación de los ecosistemas costeros y marinos. Se ha elevado el concepto de los puertos verdes para dar entrada a aquellos que, como su propio nombre indica, están tratando de evolucionar las operaciones portuarias en modelos menos dañinos a través de la aplicación de tecnologías limpias y de prácticas ecológicas (Márquez, 2021; Valdés Cerda, 2019). La figura 1 representa un modelo de "Green Port Model" con los componentes que lo definen como el aire, agua, residuos, sostenibilidad, las relaciones con la comunidad, etc., siendo la más conveniente para esa sección donde se discutan aquellos conceptos más fundamentales de lo que representa un "puerto verde".

Figura 1

Modelo de puerto verde (Ecoport)



Fuente: Satir & Doğan-Sağlamtimur, 2018.

Panamá presenta una oportunidad, pero también una presión para unir el espacio portuario panameño con la exigencia internacional en términos de sostenibilidad, además del Canal de Panamá como el eje y la bisagra del mundo en la globalización del comercio. La transición hacia puertos verdes implica y conlleva retos específicos, desde la necesidad de adecuar y adaptar tecnologías existentes a un contexto local diverso a las barreras económicas y regulatorias.

El estado del arte en el desarrollo de puertos verdes ha llegado mucho más allá en los últimos años con ejemplos significativos de Europa y de Asia en cuanto a la viabilidad de la integración de las energías renovables o la mejora en la eficiencia energética o las infraestructuras sostenibles (Chiu et al., 2014). Autores como Pavlic et al. (2014) o Lam y Li (2019) han identificado las estrategias clave que marcan la pauta, aunque la aplicabilidad de estas estrategias al contexto panameño necesita una evaluación en profundidad (Carse, 2012; Seddiek, 2020).

El propósito del trabajo es identificar y analizar las estrategias y tecnologías más adecuadas para el desarrollo de puertos verdes en Panamá considerando su viabilidad. La importancia de este trabajo reside en contribuir en el contexto de las políticas públicas y la planificación estratégica del espacio puerto de Panamá y en sí mismo a la sostenibilidad del comercio marítimo internacionalmente.

El trabajo se organiza en cuatro secciones. La sección de Materiales y Métodos encuadra la forma en que se ha abordado el estudio. En la sección de Resultados y Discusión se indican los resultados y la discusión recogiendo el contexto del estado del arte. La tercera sección, Conclusiones, muestra las principales implicaciones del estudio. Finalmente, el artículo finaliza incluyendo la referencia bibliográfica que ha sustentado el trabajo.

Materiales y Método

La realización de este estudio fue una práctica guiada mediante el método de revisión sistemática, que tenía como objetivo la identificación, estudio y análisis de estrategias y tecnologías para desarrollar puertos verdes en Panamá. El proceso de revisión metodológica se organizó en las siguientes etapas:

La revisión centró sus esfuerzos en identificar estudios relevantes desde la perspectiva de la práctica del desarrollo de puertos verdes, garantizando que los estudios de investigación consultados explicarían estrategias usadas en diferentes regiones que fueran aplicables a

la realidad panameña. Los objetivos específicos fueron (a) trabajos que analizan tecnologías sostenibles que se aplican en puertos internacionales (Elhussieny et al., 2023; Setyo et al., 2023), (b) la viabilidad de estas tecnologías en Panamá, y (c) recomendaciones basadas en la evidencia para la práctica del desarrollo de puertos verdes en el país.

Se determinó y utilizó la estrategia de búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas. Las palabras clave que se utilizaron fueron: "puertos verdes", "tecnologías sostenibles", "energías renovables en puertos" y "sostenibilidad portuaria", y también se revisaron estudios que hubiesen sido publicados en los últimos diez años y que proporcionaran la información más directa y vigente posible.

Con el fin de contar con determinados niveles de calidad y de trascendencia de los estudios seleccionados, se aplicaron los siguientes criterios de selección:

Criterios de inclusión: artículos publicados en revistas revisadas por pares, en inglés o en español, que abordaban estrategias y tecnologías para el desarrollo de puertos verdes.

Criterios de exclusión: artículos publicados que no se encontraran revisados por pares, estudios publicados con anterioridad al año 2010, así como cualquier estudio que no mostrara datos empíricos o que no pudiera serles aplicados en el contexto de los puertos.

El procedimiento de selección fue realizado en tres momentos:

Selección inicial: Realizar una búsqueda inicial de artículos, seleccionar aquellos que cumplieran con los criterios de inclusión.

Evaluación de la importancia: Evaluar los títulos y resúmenes de los estudios seleccionados tras la búsqueda inicial para juzgar su importancia. Seleccionar aquellos artículos que cumplieran con los criterios para ser revisados en la totalidad de contenido.

Revisión completa: Realizar una revisión de los textos completos de los estudios seleccionados y profundizar en la evaluación de ellos para poder extraer la información pertinente de estrategias y tecnologías aplicables.

Los datos obtenidos de los estudios seleccionados fueron analizados cualitativamente. Se utilizó una técnica de síntesis temática pudiendo agrupar las estrategias y tecnologías identificadas en categorías formativas. También se evaluó la aplicabilidad de esta estrategia al contexto panameño mediante un análisis comparativo de estudios de caso internacionales.

Se realizó un proceso de triangulación de la información bajo la validación de resultados; se utilizaron fuentes adicionales de aportes en el proceso de triangulación como, por ejemplo, informes técnicos y entrevistas a expertos en sostenibilidad portuaria, lo cual permitió corroborar la información analizada y la fortaleza de las recomendaciones formuladas en el presente estudio.

Resultados y Discusión

En las últimas décadas, el concepto de puertos verdes ha adquirido un considerable protagonismo a nivel internacional con la preocupación por la sostenibilidad medioambiental y la reducción de la huella de carbono de la actividad portuaria. Contextualmente se han llevado a cabo iniciativas en diferentes partes del mundo para implementar cambios en las actividades portuarias; algunos ejemplos relevantes son los

puertos de Asia y Europa. Por ejemplo, los puertos de Singapur y Vietnam destacan por la aplicación de tecnologías y aplicaciones verdes que han permitido mitigar las emisiones de gases de fuerza de la energía y reducir el consumo de electricidad (Suárez, 2023; Mundo Marítimo, 2023). La figura 2 presenta un diagrama que explica los conceptos clave para el desarrollo integrado de un puerto verde e inteligente. Este diagrama se compone de tres bloques:

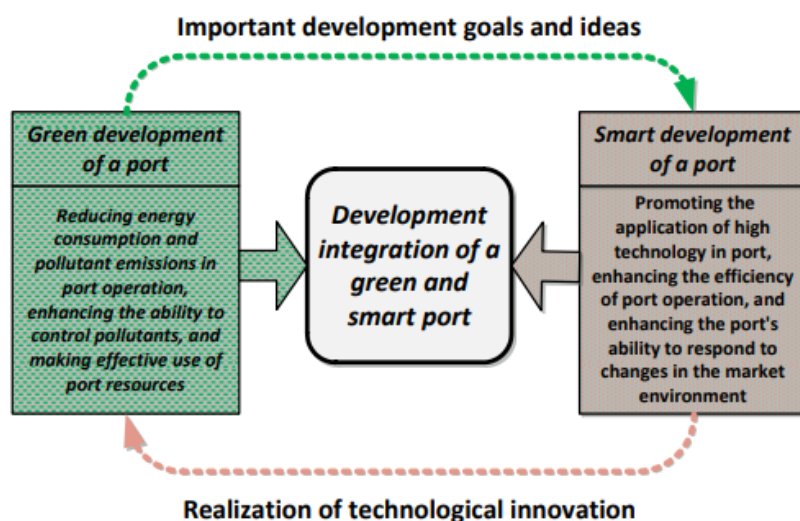
A la izquierda, un bloque verde titulado “Green development of a port” (Desarrollo verde de un puerto) que especifica objetivos como la reducción del consumo energético y de las emisiones contaminantes, la mejora en la capacidad de control de la contaminación y el uso eficiente de los recursos del puerto.

A la derecha, un bloque gris titulado “Smart development of a port” (Desarrollo inteligente de un puerto), que explica la promoción de la aplicabilidad de alta tecnología del puerto, la mejora de la eficiencia de las operaciones del puerto y la capacidad del puerto para adaptarse a los cambios en el entorno del mercado.

Y en el centro un bloque blanco que explica “Development integration of a green and smart port” (Integración de un desarrollo de un puerto verde e inteligente) que sirve de conector entre los anteriores.

Figura 2

Mapa conceptual de la integración de un puerto verde e inteligente



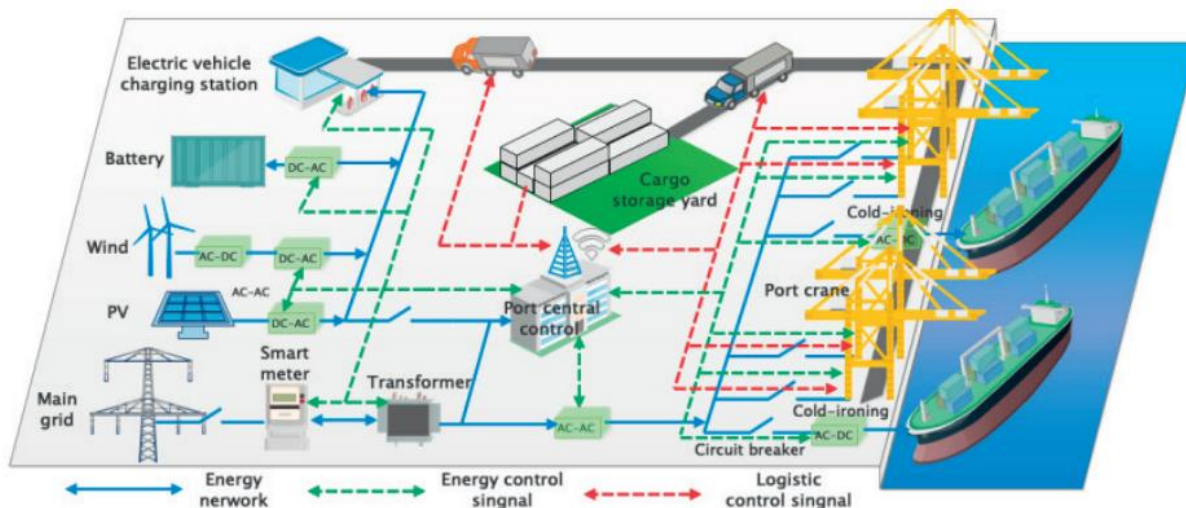
Fuente: Chen et al., 2019.

Los puertos de Singapur o los de Vietnam son un caso avanzado de puertos verdes (Bi, 2014; Wang et al., 2019; Du et al., 2019). Singapur lleva a cabo esa estrategia mediante corredores marítimos eco-digitales, combinando energía renovable, gestión inteligente, disminución de emisiones del puerto y eficiencia operativa. Y Vietnam está impulsando ese modelo de puerto verde desplegando fuentes de energía renovables, como energía solar y energía eólica; dispuesto a integrar tecnologías de gestión de residuos y control de la emisión (Agarwala, 2022; Xu et al 2020; Data Export, 2023); La Figura 3 muestra la infraestructura de energía y la gestión de energía de un puerto verde; la representación gráfica muestra una demostración de cómo se superponen la gestión energética de un

puerto y las diferentes fuentes de energía como energía eólica, solar, y red eléctrica principal.

Figura 3

Red portuaria para plan de gestión energética



Fuente: Le et al., 2023.

A pesar del éxito logrado en Asia, resulta fundamental examinar la aplicabilidad de estas estrategias en el entorno panameño (Rodríguez, 2023). Las diferencias en la infraestructura existente, en las condiciones económicas y en los marcos jurídicos hacen necesario adaptarlas, y, dado que Panamá podría adoptar un enfoque gradual de implementación, iniciando con proyectos pilote como el relativo al Puerto de Barú, se podría acceder a una evaluación del desarrollo de estas tecnologías en base a los resultados de la puesta en marcha de este puerto.

El Puerto de Barú, ubicado en la provincia de Chiriquí, aparece con potencial como un puerto piloto en la transición hacia puertos verdes en Panamá. La reciente autorización de su estudio de impacto ambiental por parte de MiAmbiente otorga carácter referencial a este proyecto como un modelo piloto (Gordón Guerrel, 2023). La transición a puerto verde del Puerto de Barú podría incorporar tecnologías y estrategias ya probadas en Asia, pero adaptadas al contexto panameño.

En contraposición a los puertos asiáticos, Panamá presenta problemas como su dependencia del Canal de Panamá, problemas climatológicos, y la posibilidad de la reducción de la adopción de estas tecnologías consideradas más avanzadas con respecto a otras. Sin embargo, porque la posición geográfica de Panamá puede constituir una buena oportunidad para el desarrollo de portuarios siempre que se realicen políticas públicas que permitan abordar las barreras económicas y legislativas mencionadas a lo largo de todo este documento.

A partir de la revisión de la literatura, encontramos diferentes estrategias que han ayudado a la implementación de puertos verdes a nivel mundial como la integración de energías renovables, la optimización de eficiencia energética y la construcción de infraestructuras sostenibles (Naucher Global, 2023). La tabla 1 muestra la comparación de la implementación de diferentes estrategias para la sostenibilidad en dos puertos (Puerto A y Puerto B) en China.

Tabla 1

Lista de aplicación de estrategias de puerto verde en dos puertos de China

Enfoque	Estrategias de Puertos Verdes	Puerto A	Puerto B
Emisiones de barcos	Penalización o incentivo basado en el rendimiento ecológico de los barcos	No	Sí
	Requiere navegación lenta al aproximarse o en el puerto	No	Sí
	Suministro de energía en tierra	Parcial	Parcial
Actividades portuarias	Uso de energía más limpia (eléctrica o GNL) en actividades portuarias	No	Sí
	Desarrollo de fuente de energía renovable en el puerto	No	Sí
	Gestión y reciclaje de residuos, incluyendo aguas residuales, derrames y agua de lastre	Sí	Sí
	Reducción de ruido y vibraciones en actividades de manejo	Sí	Sí
	Control de polvo en la manipulación de bultos	Sí	Sí
	Protección de ecosistemas (hábitat marino, húmedo y costero)	Parcial	Sí
	Sistema de transporte del puerto al interior	Descuento en tasas y tarifas portuarias para cargadores basado en la elección de modalidad de transporte	Parcial
	Incentivos y licencias para camiones más ecológicos	No	Sí
	Inversión en infraestructura del interior	Sí	Sí
	Colaboración con operadores ferroviarios para desarrollar servicios intermodales	No	Sí
	Inversión en puertos secos	Sí	No

Fuente: Du, K. et al., 2019.

Por otro lado, su implementación en Panamá presenta particularidades:

La puesta en práctica de energías renovables en la operación portuaria, por ejemplo, energía solar y eólica, ha sido determinante en puertos como el de Singapur o el de Vietnam (Le et al., 2023). El propio Panamá, debido a su alto número de recursos solares, podría replicar estas prácticas (Meng et al., 2020).

La implementación de sistemas de gestión energética y demás tecnologías de automatización permitieron una buena reducción de los consumos energéticos en puertos internacionales (Schipper, 2019; Chen et al, 2019). La aplicación de estos sistemas en el contexto del Puerto de Barú podría contribuir a una operación más eficiente y la reducción de su huella de carbono (Satır & Doğan-Sağlamtimur, 2018; Zhang, 2022). El desarrollo de infraestructuras sostenibles que como muelles y almacenes ecológicos constituye una de las estrategias claves que ha sido puesta en práctica con buen criterio en puertos europeos (Esteves J. et al., 2022). La planificación de nuevas infraestructuras en el Puerto

de Barú podría aprender de estos ejemplos utilizando materiales y planteamientos de diseño para construir infraestructuras sostenibles acordes a las condiciones locales (Zhang Z. et al., 2023).

Entre los facilitadores principales se encuentran el aumento del interés del gobierno por la sostenibilidad, la posibilidad de captar financiación internacional y la creciente concienciación por la reducción de la huella de carbono en el sector portuario.

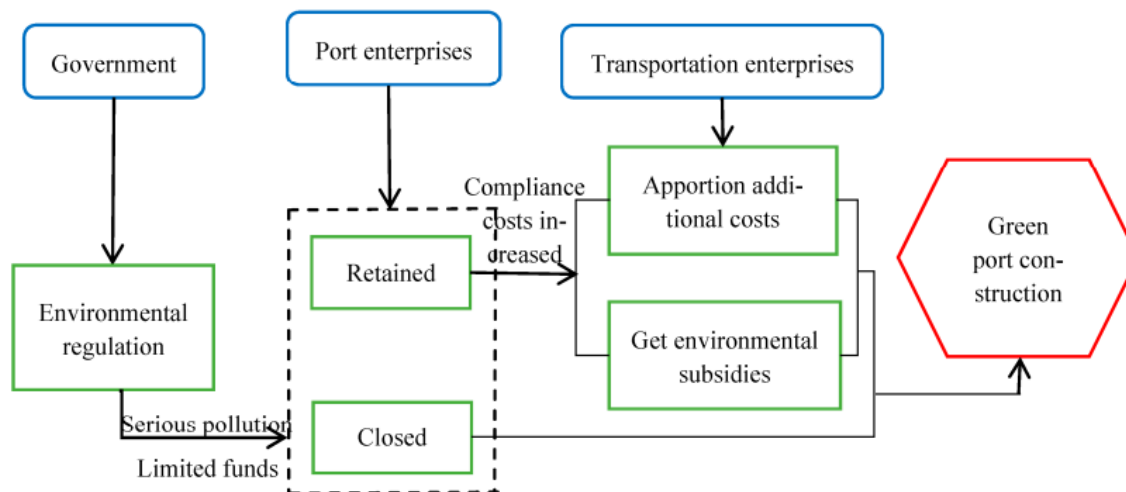
La figura 4 contiene un diagrama de flujo que ofrece el mecanismo de influencias directas de la normativa medioambiental en la construcción de un puerto verde. En ella se especifican las interacciones del gobierno, las empresas portuarias y las empresas de transporte que se cruzan en este proceso.

El gobierno inicia el proceso implantando la normativa medioambiental. Esta normativa puede desembocar en 2 alternativas para las empresas portuarias: la contaminación grave y la escasez de recursos que pueden desembocar en el cierre del puerto. La empresa portuaria elige Mantenerse y cumplir la normativa. En respuesta a la normativa aparecen empresas portuarias que respetan la norma que posteriormente se verán a la baja de los costes de cumplimiento.

También pueden ser beneficiadas por pagos medioambientales por parte del gobierno como pago por cumplir la norma. Las empresas de transporte deben ser las encargadas de asumir los costes adicionales por construir el puerto verde. La construcción de puerto verde es la meta, lograda por las expectativas y las respuestas conjuntas de las empresas de transporte, del gobierno y de las empresas portuarias por la normativa medioambiental.

Figura 4

Mecanismo de influencia directa de la regulación ambiental en los puertos verdes



Fuente: Deng et al., 2022

A pesar de las oportunidades, existen varias barreras para la implementación efectiva de puertos verdes en Panamá:

Económicas: La alta inversión inicial necesaria para la adopción de tecnologías verdes es una barrera significativa, especialmente en un contexto económico como el de Panamá,

donde las prioridades de inversión pueden estar orientadas hacia otros sectores (Iris y Lam, 2019).

Regulatorias: Aunque Panamá ha avanzado en la aprobación de estudios de impacto ambiental, la falta de un marco regulatorio robusto y específico para puertos verdes puede retrasar su desarrollo (González Aregall et al., 2018; Deng et al., 2022).

Tecnológicas: La falta de infraestructura tecnológica avanzada para soportar operaciones portuarias sostenibles es un desafío (Durlík I. et al., 2024), lo que requiere un enfoque escalonado y la adaptación de tecnologías a las condiciones locales (Maritz et al., 2014; Zhang, 2022).

La colaboración con socios internacionales, como se ha visto en los casos de Singapur y Róterdam, podría ser una vía eficaz para superar estos desafíos (McCallum P., 2022). Además, la creación de incentivos económicos y la mejora de la regulación ambiental podrían acelerar la transición hacia puertos verdes en Panamá.

La adopción de estrategias de puertos verdes en Panamá tiene el potencial de no solo mejorar la sostenibilidad ambiental del sector portuario, sino también de posicionar al país como un líder regional en sostenibilidad. Para ello, es fundamental que las políticas públicas se alineen con los objetivos de sostenibilidad, incentivando la inversión en tecnologías verdes y fortaleciendo el marco regulatorio para facilitar la transición. El caso del Puerto de Barú puede servir como un proyecto piloto que informe la política y la práctica a nivel nacional, proporcionando datos valiosos sobre la viabilidad y los beneficios de estas tecnologías en el contexto panameño.

Aunque este estudio proporciona una visión integral de las estrategias de puertos verdes, existen algunas limitaciones. En primer lugar, la mayoría de los estudios revisados provienen de contextos desarrollados, lo que puede limitar la aplicabilidad de sus hallazgos a países en desarrollo como Panamá. Además, la falta de datos empíricos específicos sobre la implementación de tecnologías verdes en Panamá destaca la necesidad de estudios futuros que evalúen la eficacia de estas tecnologías en un entorno local.

Se recomienda realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de las tecnologías verdes en los puertos panameños, así como investigaciones comparativas entre puertos de países en desarrollo para identificar estrategias adaptadas a sus condiciones particulares.

Conclusiones

La evolución hacia puertos verdes en Panamá no es sólo factible, sino que ha de serlo a fin de adecuarse a las tendencias internacionales de sostenibilidad. El Puerto de Barú, en Chiriquí, aparece como posible modelo que pueda liderar dicha transición, con carácter de piloto que oriente la implementación a nivel nacional.

Su ubicación geográfica estratégica, junto con la importancia del país como paso internacional del comercio a través del canal de Panamá, subraya la necesidad de implantar prácticas sostenibles de las operaciones portuarias (Sibaouaih et al. 2021), lo cual podría aportar al país un papel de liderazgo en el desarrollo de puertos verdes a escala regional (Infobae, 2022).

Los casos de éxitos por Asia, puertos de Singapur y Vietnam (Lu y Huang, 2021), ponen de manifiesto la efectividad del uso de tecnologías de punta como energías renovables y sistemas de gestión energética inteligente (Guo et al., 2021; Tang et al., 2022; Bergqvist

& Monios, 2019; Parhamfar et al., 2023). Claro está que en el caso de la particularidad de Panamá será necesario aplicar varias modificaciones para hacer frente a los retos a los que se enfrentarán en la implementación, entre los que se hallan limitaciones, tanto de carácter económico como de tipo tecnológico (Manos, 2023).

La práctica que realiza Singapur con la creación de corredores marítimos ecológicos y digitales ofrece un ejemplo que podría ser aplicado en Panamá en términos de mejora de la eficiencia energética y disminución de las emisiones de carbono debidas a la operativa de los puertos (Gabi y Abdullah, 2023).

Cuáles son las principales barreras a la implementación de puertos verdes en Panamá, tratando de sortear barreras económicas, regulatorias y tecnológicas. La ausencia de una normativa específica y fuerte para puertos verdes, el hecho de que se requieran grandes inversiones en infraestructura son dos factores a los que se les tiene que dar solución mediante las políticas públicas y el interés de conseguir financiación internacional (Rrukaj y Zadeh, 2023).

A pesar de estos puntos de vista, se pueden ver oportunidades muy importantes para avanzar en la sostenibilidad portuaria en Panamá. La creciente preocupación por los aspectos medioambientales, el interés gubernamental por el desarrollo sostenible y las oportunidades de cooperación internacional pueden ayudar a exportar el concepto de puertos verdes a Panamá.

Las políticas públicas deben estar alineadas con los objetivos de sostenibilidad internacional, dar incentivos para la adopción de tecnologías verdes y para robustecer el marco normativo que permita esa transición hacia puertos verdes a ese país. El desarrollo de puertos verdes tiene que hacerse parte de la planificación de la estrategia nacional y, por tanto, tiene que producirse con un enfoque sostenible a largo plazo.

Las lecciones aprendidas del Puerto de Barú y otros casos internacionales deben servir para dar forma a políticas que promuevan la sostenibilidad ambiental y que tengan en cuenta la naturaleza económica y social del contexto local, y por tanto tengan que conseguir un desarrollo justo y equilibrado. (Berna, 2023).

Teniendo presente la gran parte de la literatura revisada proviene de contextos desarrollados, se hace evidente la necesidad de realizar más investigaciones referidas a la implementación de puertos verdes en los países en desarrollo, en este caso, el puerto verde de Panamá. Los estudios empíricos que comparen la efectividad de las tecnologías verdes en el Panamá que representan un caso de estudio concreto serán necesarios para empezar a guiar esas iniciativas que se inicien con el desarrollo de puertos verdes.

Finalmente, futuras investigaciones también deben considerar la evaluación del impacto económico y social de la implementación de puertos verdes en Panamá, garantizando que el beneficio de la sostenibilidad, el desarrollo sostenible, se comparta entre todas las partes a nivel equitativo.

Referencias

- Agarwala, N. (2022). Proyecto Puertos Verdes: ¿Van los puertos indios por el buen camino? *Asuntos Marítimos: Revista de la Fundación Marítima Nacional de la India*, 18(1), 15–36. <https://doi.org/10.1080/09733159.2022.2143134>
- Berna, A. (2023, 10 de julio). Un puerto con logística verde en David, Chiriquí. La Estrella de Panamá. <https://www.laestrella.com.pa/economia/puerto-logistica-verde-david-chiriqui-FELE494450>

- Bergqvist, R., & Monios, J. (2019). Puertos verdes en teoría y práctica. En *Puertos Verdes*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814054-3.00001-3>
- Bi, O. (2014). Estudio sobre la estrategia de desarrollo de puertos verdes en China. *Ingeniería portuaria de China*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Study-on-green-port-development-strategy-in-China-Bi/824266d48b9c7efdc20a4d847e72f1238ba86097>
- Carse, A. (2012). La naturaleza como infraestructura: creación y gestión de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. *Estudios Sociales de la Ciencia*, 42(4), 539–563. <https://doi.org/10.1177/0306312712440166>
- Chen, J., Huang, T., Xie, X., Lee, P., & Hua, C. (2019). Construcción del marco de gobernanza de un puerto verde e inteligente. *Revista de Ciencias e Ingeniería Marina*. <https://doi.org/10.3390/JMSE7040083>
- Chiu, R., Lin, L., & Ting, S. C. (2014). Evaluación de los factores y el rendimiento de los puertos verdes: un análisis AHP difuso. *Problemas Matemáticos en Ingeniería*, 2014(1), 1–12. <https://doi.org/10.1155/2014/802976>
- Data Export. (2023, marzo 15). Vietnam pondrá a prueba en 2023 el modelo de puerto marítimo verde. *Data Export*. <https://dataexport.com.gt/vietnam-pondra-a-prueba-en-2023-el-modelo-de-puerto-maritimo-verde/>
- Deng, G., Chen, J., & Liu, Q. (2022). Mecanismo de influencia y juego evolutivo de la regulación ambiental en la construcción de puertos verdes. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su14052930>
- Du, K., Monios, J., & Wang, Y. (2019). Estrategias de puertos verdes en China. En *Puertos Verdes*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814054-3.00011-6>
- Durlík, I., Miller, T., Kostecka, E., Łobodzińska, A., & Kostecki, T. (2024). Aprovechamiento de la IA para el transporte marítimo sostenible y los puertos verdes: desafíos y oportunidades. *Ciencias Aplicadas*, 14(14), 5994. <https://doi.org/10.3390/app14145994>
- Elhussieny, M., Arafat, O., & El Kassar, A. (2023). Los resultados de aplicar el concepto de puerto verde inteligente en los puertos egipcios (estudio de caso: puerto de Alejandría). *Los Archivos Internacionales de Fotogrametría, Teledetección e Información Espacial Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxviii-1-w2-2023-413-2023>
- Esteves, J., Gouveia, A. M. V., Silva, N. P. da, Liu, C., Qu, B., & Yang, P. (2022). Puertos verdes: construcción de un modelo de carga de energía en tierra para simulación. *Conferencia Internacional de Energía y Energías Renovables 2022 (IPRECON)*. <https://doi.org/10.1109/IPRECON55716.2022.10059514>
- Gabi, A. U., & Abdullah, N. M. (2023). Uso de GIS y RS combinado con placa de inteligencia artificial para detectar y analizar amenazas de metales pesados acuáticos para la sostenibilidad ambiental de los puertos verdes. *Revista de Recursos Naturales Sostenibles*, 3(2). <https://doi.org/10.30880/jsunr.2022.03.02.008>
- González Aregall, M., Bergqvist, R., & Monios, J. (2018). Una revisión global de la dimensión del interior de las estrategias de puertos verdes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 23–34. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2017.12.013>

- Gordón Guerrel, I. (2024, 24 de enero). MiAmbiente aprueba estudio de impacto ambiental para el Puerto Barú. La Estrella de Panamá.
<https://www.laestrella.com.pa/panama/nacional/miambiente-aprueba-estudio-de-impacto-ambiental-para-el-puerto-baru-YK5950177>
- Guo, X., Ren, H., & Jiang, T. (2021). Aplicación de la tecnología de puerto verde. *Revista de Física: Serie de Conferencias*, 1920(1), 012071.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1920/1/012071>
- Infobae. (2022, septiembre 30). Panamá impulsa una logística verde y sostenible con un foro mundial. *Infobae*.
<https://www.infobae.com/america/agencias/2022/09/30/panama-impulsa-una-logistica-verde-y-sostenible-con-un-foro-mundial/>
- Iris, Ç., & Lam, J. (2019). Una revisión de la eficiencia energética en los puertos: estrategias operativas, tecnologías y sistemas de gestión energética. *Revisiones de Energía Renovable y Sostenible*.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.04.069>
- Lam, J., & Li, K. X. (2019). Marketing de puertos verdes para el crecimiento y desarrollo sostenibles. *Política de Transporte*, 84, 73–81.
<https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2019.04.011>
- Le, T. T., Nguyen, H., Rudzki, K., Rowiński, L., Bui, V., Truong, T. H., Le, H. C., & Pham, N. D. K. (2023). Estrategia de gestión para puertos marítimos que aspiran a los objetivos logísticos ecológicos de la OMI: soluciones tecnológicas y políticas. *Investigación Marítima Polaca*, 30(1), 165–187.
<https://doi.org/10.2478/pomr-2023-0031>
- Lu, H., & Huang, L. (2021). Optimización del despliegue de energía en tierra en puertos verdes considerando los subsidios gubernamentales. *Sostenibilidad*, 13(4), 1640. <https://doi.org/10.3390/SU13041640>
- Manos, A. (2023). How the vision of a distribution system operator encompasses the green energy transformation of ports [Technology Leaders]. *IEEE Electrification Magazine*, 11(1). <https://doi.org/10.1109/mELE.2022.3232922>
- Maritz, A., Shieh, C., & Yeh, S. P. (2014). Innovación y factores de éxito en la construcción de puertos verdes. *Revista de Protección y Ecología Ambiental*, 15(4), 1255–1263. <https://www.semanticscholar.org/paper/Innovation-and-success-factors-in-the-construction-Maritz-Shieh/adcf7f8d78de8512345e7004d5391e4ff46d814a>
- Márquez, I. (2021, 16 de abril). Puerto verde. *Revista Marítima y Portuaria*.
<https://revistamaritima.com/2021/04/16/puerto-verde/>
- McCallum, P. (2022). Puertos verdes: desarrollo portuario sostenible. *Conferencia Internacional ASCE sobre Infraestructura Sostenible*.
<https://doi.org/10.1061/9780784484401.059>
- Meng, B., Kuang, H., Niu, E., Li, J., & Li, Z. (2020). Investigación sobre la ruta de transformación del puerto inteligente verde: esbozando la perspectiva del juego evolutivo “Gobierno-Puerto-Organización de terceros”. *Sostenibilidad*.
<https://doi.org/10.3390/SU12198072>
- Mundo Marítimo. (2023, agosto 8). Puertos de Singapur y de Róterdam conformarán el corredor verde y digital más extenso del mundo. *Mundo Marítimo*.

<https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puertos-de-singapur-y-de-roterdam-conformaran-el-corredor-verde-y-digital-mas-extenso-del-mundo>

- Naucher Global. (2023, julio 25). Panamá se inspira en Barcelona para la construcción del nuevo puerto verde atlántico. *Naucher Global*. <https://www.naucher.com/panama-se-inspira-en-barcelona-para-la-construccion-del-nuevo-puerto-verde-atlantico/>
- Parhamfar, M., Sadeghkhani, I., & Adeli, A. M. (2023). Hacia la aplicación de tecnologías de energía renovable en puertos verdes: perspectivas técnicas y económicas. *IET Renewable Power Generation*, 12811. <https://doi.org/10.1049/rpg2.12811>
- Pavlic, B., Cepak, F., Sučić, B., Peckaj, M., & Kandus, B. (2014). Infraestructura portuaria sostenible, implementación práctica del concepto de puerto verde. *Ciencia Térmica*, 18(3), 935–948. <https://doi.org/10.2298/TSCII1403935P>
- Rodríguez, A. (2022). Corredores marítimos verdes y su aporte en la descarbonización del transporte marítimo. *El Faro*. <https://elfarodelcanal.com/corredores-maritimos-verdes-y-su-aporte-en-la-descarbonizacion-del-transporte-maritimo/>
- Rrukaj, R., & Zadeh, M. (2023). Sistemas energéticos integrados para puertos verdes; Un modelo de costos y estudio de caso. *2023 ESARS-ITEC*. <https://doi.org/10.1109/ESARS-ITEC57127.2023.10114871>
- Satr, T., & Doğan-Sağlamtimur, N. (2018). La protección de la vida acuática marina: modelo de puerto verde (EcoPort) inspirado en el concepto de puerto verde en puertos seleccionados de Turquía, Europa y EE. UU. *Publicaciones Periódicas de Ingeniería y Ciencias Naturales (PEN)*. <https://doi.org/10.21533/PEN.V6I1.149>
- Schipper, C. (2019). Comprender el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para los puertos del futuro. *38º Congreso Mundial de la IAHR – “Agua: Conectando el mundo”*. <https://doi.org/10.3850/38wc092019-1913>
- Seddiek, I. (2020). Aplicación de tecnologías de energía renovable para puertos marítimos ecológicos. *Barcos y Estructuras Offshore*, 15(9), 953–962. <https://doi.org/10.1080/17445302.2019.1696535>
- Setyo, A. A. A., Kurniadi, D., & Hozairi, H. (2023). Análisis bibliométrico del desarrollo de la investigación sobre la implementación de Green Port en 2015–2023. *Dinamika Bahari*. <https://doi.org/10.46484/db.v4i2.382>
- Sibaouaih, S., Roky, N. A., Kabiru, B., & Mohiuddin, K. (2021). Una revisión sistemática de la literatura de las estrategias de los puertos verdes en la planificación portuaria sostenible. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4540675>
- Suárez, C. (2023, 26 de diciembre). Puertos de Singapur, Los Ángeles y Long Beach revelan estrategias de corredores marítimos ecológicos. *The Logistics World*. https://thelogisticsworld.com/comercio-internacional/puertos-de-singapur-los-angeles-y-long-beach-revelan-estrategia-de-corredores-maritimos-ecologicos-y-digitales/#utm_secciones
- Tang, D., Chai, Z., Zhang, Q., Yuan, Y., Xu, W., & Gu, Y. (2023). Práctica y perspectivas hacia puertos verdes sostenibles con carbono neutral. *2023 Sexta*

Conferencia Internacional sobre Infraestructura de Transporte y Desarrollo Sostenible (ICTIS). <https://doi.org/10.1109/ICTIS60134.2023.10243725>

- Valdés Cerda, R. E. (2019). Puertos verdes para mejorar la protección del medio ambiente. *Revista del Centro de Estudios Superiores Navales*, 40(3), 37–61. https://cesnav.uninav.edu.mx/cesnav/revista_pdf/2019/2019-3.pdf
- Wang, W., Huang, L., Gu, J., & Jiang, L. (2019). Programación de proyectos de puertos verdes con consideración de eficiencia integral. *Política y Gestión Marítima*, 46(8), 967–981. <https://doi.org/10.1080/03088839.2019.1652775>
- Xu, G., & Dadi, Z. (2020). Estudio sobre el sistema de evaluación del desarrollo de puertos verdes. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019405012>
- Zhang, H. (2022). Investigación sobre tecnología de equipos portuarios en la construcción de puertos verdes y bajos en carbono. *Actas de SPIE*, 12302, 123024N-5. <https://doi.org/10.1117/12.2645458>
- Zhang, Z., Song, C., Zhang, J., Chen, Z., Liu, M., Aziz, F., Kurniawan, T. A., & Yap, P. (2023). Digitalización e innovación en puertos verdes: una revisión de los problemas actuales, las contribuciones y el camino a seguir para promover puertos sostenibles y la logística marítima. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 169075. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169075>