

Logística en la Zona Libre y puertos de Colón: estudio de costos, tecnología 4.0 y digitalización

Logistics in the Colón Free Zone and ports: study of cost, industry 4.0 technology and digitalization

Katia Edilka Alderete Morales

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

<https://orcid.org/0009-0003-4527-2667>

katia.alderete-m@up.ac.pa

Ismael Ernesto De Gracia Ramos

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Panamá

<https://orcid.org/0009-0000-7331-9969>

Ismael.degracia@up.ac.pa

Fecha de recibido: 10 de marzo de 2026

Fecha de aceptación: 2 de mayo de 2026



DOI: <https://doi.org/10.48204/2953-3147.9523>

Resumen

La adopción de Tecnología de la Industria 4.0 y Digitalización han generado un efecto profundo en la logística moderna, especialmente en centros de distribución y puertos de alta actividad como lo son la Zona Libre y Puertos de Colón, introduciendo sistemas automatizados, robots inteligentes y herramientas de Big Data, mejorando procesos claves los cuales reduce significativamente los costos y aumenta la competitividad y coordinación de flujo logístico. Estas innovaciones han permitido reducir errores

humanos, optimizar recursos y responder más eficazmente a la demanda del comercio internacional, en donde la logística en la Zona Libre y los Puertos de Colón, juega un papel vital en la facilitación del movimiento de bienes a través de fronteras, lo que impacta directamente en las eficiencias en los costos de las operaciones. Se adoptó una metodología descriptiva mediante el análisis de datos secundarios para comprender el efecto de la tecnología en la logística, enfatizando la importancia de la inversión en infraestructura tecnológica que no solo reduce costos, sino que también fortalece las relaciones comerciales.

Palabras clave: Logística, Big Data, innovación, comercio Internacional.

Abstract

The adoption of Industry 4.0 technology and digitalization has had a profound impact on modern logistics, especially in high-activity distribution centers and hubs such as the Colón Free Zone and the Ports of Colón. It has introduced automated systems, intelligent robots, and big data tools, improving key processes that significantly reduce costs while increasing competitiveness and the coordination of logistical flows. These innovations have made it possible to reduce human errors, optimize resources, and respond more effectively to the demands of international trade. In this context, logistics in the region play a vital role in facilitating the movement of goods across borders, directly impacting operational efficiency. A descriptive methodology based on the analysis of secondary data was adopted to understand the effects of technology on logistics, emphasizing that investment in technological infrastructure not only minimizes expenses but also strengthens trade relationships.

Keywords: Logistics, Big Data, innovation, international trade.

Introducción

En un mundo cada vez más interconectado, la Tecnología 4.0 se ha convertido en un motor clave de transformación para las cadenas de suministro y los sistemas logísticos globales. Esta nueva era tecnológica, caracterizada por la integración de automatización avanzada, robótica colaborativa y análisis de datos masivos (Big Data) que conlleva la globalización, por lo cual ha intensificado la necesidad de redes logística robusta y eficientes que permitan a las empresas gestionar el creciente volumen del comercio internacional. Panamá es reconocido como “Puente del Mundo, Corazón del Universo”, debido a nuestra ventaja natural geológica y en especial la ciudad de Colón, que permite estar a pocos metros de la Zona Libre de Colon y a 4 principales puertos, facilitando de esa manera el comercio internacional y financiero global.

La elección de modo de transporte y la tecnología aplicada influye significativamente en los costos totales en la eficiencia en la cadena de suministro ya que este representa aproximadamente el 25% de los costos logísticos totales, por lo que la utilización de plataformas digitales para control de flotas vehiculares de transporte de carga, exactitud del inventario y la infraestructura adecuada, que incluye puertos y centros de distribución, es fundamental para la conectividad global.

Este estudio se centra en como la automatización y el análisis de datos masivos (Big Data) que están transformando la Zona Libre de Colón (ZLC), buscando identificar áreas donde las mejoras tecnológicas generan mayores eficiencias y beneficios económicos.

Desarrollo

Logística y ventajas competitiva en Colón

La ciudad de Colón, ubicada estratégicamente cerca del canal de Panamá, que otorga a Colón un rol privilegiado en el comercio global por el uso de esta vía interoceánica, reduciendo tiempo y costos de transporte a las empresas que utilizan la Zona Libre de Colón; el cual representa unos de los polos logísticos más importantes de América Latina, facilitando operaciones de importación, almacenamiento y reexportación, atrayendo empresas de múltiples sectores; además de su infraestructura portuaria y su papel como centro de redistribución de mercancía con terminales como, Manzanillo International Terminal y Colón Container Terminal, que manejan millones de TEUs al año, convierten a la logística en Colón en un factor clave para transformar ventajas comparativas, como la posición geográfica, en ventajas competitivas sostenibles en prácticas logísticas verdes como la optimización de rutas, reducción de emisiones y consolidando a la ciudad como hub intermodal, utilizando la digitalización de procesos aduaneros y portuarios, junto con sistemas de trazabilidad, incrementan la eficiencia y la transparencia.

Colón es un ejemplo claro de como una ventaja geográfica puede transformarse en una ventaja competitiva mediante innovación y sostenibilidad. Mas allá de su ubicación, la ciudad de Colón demuestra que la logística es un motor de diferenciación capaz de posicionar a las empresas en un entorno global altamente competitivo.

Además, el reto está en seguir integrando tecnología y práctica sostenibles para que Colón mantenga su liderazgo y se convierta en modelo replicable en otras regiones. Según Pinheiro, (2017) “la globalización promovió en las organizaciones la busca incesante de la competitividad, obligando a las empresas a salir de un estado de ventajas comparativas a uno de ventajas competitivas.” (p.265)

En la Zona Libre de Colón (ZLC), esta ventaja ya no reside solo en su posición geográfica, sino en la capacidad de gestionar flujo de información y bienes de manera eficiente. La logística se encarga de optimizar proceso como el almacenamiento y la distribución. Y como destaca Muñoz (2007) “Logística abarca todas aquellas actividades relacionadas con el traslado y almacenamiento de productos”. (p. 15)

El Rol de la Localización Estratégica

La localización geográfica es un punto estratégico del comercio internacional, pues determina la eficiencia en el traslado de bienes y la capacidad de las empresas para insertarse en cadena globales de valor. En este sentido, La Zona Libre de Colón representa un caso paradigmático ya que su proximidad al Canal de Panamá le otorga una ventaja competitiva que la convierte en un nodo logístico de alcance mundial, González (2015) describe a la Zona Libre de Colón como, “un conjunto de movimiento comerciales de carácter universal”, (p.293) lo que confirma su papel dentro cumple con la definición de comercio internacional

No obstante, la localización estratégica por sí sola no garantiza el éxito; la infraestructura vial limitada, los procesos aduaneros burocrático y la escasa digitalización de tramite constituye barreras que reduce la eficiencia operativa. Estos factores generan un desfase entre el potencial geográfico y la realidad logística, lo que evidencia la necesidad de políticas públicas orientadas a modernizar y agilizar los procesos.

Asimismo, la localización estratégica debe entenderse en un sentido amplio. No se limita a la cercanía con rutas marítimas o aéreas, sino también a la capacidad de aproximarse al consumidor final. Empresas nacionales como Supermercado Rey han demostrado que la ubicación de centro de distribución en puntos estratégicos dentro del territorio panameño permite optimizar la cobertura y garantizar un abastecimiento oportuno. Este enfoque completa la visión tradicional de la localización como ventaja

internacional, mostrando que la proximidad al mercado interno es igualmente determinante.

Optimización de costos mediante automatización y robótica

La automatización y la robótica en la cadena de suministro permiten reducir costos operativos mediante la disminución de errores humanos, la optimización del uso del espacio y la mejora en la velocidad de procesamiento de pedidos. La implementación de sistemas automatizados incrementa la eficiencia operativa y mejora la competitividad empresarial (Adesoga et al., 2024)

La optimización de costos es una estrategia vital para las empresas que buscan mantenerse competitivas. Esta implica ajustes en áreas claves como la distribución y servicio al cliente.

La automatización y la robótica se han convertido en una de las herramientas más poderosas que permiten reducir costos en la cadena de suministro. Su impacto no se limita a la reducción de errores o aprovechamiento del espacio, sino que inciden de manera importante en la forma de competir en mercados cada vez más exigentes.

A través de la observación de casos en Panamá, se percibe que empresas del retail y distribución que invirtieron en sistemas automatizados tienen una clara ventaja competitiva frente a competidores que aún realizan sus procesos de forma manual; ya que la velocidad en el armado de pedidos y el control de inventarios se traduce en un mejor servicio al cliente y reducción de gastos operativos.

Sin embargo, también hay que considerar las desventajas como la onerosa inversión inicial y el poco acceso a pequeñas y medianas empresas para estas tecnologías, lo que origina una brecha competitiva que se debe subsanar mediante políticas públicas e incentivos para su adopción y programas de capacitación.

En pocas palabras, la automatización y la robótica no son simplemente una opción, sino una necesidad para quienes deseen participar dentro del comercio mundial; su implementación junto con recursos humanos calificados e infraestructura adecuada pueden ser las herramientas para potenciar la competitividad empresarial y el desarrollo económico de la región.

Robótica en el almacenamiento

La robótica aplicada a almacenes inteligentes mejora la precisión en la gestión de inventarios y reduce tiempos de preparación de pedidos. Los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (AS/RS) permiten una mayor eficiencia en centros de distribución estratégicamente ubicados, optimizando costos logísticos y reduciendo tiempos de entrega (Adesoga et al., 2024).

Uno de los más grandes avances en la actualidad en logística es la robótica dentro de los almacenes inteligentes, ya que no solo se trata de aplicar máquinas de transportes, sino que se hablan de un sistema total en cuanto a control de inventarios y ubicación o unificación de ellos, en donde se puede observar empresas distribuidoras panameña como Dicarina y cadenas de ventas de alimentos como Supermercados Rey, que incursionaron en los sistemas automatizados de almacenamientos y recuperación (AS/RS) con lo cual logran mayor rapidez en la preparación de pedidos y mayor precisión en el control de sus inventarios.

Sin embargo, existen desventajas muy validas, como la inversión inicial en la robótica que tiene costos muy altos y muchas empresas pequeñas o medianas no tienen acceso a ellas, existe una diferencia muy grande para las empresas que, si pueden tener acceso a las nuevas tecnologías y aquellas que no, también puede fallar la falta de personal calificado para la programación y mantenimiento.

En nuestra opinión la combinación de tecnología y estrategias de capacitación constante es lo más acertado, no puedes solo implementar maquinas robots ya que la necesitas para supervisar, programar y aprovechar al máximo su rendimiento para que dicha inversión no este desaprovechado.

La mejora de infraestructura tecnológica incluye la creación e implementación de centros de distribución ubicados estratégicamente, los cuales acortan los tiempos de entrega. La integración de tecnología como la robótica junto con la automatización de almacenes permiten mayor presión y eficiencia ayudando al sistema de gestión de reducción en stock y la eficiencia de los que describimos a continuación:

Sistema de Gestión: Los sistemas avanzados de gestión de almacenes (WMS) apoyados por tecnologías digitales permiten monitorear inventarios en tiempo real, reduciendo errores y mejorando la trazabilidad de productos (Abdelhamid et al., 2024). Las tecnologías avanzadas han revolucionado la forma en que la empresa gestionan existencias.

Consideramos que los WMS avanzados por tecnologías digital facilitaron a las empresas la gestión de los controles de inventarios, ya que su implementación aumentó la transparencia de la existencia al permitir el monitoreo en tiempo real, lo que reduce la probabilidad de errores e incrementa la trazabilidad, características que son muy importante en sectores como en el manejo de productos farmacéuticos y productos de alimentos.

En Panamá se observa a operadores logísticos y compañías de retail utilizar estas soluciones aumentando su productividad operativa. Como por ejemplo J. Cain Co.; que ha invertido en plataformas digitales que les permiten tener un mejor control sobre el inventario y responder de manera más rápida a la demanda del mercado. Esto le ha permitido tener menor perdida por caducidad de los productos almacenados de sus

clientes y obtener mejor rotación del producto, así como aumentar la confianza del cliente en la exactitud del inventario en sus almacenes.

En cuanto aspectos negativos, consideramos importante mencionar el costo y el cambio cultural para su implementación. Un WMS requiere una alta inversión económica y una adaptación organizacional, ya no solo se trata de adquirir software, sino que es necesario capacitar al personal y asegurar que los procesos internos estén alineados con la herramienta; en ocasiones los clientes no logran tener la respuesta de valor esperado debido a factores como resistencia al cambio o falta de integración con otros sistemas logísticos.

Lo más acertado es considerar al WMS dentro de la estrategia de digitalización; separado del resto de tecnología como trazabilidad, automatización o análisis de datos debido a que no se tendrá el mismo impacto en la eficiencia operativa y en la ventaja competitiva.

Reducción de Stock: Implementar sistemas de gestión de almacenes como como los GSA/WMS y las plataformas de reposición automáticas tipo ERP como Kladana u ODO representan un salto cualitativo en la administración de inventarios. Al integrar compras, ventas y contabilidad en un mismo sistema, se obtiene un control único que reduce fallas y, por ende, tiempo de reacción.

En Panamá empresas de distribución y retail han logrado una mejor rotación de productos utilizando este tipo de soluciones tecnológicas, como el caso de Dicarina que para justar los niveles óptimo de stock, evitando el sobre stock y el rompimiento de inventario, implementó estos sistemas de control de inventarios en sus procesos digitales, dando el resultado de menores costos de almacenamiento y una mejor respuesta a la demanda del mercado.

En la implementación de un ERP o WMS, muchas veces su verdadero potencial se pierde por resistencia al cambio o falta de integración con el resto del sistema logístico, por lo que es más acertado pensar en la reducción de stock como parte de un proceso totalizador hacia la digitalización. No basta con instalar un software, es necesario tecnologías, más procesos claros, roles definidos y talento humano capacitado, para que la automatización del inventario realmente sea un factor clave.

Eficiencia: La integración de automatización y análisis de datos reduce costos operativos al optimizar recursos, disminuye desperdicios y mejora la coordinación en la cadena de suministro (Adesoga et al., 2024). Esto reduce costos de almacenamientos y minimiza el riesgo de obsolescencia.

La ventaja más clara es la reducción de costos de almacenamiento y el menor riesgo de obsolescencia de productos. Cuando los datos se analizan en tiempo real, las decisiones sobre compras y distribución se vuelven más precisas, evitando tanto el exceso de stock como la falta de mercancía. Esto no solo mejora la eficiencia interna, sino que también fortalece la confianza de cliente al garantizar disponibilidad constante.

Lo más acertado es entender la eficiencia como un proceso integral ya que solo así se logra que la automatización y el análisis de datos se conviertan en motores reales de competitividad y sostenibilidad en la cadena de suministros.

Big Data e inteligencia artificial: La Nueva Frontera

La logística desempeña un papel crucial en aumentar la eficiencia en la cadena de suministro global. Actualmente la logística es la gestión del flujo de insumo y personas. La inteligencia artificial permite transformar datos en información estratégicas para optimizar operaciones logísticas, mediante:

Monitoreo en Tiempo real: El poder controlar y monitorear todas las actividades de la operación en tiempo real gracias a las funciones que nos permite el manejo de la Big Data, al manejar grandes volúmenes de datos, nos permite una mejor exactitud al planificar, trazabilidad de los productos, tendencia de los datos para reducir errores operativos.

Sensores e LoT: La implementación de los sensores e LoT, en puertos (tecnología de la industria 4.0), en maquinarias en vehículos de cargas permite evitar el tiempo muerto de operaciones por fallos de maquinarias, gracias a los mantenimientos predictivos que estos sensores permiten. Además, con los sistemas digitales estos sensores permiten la coordinación entre proveedores, puertos y centro de distribución mejorando la productividad en la cadena de suministros.

Proactividad: Un enfoque dinámico basado en el análisis de datos permite anticipar fluctuaciones del mercado y ajustar la cadena de manera proactiva. El uso de Big Data permite adoptar un enfoque dinámico, ajustando rutas, inventarios y producción en tiempo real frente a fluctuaciones del mercado

Control en las finanzas: La aplicación del Big Data, nos permite detectar fraudes financieros a través del monitoreo en tiempo de real en transacciones y patrones de pagos sospechosos, además de que es un sistema validado para bloquear fraudes en tiempo real además de generar las alertas en el sistema para que se tome las medidas a tomar.

Infraestructura Portuaria en Colón como nodo estratégico para la Zona Libre de Colón (ZLC)

Una Infraestructura bien desarrollada en los Puertos cercanos a la ZLC, no solo facilita el movimiento de mercancía, sino que mejora la eficiencia operativa, para ser competitivos como nodos estratégico logístico en la cadena de suministro, lo cual nos

posesiona como hub logístico de América Latina y el Caribe. Se han implementados tecnologías robóticas e innovaciones en las infraestructuras para mejorar el flujo de mercancía, actividades de almacenamientos, carga, descarga, para la eficiencia operativa del desarrollo logístico de los principales puertos de la ciudad de Colón que están a pocos metros de la ZLC.

Tecnologías de Seguimiento

La integración de tecnologías como IoT y blockchain mejora la visibilidad en tiempo real de la cadena de suministro, reduciendo pérdidas, errores y costos asociados a ineficiencias logísticas (Abdelhamid et al., 2024).

El uso de inteligencia artificial en logística portuaria incrementa la eficiencia operativa y facilita la toma de decisiones estratégicas en terminales marítimas (Khazzar et al., 2025).

El uso de tecnología definitivamente ha llevado al control administrativo y operativo a un nivel de eficiencia de calidad, para evitar los robos de hormiga y evitar errores humanos. Además de generar reportes para mejorar los procesos a través de aseguramiento de la calidad.

Tabla 1

Comparaciones tecnológicas de principales funciones de Puertos en Colón

Tecnología	Función Principal	Impacto en Costos Logísticos
Robótica / AGV	Movimiento de carga	Reducción de costos de suministro
Big Data	Predicción de demanda	Optimización de inventarios
IoT	Trazabilidad total	Mejora de servicio al cliente
ERP/SCM	Coordinación integral	Reducción de redundancias

Procesos regulatorios en la Logística

Las diferencias regulatorias entre países, así como procedimientos aduaneros complejos y burocracia administrativa, pueden generar retrasos y aumentar los costos en el comercio internacional (World Bank, 2023). Afectando la eficiencia de las cadenas logísticas y la competitividad en los países en el comercio global.

En Panamá, los trámites burocráticos es uno de los obstáculos que afecta la productividad en el proceso del manejo documental para la entrada y la salida de los productos en el país, lo cual afectan su eficacia, debido a los procedimientos aduaneros complejos y tiempos de respuestas excesivos.

Normativa Aduaneras

La falta de armonización en los procesos aduaneros y en la documentación comercial pueden aumentar la complejidad operativa y generar retraso en la cadena de suministros internacionales (World Trade Organization, 2023). Los procedimientos administrativos complejos y la falta de estandarización en los procesos logísticos afectan la eficiencia del comercio internacional y aumentan los costos del transporte y distribución. (World Bank, 2023).

Estas leyes de los procesos aduaneros, a pesar de que no son rápidas, garantizan la seguridad documental, para que el flujo de mercancía sea tratado bajo normas de seguridad ambiental y garantizar que la salud de las personas involucradas en los procesos no corre peligro de explosiones, muerte, incendios, exposición a tóxicos o de accidente; durante el transporte o manipulación de la carga.

Conclusiones

La transición hacia un modelo automatizado en La Logística en la Zona Libre y Puerto de Colón, y basado en datos no solo reduce costos operativos, sino que fortalece la competitividad de las empresas en el Comercio Internacional. La transformación de la Zona libre y Puertos de Colón hacia un modelo de logística 4.0 es irreversible y necesaria.

La adopción de la robótica, el Big Data y la automatización ha demostrado ser la vía más eficaz para reducir los gastos operativos y mejorar la rentabilidad empresarial, aumentar la capacidad de respuesta a las demandas de un mercado globalizados y fortalecer la posición competitiva de Panamá como centro de conexión mundial.

Para asegurar el crecimiento futuro se recomienda Inversión en infraestructura digital priorizando la conectividad IoT en toda la zona franca, capacitación continua, formar al personal en el uso de tecnología emergentes para crear una cultura de mejora continua y la colaboración Internacional al estandarizar practicas logísticas para reducir barreras comerciales y promover un flujo más eficiente.

La inversión continua en infraestructura tecnológica y la colaboración internacional son las claves para superar los obstáculos remanentes y garantizar un comercio más fluido y eficiente.

La ubicación estratégica es un recurso para el desarrollo económico y la competitividad empresarial. Sin embargo, el aprovechamiento pleno requiere una articulación entre infraestructura moderna, innovación tecnológica y marcos regulatorios eficientes. Solo mediante esta integración se logrará transformar la ventaja geográfica en un motor sostenible de crecimiento y consolidar a Panamá como un referente logístico de la región.

Referencias bibliográficas

Abdelhamid, M. M., Sliman, L., y Ben Djemaa, R. (2024). AI-enhanced blockchain for scalable IoT-based supply chain. *Logistics*, 8(4), 109. <https://doi.org/10.3390/logistics8040109>

Abreu, J. L. (2014). El método de la investigación Research Method

Adesoga, T. O., Ajibaye, T. O., Nwafor, K. C., Imam-Lawal, U. T., Ikekwere, E. A., y Ekwunife, D. I. (2024). The rise of the “smart” supply chain: How AI and automation are revolutionizing logistics. *International Journal of Science and Research Archive*. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1304>

Alvarado González, G. (2015). *Comercio internacional*. Editorial Éxodo

Khazzar, A., Sekaki, Y., Lachhab, Y., y El-Marzouki, S. (2025). Artificial intelligence in port logistics: A bibliometric analysis of technological integration and research dynamics. [arXiv. https://arxiv.org/abs/2510.06556](https://arxiv.org/abs/2510.06556)

Muñoz, M. A. (2007) *Logística y turismo*, s. f., p. 15. Ediciones Díaz de Santos.

Pinheiro de Lima, O., et al. (2017). Una nueva definición de la logística interna.

World Bank. (2023). *Connecting to compete 2023: Trade logistics in the global economy: The logistics performance index and its indicators*. World Bank.

World Trade Organization. (2023). *World trade report 2023: Re-globalization for a secure, inclusive and sustainable future*. WTO.