

**Digitalización del Comercio Internacional: El Rol de las Aduanas Inteligentes y la
Tecnología Blockchain**

**Digitalization of International Trade: The Role of Smart Customs and Blockchain
Technology**

Lukas Linner Johanning y Carlos Fallas Segura

Escuela de Relaciones Internacionales de la Universidad Latina de Costa Rica

Costa Rica

lukas.linner@ulatina.net y carlos.fallas7@ulatina.net

Índice

<i>Resumen</i>	3
Palabras clave	3
<i>Abstract</i>	3
Keywords	4
<i>1. Introducción</i>	5
<i>2. Método</i>	6
2.1 Revisión de literatura académica y técnica	6
2.2 Selección de casos de estudio	7
2.3 Criterios de análisis	7
2.4 Estrategia de análisis cualitativo	7
2.5 Triangulación de fuentes	7
<i>3. Desarrollo</i>	8
3.1. Aduanas inteligentes y su impacto en la facilitación del comercio internacional	8
3.2. Aplicación de la tecnología blockchain en los procesos aduaneros y logísticos	9
3.3. Retos y oportunidades en países en desarrollo: el caso de Costa Rica	10
<i>Resultados</i>	11
<i>Discusión y Conclusiones</i>	12
<i>Referencias Bibliográficas</i>	14

Resumen

Este estudio analiza cómo la digitalización del comercio internacional, mediante tecnologías como las aduanas inteligentes y la blockchain, está transformando los procesos logísticos, la transparencia y la eficiencia en el comercio transfronterizo. A partir de una revisión cualitativa de literatura académica, informes técnicos y casos de estudio, se examinaron las ventajas, limitaciones y condiciones necesarias para su implementación efectiva, con énfasis en países en desarrollo como Costa Rica. Los hallazgos muestran que las aduanas inteligentes contribuyen significativamente a la reducción de tiempos de despacho, la automatización de procesos y la integración interinstitucional. Por su parte, la blockchain mejora la trazabilidad, la seguridad documental y la confianza entre actores comerciales, especialmente cuando se combina con contratos inteligentes. Sin embargo, en países en desarrollo persisten retos relacionados con la infraestructura tecnológica, la disponibilidad de talento humano especializado y la ausencia de marcos normativos adecuados. El caso de Costa Rica, si bien evidencia avances importantes, refleja también la necesidad de un enfoque integral que articule capacidades técnicas, políticas públicas e innovación institucional. Se concluye que estas tecnologías tienen un alto potencial transformador, pero su adopción sostenible dependerá del diseño de estrategias nacionales que aborden los desafíos estructurales que aún persisten.

Palabras clave: comercio internacional, aduanas inteligentes, blockchain, logística

Abstract

This study analyzes how the digitalization of international trade, through technologies such as smart customs and blockchain, is transforming logistics processes, transparency, and efficiency in cross-border trade. Based on a qualitative review of academic literature, technical reports, and case studies, the research examines the advantages, limitations, and necessary conditions for effective implementation, with a focus on developing countries such as Costa Rica. The findings indicate that smart customs significantly reduce clearance times, automate procedures, and foster interagency coordination. Meanwhile, blockchain enhances traceability, document security, and trust among trade actors, especially when combined with smart contracts. Nonetheless, developing

countries face challenges related to technological infrastructure, the availability of specialized human talent, and the lack of appropriate regulatory frameworks. While Costa Rica has made significant progress, its experience highlights the need for an integrated approach that aligns technical capabilities, public policy, and institutional innovation. The study concludes that these technologies hold great transformative potential, but their sustainable adoption will depend on the development of national strategies that address existing structural barriers.

Keywords: international trade, smart customs, blockchain, logistics

1. Introducción

El comercio internacional ha experimentado transformaciones profundas en las últimas décadas, impulsadas por los procesos de globalización, la liberalización comercial y, más recientemente, por la acelerada digitalización de los sistemas logísticos y aduaneros (McDaniel & Norberg, 2019). En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes ha comenzado a redefinir las dinámicas del comercio transfronterizo, buscando no solo una mayor eficiencia operativa, sino también niveles superiores de transparencia, seguridad y trazabilidad en las cadenas de suministro (WCO, 2017; WTO, 2018).

Entre las innovaciones tecnológicas más relevantes destacan las aduanas inteligentes y la tecnología blockchain, ambas orientadas a optimizar los procesos aduaneros mediante la automatización, la gestión de datos en tiempo real y el fortalecimiento de los mecanismos de verificación y control. Las aduanas inteligentes utilizan tecnologías como inteligencia artificial, escaneo automatizado, análisis de riesgo y sistemas integrados de información para facilitar el tránsito de mercancías, reducir los tiempos de despacho y minimizar los costos asociados (Chang, Iakovou & Shi, 2019). Por su parte, la blockchain ofrece una arquitectura descentralizada y segura para el registro de información, permitiendo una trazabilidad completa de las operaciones logísticas y una reducción significativa de fraudes, errores humanos y barreras administrativas (McDaniel & Norberg, 2019; WCO, 2022).

Este proceso de digitalización representa una oportunidad estratégica para los países en desarrollo, como Costa Rica, que enfrentan el desafío de modernizar sus sistemas aduaneros en un entorno cada vez más competitivo. No obstante, la implementación efectiva de estas tecnologías conlleva también importantes retos institucionales, técnicos y financieros, los cuales deben ser comprendidos y abordados desde una perspectiva integral (Elizondo, 2023; IADB, 2019).

En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo general analizar cómo la digitalización del comercio internacional, mediante tecnologías como las aduanas inteligentes y la blockchain, está transformando los procesos logísticos, la transparencia y la eficiencia en el comercio transfronterizo. Para ello, se plantean tres objetivos específicos: (1) examinar el concepto y funcionamiento de las aduanas inteligentes, y su impacto en la facilitación del comercio

internacional; (2) explorar el uso de la tecnología blockchain en los procesos aduaneros y logísticos, identificando sus ventajas en trazabilidad, seguridad y reducción de costos; y (3) identificar los retos y oportunidades que enfrentan los países en desarrollo, como Costa Rica, para implementar estas tecnologías en sus sistemas aduaneros.

A través de un enfoque cualitativo y una revisión crítica de literatura especializada, informes técnicos y casos de estudio internacionales, este análisis busca aportar al debate sobre la modernización de los procesos comerciales en la era digital, con especial énfasis en su aplicabilidad en economías emergentes.

2. Método

Este trabajo empleó un enfoque cualitativo basado en una revisión documental y comparativa de literatura científica, informes técnicos y casos de estudio relacionados con la digitalización del comercio internacional. El objetivo metodológico fue reunir evidencia suficiente para analizar cómo tecnologías como las aduanas inteligentes y la blockchain han transformado los procesos logísticos y aduaneros a nivel global, y cómo podrían implementarse en países en desarrollo, con énfasis en Costa Rica.

2.1 Revisión de literatura académica y técnica

Se consultaron artículos científicos en bases de datos como Scopus, JSTOR y Google Scholar, así como documentos técnicos de organismos multilaterales como la Organización Mundial del Comercio (OMC), la Organización Mundial de Aduanas (OMA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La selección de fuentes priorizó publicaciones entre 2017 y 2023, enfocadas en transformación digital, facilitación comercial, tecnologías emergentes y gestión aduanera. Se incluyeron estudios sobre el uso de blockchain en logística (Chang et al., 2019), contratos inteligentes (Bhat et al., 2021) y ventanillas únicas digitales (Copigneaux et al., 2020).

2.2 Selección de casos de estudio

Se analizaron experiencias de países pioneros en la implementación de estas tecnologías, tales como Singapur, Corea del Sur, Países Bajos y los Emiratos Árabes Unidos. Asimismo, se incorporaron estudios de iniciativas en América Latina, particularmente el proyecto CADENA promovido por el BID y Microsoft, y la aplicación piloto de TradeLens en Costa Rica (Elizondo, 2023; IADB, 2021).

2.3 Criterios de análisis

La información recolectada se organizó en torno a cuatro dimensiones:

- **Facilitación logística** (reducción de tiempos, integración de plataformas).
- **Transparencia y trazabilidad** (seguimiento digital, confianza en datos).
- **Eficiencia administrativa** (automatización, interoperabilidad de sistemas).
- **Retos institucionales** (infraestructura, normativa, talento humano).

2.4 Estrategia de análisis cualitativo

Se aplicó un análisis temático, mediante codificación abierta de los documentos seleccionados, agrupando hallazgos en categorías vinculadas a los objetivos específicos. Se contrastaron beneficios reportados en casos internacionales con el estado actual de los sistemas aduaneros de Costa Rica, evaluando así su aplicabilidad y posibles obstáculos.

2.5 Triangulación de fuentes

Se trianguló información entre fuentes académicas, institucionales y reportes técnicos, con el fin de validar los hallazgos e identificar convergencias o contradicciones. Este proceso permitió reforzar la solidez del análisis e incorporar múltiples perspectivas sobre el uso de blockchain y tecnologías aduaneras avanzadas en el comercio internacional.

3. Desarrollo

3.1. Aduanas inteligentes y su impacto en la facilitación del comercio internacional

Las aduanas inteligentes constituyen un avance en la forma en que los Estados gestionan el flujo de mercancías. Estas aduanas incorporan herramientas tecnológicas como inteligencia artificial, escaneo automatizado, análisis de riesgos y sistemas interconectados. Su objetivo es optimizar el proceso de revisión, reducir errores y disminuir los tiempos de despacho (Copigneaux, Wattenhofer & Meijer, 2020; WCO, 2022).

La aplicación de estos sistemas ha sido especialmente exitosa en países como Singapur, Corea del Sur y los Países Bajos. En estas economías, los tiempos de despacho se redujeron significativamente, pasando de varios días a menos de 24 horas gracias a sistemas digitales integrados (Chang, Iakovou & Shi, 2019). Este tipo de eficiencia incrementa la competitividad de las exportaciones y facilita la inserción en cadenas globales de valor.

Uno de los elementos clave en este proceso ha sido la implementación de ventanillas únicas digitales. Estas plataformas permiten gestionar permisos y trámites aduaneros desde un solo punto de acceso, integrando múltiples instituciones. Así se eliminan duplicidades, se reducen costos y se fortalecen los controles fronterizos (WTO, 2018; IADB, 2021).

Los beneficios de las aduanas inteligentes no se limitan a lo operativo. También impactan positivamente en la transparencia institucional y en la lucha contra el contrabando y la evasión fiscal. La automatización reduce el margen de discrecionalidad y los incentivos a la corrupción, al tiempo que mejora la trazabilidad de las decisiones (WCO, 2022).

Sin embargo, para que estos sistemas funcionen adecuadamente, deben cumplir con estándares internacionales de interoperabilidad, protección de datos y ciberseguridad. Además, requieren una base jurídica sólida y una articulación eficaz entre los sectores público y privado para su diseño e implementación (WTO, 2018).

3.2. Aplicación de la tecnología blockchain en los procesos aduaneros y logísticos

La tecnología blockchain ha sido una de las innovaciones más disruptivas en el comercio internacional. Su capacidad de generar registros descentralizados, inmutables y verificables permite mejorar la confianza entre actores de la cadena de suministro. Esto ha tenido un impacto directo en la eficiencia y la seguridad de los procesos logísticos (McDaniel & Norberg, 2019).

Gracias a la blockchain, cada movimiento de carga, certificado o autorización puede ser registrado de forma automática y consultado por todos los participantes. Esto ha mejorado la trazabilidad, ha reducido los errores humanos y ha limitado las oportunidades de fraude o falsificación de documentos (Oladele, 2024; Okazaki, 2018).

Otro aspecto relevante de esta tecnología es su capacidad para automatizar procesos mediante contratos inteligentes. Estos códigos ejecutan acciones automáticamente cuando se cumplen ciertas condiciones, como liberar una carga tras el pago de un impuesto. Esta automatización disminuye costos y tiempos operativos (Betti et al., 2019; PMC, 2020).

Plataformas como TradeLens han demostrado cómo la integración de blockchain en la logística portuaria puede facilitar el intercambio de datos entre navieras, aduanas y operadores logísticos. En América Latina, su aplicación piloto en Costa Rica ha mostrado avances en la gestión documental y la trazabilidad de contenedores (AduanaNews, 2022).

La implementación de blockchain, sin embargo, requiere una infraestructura tecnológica robusta y un marco normativo claro. Sin estas condiciones, los beneficios potenciales de la tecnología se ven limitados y su adopción queda restringida a proyectos piloto (WCO, 2017; WTO, 2018).

3.3. Retos y oportunidades en países en desarrollo: el caso de Costa Rica

Costa Rica ha dado pasos importantes en la digitalización de sus procesos aduaneros, destacando su participación en iniciativas regionales como el proyecto CADENA. Este programa, liderado por el BID y Microsoft, implementó blockchain para compartir certificados de Operador Económico Autorizado entre países (IADB, 2021; UNCTAD, 2023).

El proyecto permitió reducir tiempos, mejorar la cooperación entre aduanas y facilitar la validación mutua de empresas confiables. Esto fortaleció la seguridad del comercio regional y sentó las bases para futuras aplicaciones de tecnología blockchain en procesos logísticos costarricenses (UNCTAD, 2023).

No obstante, el país enfrenta varios desafíos para escalar estas soluciones. Uno de ellos es la limitada capacidad tecnológica del sistema TIC@, que no fue diseñado para operar con arquitecturas descentralizadas como blockchain. Esto genera dependencia de soluciones externas y barreras de integración (UNCTAD, 2023).

Otro obstáculo es la escasez de personal técnico especializado en blockchain, contratos inteligentes y ciberseguridad. Aunque existen programas de formación, todavía no se ha logrado incorporar suficientes perfiles tecnológicos al aparato institucional encargado del comercio (UNCTAD, 2023).

Finalmente, la ausencia de un marco legal específico para regular el uso de blockchain en aduanas genera incertidumbre sobre la validez jurídica de los registros distribuidos. Esta falta de normativa limita la posibilidad de ampliar el uso de estas tecnologías a nivel nacional (UNCTAD, 2023).

A pesar de estas limitaciones, Costa Rica cuenta con condiciones institucionales y políticas que podrían facilitar la adopción progresiva de tecnologías avanzadas. Su apertura al comercio, su estabilidad institucional y su infraestructura digital permiten vislumbrar oportunidades importantes si se articulan adecuadamente esfuerzos públicos y privados.

Resultados

El análisis documental y comparativo realizado en este estudio permitió identificar una serie de hallazgos clave sobre el impacto de las aduanas inteligentes y la tecnología blockchain en el comercio internacional. En primer lugar, se constató que los países que han adoptado sistemas aduaneros inteligentes han logrado mejorar significativamente los tiempos de despacho de mercancías, reducir los costos logísticos y aumentar la transparencia institucional. Estos resultados se observaron principalmente en economías con alta capacidad tecnológica e integración interinstitucional, como Singapur, Corea del Sur y los Países Bajos.

Asimismo, se evidenció que la implementación de sistemas de ventanilla única ha sido una herramienta eficaz para centralizar trámites aduaneros y eliminar duplicidades entre entidades públicas. Esto ha contribuido a disminuir la burocracia, aumentar la eficiencia operativa y mejorar la experiencia de los operadores comerciales. En varios casos analizados, la interoperabilidad entre agencias permitió reducir el tiempo de tramitación en más de un 50 %, especialmente cuando los sistemas estaban apoyados por inteligencia artificial y análisis predictivo.

Respecto al uso de blockchain, se identificó que su mayor aporte se relaciona con la trazabilidad de las operaciones logísticas y la seguridad de la información. La tecnología permitió registrar en tiempo real cada evento asociado a una transacción aduanera, garantizando la integridad de los datos y reduciendo las posibilidades de fraude o alteración documental. Además, la automatización de procesos mediante contratos inteligentes generó eficiencias significativas, especialmente en el procesamiento de pagos, liberación de carga y validación documental.

En los casos donde blockchain fue adoptada en conjunto con plataformas logísticas como TradeLens, se observaron beneficios adicionales en términos de coordinación entre actores públicos y privados. El intercambio de datos fue más rápido y confiable, lo que mejoró la planificación logística, la prevención de riesgos y la transparencia en toda la cadena de suministro. En particular, se documentó una reducción en los tiempos de espera en puerto y una disminución en la pérdida de documentos físicos, lo que redundó en ahorros económicos para las empresas involucradas.

En el caso específico de Costa Rica, los resultados muestran que el país ha dado pasos importantes hacia la modernización digital de su sistema aduanero. La participación en el proyecto CADENA y en la red de TradeLens permitió a las autoridades aduaneras experimentar con blockchain en contextos reales, validando su utilidad para el reconocimiento mutuo de certificados y la gestión de documentos logísticos. Sin embargo, los beneficios observados fueron limitados por restricciones técnicas del sistema TIC@, la falta de personal especializado y la ausencia de una normativa específica que regule el uso de estas tecnologías en el ámbito aduanero nacional.

En general, los resultados del estudio muestran que tanto las aduanas inteligentes como la blockchain tienen el potencial de transformar los procesos logísticos del comercio internacional. Sin embargo, su implementación exitosa depende de factores institucionales, normativos, técnicos y humanos que deben ser abordados de manera integral, especialmente en los países en desarrollo. La experiencia de Costa Rica ofrece una visión realista sobre los beneficios posibles y las condiciones necesarias para su adopción efectiva.

Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permiten afirmar que la transformación digital del comercio internacional no es una tendencia aislada, sino un proceso estructural impulsado por la necesidad de modernizar los sistemas logísticos y aduaneros ante un entorno comercial cada vez más complejo, competitivo y tecnológicamente exigente. Tanto las aduanas inteligentes como la tecnología blockchain representan soluciones viables para atender este desafío, al ofrecer mejoras sustantivas en eficiencia, trazabilidad, seguridad y transparencia.

En el caso de las aduanas inteligentes, se confirmó que su adopción está asociada con una significativa reducción en los tiempos de despacho y una mayor integración entre las instituciones que intervienen en el proceso aduanero. La experiencia de países como Singapur y Corea del Sur muestra que estos sistemas permiten alcanzar altos niveles de automatización, coordinación interinstitucional y control predictivo de riesgos. Estos elementos han fortalecido la facilitación del comercio internacional sin sacrificar la vigilancia y la legalidad de las operaciones.

La tecnología blockchain, por su parte, ha demostrado su potencial para transformar el registro, la verificación y el intercambio de información en las cadenas logísticas globales. Su capacidad para registrar de forma inmutable cada evento logístico, junto con su resistencia a la manipulación y su naturaleza descentralizada, la convierten en una herramienta idónea para generar confianza entre actores que no necesariamente tienen relaciones directas. Además, los contratos inteligentes han permitido automatizar procesos críticos, lo que ha contribuido a reducir tiempos de gestión, errores operativos y costos de intermediación.

Sin embargo, la aplicación de estas tecnologías en países en desarrollo, como Costa Rica, presenta desafíos importantes que no pueden ser ignorados. La falta de infraestructura tecnológica adecuada, las limitaciones en el capital humano especializado y la ausencia de un marco normativo específico limitan la escalabilidad y sostenibilidad de las soluciones piloto implementadas. El análisis del caso costarricense demuestra que, aunque existen avances relevantes como el proyecto CADENA y la participación en TradeLens, su impacto estructural ha sido aún limitado por factores institucionales y legales.

A pesar de estos desafíos, las condiciones estructurales de Costa Rica permiten proyectar un escenario favorable para una transición progresiva hacia una administración aduanera más digital, integrada y confiable. El país cuenta con una institucionalidad sólida, una política comercial abierta y una creciente cultura digital, factores que pueden ser aprovechados mediante una estrategia de modernización articulada entre el sector público, el sector privado y la cooperación internacional.

En conclusión, este estudio confirma que la digitalización del comercio internacional mediante aduanas inteligentes y blockchain no solo es posible, sino deseable, especialmente para países que buscan mejorar su competitividad y transparencia en el comercio transfronterizo. No obstante, su implementación debe abordarse desde una perspectiva sistémica, que considere simultáneamente la tecnología, la normativa, la capacitación y la sostenibilidad operativa. Solo así será posible convertir estas innovaciones en herramientas efectivas para el desarrollo económico, la integración regional y el fortalecimiento de la gobernanza aduanera.

Referencias Bibliográficas

- AduanaNews. (2022). *Costa Rica Customs hires TradeLens to examine blockchain-based flows of documents*. AduanaNews. <https://aduananews.com/en/aduanas-de-costa-rica-contrata-a-tradelens-para-examinar-flujos-de-documentos-basados-en-blockchain>
- Betti, Q., Khoury, R., Hallé, S., & Montreuil, B. (2019). *Improving hyperconnected logistics with blockchains and smart contracts*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1904.03633>
- Chang, Y., Iakovou, E., & Shi, W. (2019). *Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1901.02715>
- Copigneaux, B., Wattenhofer, R., & Meijer, C. (2020). *Digital customs: From paperless to smart clearance*. European Centre for Government Transformation. <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/09/ECGT-report-Digital-Customs.pdf>
- Inter-American Development Bank (IADB). (2021). *Proyecto CADENA: Blockchain aplicado al comercio exterior*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Proyecto-CADENA-Blockchain-aplicado-al-comercio-exterior.pdf>
- McDaniel, C., & Norberg, H. C. (2019). *Can blockchain technology facilitate international trade?* Mercatus Center at George Mason University. <https://www.mercatus.org/system/files/mcdaniel-blockchain-trade-mercatus-research-v2.pdf>
- Oladele, O. K. (2024). *Blockchain technology in logistics 4.0: A comprehensive review of applications, benefits, and challenges*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/385138049_Blockchain_Technology_in_Logistics_40_A_Comprehensive_Review

- Okazaki, Y. (2018). *Unveiling the potential of blockchain for customs*. WCO Research Paper. https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/research/research-series/45_yotaro_okazaki_unveiling_the_potential_of_blockchain_for_customs.pdf
- PMC. (2020). *Blockchain technology in supply chain operations*. PubMed Central. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522652/>
- UNCTAD. (2023, marzo 22). *Overcoming challenges to implement blockchain technology in Costa Rica*. UNCTAD. <https://tfelearning.unctad.org/blog/shermine-elizondo>
- World Customs Organization (WCO). (2017). *Blockchain: Unveiling its potential for Customs and trade*. World Customs Organization. <https://mag.wcoomd.org/magazine/wco-news-87/blockchain-intro/>
- World Customs Organization (WCO). (2022). *The role of advanced technologies in cross-border trade: A customs perspective*. World Customs Organization. https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wcotech22_e.pdf
- World Trade Organization (WTO). (2018). *Can blockchain revolutionize international trade?* World Trade Organization. https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf