

LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA Y EL TRANSPORTE
INTERNACIONAL EN EL ECUADOR:
ESTRATEGIAS, RETOS Y OPORTUNIDADES EN UN
MUNDO GLOBALIZADO.



ISBN: 978-9942-7396-2-9



AUTORES

RAFAEL EMILIANO APOLINARIO QUINTANA

Correo: rafael.apolinarioqu@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0003-1719-5425>

MARTHA GRACIELA RODRIGUEZ DONOSO

Correo: martha.rodriquezd@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0001-5774-7760>

HUMBERTO PEDRO SEGARRA JAIME

Correo: humberto.segarraj@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0003-3946-952X>

MONICA ANNABELLE CAICEDO LEONES

Correo: monica.caicedol@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-1986-2992>

JUAN CARLOS VALLE MATUTE

Correo: juan.vallem@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0003-2726-1203>

MARIO WILFRIDO MATA VILLAGOMEZ

Correo: mario.matavi@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0009-0003-0622-4603>

JULIO ANTONIO BAQUE MIELES

Correo: rjulio.baquem@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-4038-7735>

CARLOS EDUARDO SANCHEZ PARRALES

Correo: carlos.sanchezpa@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0009-0006-1584-2253>

MIGUEL ANGEL CABELLO VIVAR

Correo: miguel.cabellov@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-6481-8704>

DELIA ALEXANDRA CEVALLOS CASTRO

Correo: delia.cevallosc@ug.edu.ec

Afiliación: Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-9515-0196>

JAIME BERNARDO LOMA MONTOYA

Correo: j_loma@tecnologicoargos.edu.ec

Afiliación: Instituto Superior Tecnológico Argos

<https://orcid.org/0009-0007-4592-1021>

CRÉDITOS

Dirección y Coordinación Editorial: Sara Díaz Villacís
Revisión de contenido: MSc. Christian Armendáriz PhD (c)
Revisión pedagógica: MSc. Fabrizzio Andrade PhD (c)
© ® Derechos de copia y Propiedad intelectual
Libro bajo revisión técnica y didáctica de pares

Guayaquil - Ecuador
Mayo del 2025
ISBN: 978-9942-7396-2-9

Descarga:

<https://liveworkingeditorial.com/product/gestion-logistica-transporte-internacional-ecuador/>

Indexación



Google Play
Books



Crossref

ÍNDICE GENERAL

La Gestión de la Logística y el Transporte Internacional en el Ecuador: <i>Estrategias, Retos y Oportunidades en un Mundo Globalizado</i>	1
AUTORES.....	2
CRÉDITOS.....	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
Capítulo 1	8
1 Innovación Tecnológica en la Logística Internacional.....	8
1.1 Introducción a las Tecnologías Emergentes	8
1.1.1 Blockchain: Trazabilidad y Seguridad en las Cadenas de Suministro	10
1.1.2 Internet de las Cosas (IoT): Sensores para Monitoreo de Carga.	10
1.1.3 El Big Data como Herramienta en la Cadena de Suministro.	11
1.1.4 Inteligencia Artificial en la Optimización de Rutas y Pronósticos Logísticos 12	
1.2 Aplicaciones de Innovaciones Tecnológicas en la Cadena de Suministro Ecuatoriana 15	
1.2.1 El Papel de la Ciberseguridad en la Digitalización de la Cadena de Suministro en Ecuador	17
1.3 Plataformas digitales y logística 4.0	21
1.3.1 El Aprovechamiento del Comercio Exterior con las Plataformas Digitales y Logística 4.0.	22
1.3.2 Automatización Portuaria y Sistemas de Trazabilidad en Ecuador.....	29
1.4 Casos de estudio: - Implementación de blockchain en las exportaciones agrícolas ecuatorianas.....	36
1.4.1 Plataforma de Trazabilidad de Kruger Corporation	36
1.4.2 Modelo de Negocio y Proyección Internacional	36

1.4.3	Trazabilidad del Cacao Ecuatoriano con Blockchain.....	37
1.4.4	Blockchain en la Producción de Café Lojano	37
1.4.5	Contexto Regional y Perspectivas Futuras de la Implementación del Blockchain	38
1.5	Diseño de un Sistema de Trazabilidad con IoT para Productos de Exportación en el Contexto Ecuatoriano.	39
1.5.1	El Contexto Ecuatoriano para Sistemas de Trazabilidad.....	40
1.5.2	Arquitectura del Sistema de Trazabilidad con IoT	40
1.5.3	Implementación para Productos Agroexportadores Ecuatorianos.....	43
1.5.4	Casos de Aplicación en Productos Ecuatorianos.....	44
1.5.5	Beneficios Estratégicos para Exportadores Ecuatorianos	45
Capítulo 2	49
2	Retos Logísticos de Ecuador y Gestión del Transporte.....	49
2.1	Factores Geográficos y su Impacto Logístico: La Cordillera de los Andes y las Zonas Costeras.	51
2.1.1	Interconexión entre Regiones: El Desafío de la Integración Logística	52
2.1.2	Impacto en la Competitividad Logística Nacional	53
2.2	Infraestructura Portuaria, Vial y Aeroportuaria en Ecuador: Análisis de Operatividad	54
2.2.1	Infraestructura Portuaria en Ecuador	54
2.2.2	Innovación Tecnológica en el Sistema Portuario	56
2.2.3	Infraestructura Aeroportuaria	59
2.3	Infraestructura Terrestre en Ecuador	65
2.3.1	Red Vial y Rutas.....	65
2.3.2	Nodos Logísticos Operativos	66
2.4	Gestión del Transporte Internacional	67

2.4.1	Transporte Marítimo en el Ecuador: Rutas, Navieras, Costos.	68
2.4.2	Transporte Aéreo: Carga Urgente, Hubs Regionales.	70
2.4.3	Transporte Multimodal en el Ecuador y su Importancia para las Exportaciones.	71
2.5	Normativas y Regulaciones del Comercio Exterior: - Proceso Aduanero, Requisitos Fitosanitarios y Certificaciones.	73
2.6	Análisis Comparativo del Tráfico Marítimo de Contenedores entre Ecuador, Perú y Colombia.	75
2.6.1	Infraestructura Portuaria y Principales Terminales	75
2.6.2	Factores que Impacta en la Competitividad Portuaria.....	75
Capítulo 3	77
3	Sostenibilidad en la Cadena de Suministro	77
3.1	Conceptos Clave de la Logística Sostenible.....	77
3.1.1	Diferenciación entre Conceptos Relacionados	78
3.1.2	Objetivos y Principios de la Logística Sostenible	79
3.1.3	Relación entre la Logística Sostenible y los ODS.....	79
3.1.4	Implementación en el Sector Logístico y los ODS.....	80
3.2	Prácticas Sostenibles en la Cadena de Suministro	81
3.2.1	Transporte Intermodal: Eficiencia Logística con Bajo Impacto Ambiental	82
3.2.2	Aplicaciones Prácticas en Almacenamiento y Distribución.....	82
3.2.3	Reducción de la Huella de Carbono: Estrategias y Métricas.....	83
3.3	Proyectos de Logística Verde en el Ecuador	85
3.3.1	Proyectos de Logística Verde en el Sector Bananero de Ecuador.....	87
3.3.2	Proyectos de Logística Verde en el Sector Floricultor de Ecuador.	89
3.4	Evaluación de un Plan de Transporte Sostenible para las Exportaciones de Flores	91

Capítulo 4	121
4 Tecnologías de Logística 4.0: Revolucionando la Integración Regional y el Comercio Internacional	121
4.1 Organismos Regionales en América Latina y sus Implicaciones Logísticas	123
4.1.1 Implicaciones Logísticas Actuales de la ALADI	124
4.1.2 Implicaciones Logísticas Actuales de la CAN	126
4.1.3 Implicaciones Logísticas Actuales del MERCOSUR	127
4.2 La Logística Internacional y los Acuerdos Económicos Comerciales del Ecuador	129
4.2.1 Análisis de la Logística Internacional y el Tratado con la Unión Europea.	131
4.2.2 Análisis de la Logística Internacional y el Tratado Comercial entre Ecuador y China	133
4.3 Sinergias Logísticas Regionales y el Comercio Internacional Latinoamericano	135
4.3.1 Factores Clave que Influyen en la Eficiencia de los Corredores Logísticos en la Región Andina.....	135
4.4 Implicaciones Económicas del Acuerdo Comercial Ecuador-Unión Europea sobre Operaciones Logísticas	139
4.5 Estrategias para Optimizar la Logística Regional de Productos Ecuatorianos	142
Referencias bibliográficas	147

CAPÍTULO 1

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA LOGÍSTICA INTERNACIONAL

La innovación tecnológica en la logística internacional ha transformado significativamente la manera en que operan las cadenas de suministro, mejorando la eficiencia, reduciendo costos y optimizando la comunicación. Este campo ha captado la atención tanto de profesionales como de académicos, quienes buscan entender y evaluar el impacto de estas tecnologías emergentes. Tecnologías innovadoras como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial, el blockchain y la automatización están siendo adoptadas para optimizar los valores logísticos y mejorar la eficiencia de los sistemas de transporte y logística. Estas tecnologías permiten una gestión más transparente y efectiva de las transacciones, el seguimiento de activos y la gestión documental. Además, la digitalización y la preparación tecnológica son factores clave que impulsan el rendimiento logístico, facilitando la transformación hacia la Logística 4.0 y la Industria 4.0 (Moldabekova et al., 2021).

De esta forma, la adopción de innovaciones tecnológicas ha demostrado mejorar significativamente el rendimiento logístico, incluyendo la competencia y calidad de los servicios logísticos, la eficiencia en los procesos de despacho aduanero y la capacidad de seguimiento de envíos. Sin embargo, también se ha observado que un aumento en el Índice de Desempeño Logístico puede tener efectos negativos en el crecimiento económico y aumentar las emisiones de carbono, lo que subraya la necesidad de esfuerzos globales para lograr una logística sostenible. A pesar de los beneficios, la integración de tecnologías innovadoras en la logística enfrenta desafíos como la ciberseguridad, la regulación y la necesidad de adaptar los modelos de negocio. La innovación y el desarrollo tecnológico no dependen únicamente del financiamiento, sino también de modelos sociales para la distribución de innovaciones. La gestión tecnológica de innovaciones en logística requiere una evaluación continua para optimizar las actividades logísticas y diversificar riesgos (Lozhachevska et al., 2023).

Así, la transformación de los sistemas de negocio y de las tecnologías logísticas internacionales, bajo la influencia de la digitalización, especialmente con la introducción de la inteligencia artificial y el blockchain, es crucial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas logísticos. La implementación oportuna de nuevas tecnologías es esencial para el posicionamiento exitoso de las empresas en un mercado competitivo. Por lo tanto, la innovación tecnológica en la logística internacional ofrece numerosas oportunidades para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las cadenas de suministro. Sin embargo, es crucial abordar los desafíos asociados con la integración de estas tecnologías para maximizar sus beneficios y minimizar sus impactos negativos (Kott et al., 2024).

1.1 Introducción a las Tecnologías Emergentes

Las tecnologías emergentes están transformando rápidamente diversos sectores, desde la memoria computacional hasta la educación y la regulación científica. En el ámbito de las tecnologías de memoria, se están desarrollando dispositivos como la memoria integrada tridimensional, la RAM de cambio de fase, la RAM magnetorresistiva

de transferencia de espín y la RAM resistiva. Estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades y desafíos para mejorar el rendimiento, la potencia, la fiabilidad y la escalabilidad de los sistemas informáticos del futuro (Xie & Zhao, 2019).

En el contexto laboral y social, las tecnologías emergentes como sensores, drones, robots, plataformas digitales, inteligencia artificial y realidad virtual están interconectadas, lo que plantea consecuencias negativas potenciales para el trabajo y la sociedad. Por ello, se sugiere que los gobiernos deben responsabilizar a las corporaciones y que los trabajadores participen en el desarrollo y uso de estas tecnologías para asegurar resultados positivos. Las empresas establecidas enfrentan dificultades para adoptar tecnologías emergentes debido a su tendencia a retrasar la participación y aferrarse a lo familiar. Sin embargo, algunas han logrado evitar estos problemas al prestar atención a señales del mercado, invertir en capacidad de aprendizaje y mantener flexibilidad (Day & Schoemaker, 2000; Bailey, 2022).

En el ámbito educativo, las tecnologías emergentes están siendo utilizadas para mejorar los procesos educativos, fomentar la autonomía estudiantil y promover la colaboración. Estas tecnologías son disruptivas, innovadoras y generan incertidumbre, pero también ofrecen beneficios potenciales significativos. De igual forma, en la ciencia regulatoria, las tecnologías emergentes están permitiendo avances rápidos en la evaluación de la seguridad de alimentos, medicamentos y productos de cuidado personal. No obstante, existe preocupación sobre si estas tecnologías están listas para su aplicación regulatoria, lo que subraya la necesidad de estrategias para evaluarlas adecuadamente. Por lo tanto, las tecnologías emergentes están redefiniendo múltiples campos, ofreciendo tanto oportunidades como desafíos. Es crucial que las partes interesadas, desde gobiernos hasta empresas y educadores, colaboren para maximizar los beneficios y mitigar los riesgos asociados con estas innovaciones (Riondet et al., 2024).

Entonces, definimos a las tecnologías emergentes como aquellas que presentan características distintivas que las diferencian de las tecnologías establecidas. Estas características incluyen novedad radical, un crecimiento relativamente rápido, coherencia, impacto prominente y un alto grado de incertidumbre y ambigüedad. Además, las TE suelen estar asociadas con efectos de red, preocupaciones sociales y éticas no visibles, y limitaciones geográficas. Como ejemplos, se pueden citar: las nanotecnologías, consideradas facilitadoras del desarrollo económico sostenible; las tecnologías de memoria emergente, como la memoria integrada tridimensional, la RAM de cambio de fase, la RAM magnetorresistiva de transferencia de par de giro y la RAM resistiva, que están ganando atención debido a sus oportunidades y desafíos en arquitectura, sistemas y modelos de programación; en el ámbito educativo, las tecnologías emergentes se utilizan para transformar procesos formativos, mejorando competencias como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, siendo las tecnologías Web 2.0 las más utilizadas; y, en la contabilidad de gestión, tecnologías como la inteligencia de negocios y el big data están revolucionando la profesión, requiriendo una rápida investigación para adaptarse a las necesidades cambiantes (Meissner et al., 2019).

Un marco para investigar la adopción de tecnologías clave incluye tecnologías como la impresión tridimensional, la inteligencia artificial, el blockchain y el Internet de las Cosas. Este marco permite a las empresas mejorar su rendimiento mediante la adopción de estas tecnologías en contextos de negocio específicos. De esta forma, las tecnologías

emergentes son fundamentales para el avance en diversos campos, desde la educación hasta la contabilidad y la memoria computacional. Su naturaleza innovadora y disruptiva, junto con su potencial para impactar significativamente en la sociedad y la economía, las convierte en un área de interés crucial para la investigación y el desarrollo (Cammarano et al., 2024).

1.1.1 Blockchain: Trazabilidad y Seguridad en las Cadenas de Suministro

La tecnología blockchain ha emergido como una solución prometedora para mejorar la trazabilidad y la seguridad en las cadenas de suministro. Esta tecnología ofrece un sistema de registro distribuido que asegura la transparencia, autenticidad y eficiencia en la gestión de la cadena de suministro, abordando problemas comunes como la manipulación de datos y los puntos únicos de fallo. Permite una trazabilidad efectiva al registrar de manera segura y transparente cada evento en la cadena. Esto es especialmente relevante en sectores sensibles como el alimentario y el farmacéutico, donde la seguridad y la calidad son críticas. La tecnología blockchain elimina la necesidad de una autoridad centralizada, proporcionando un registro inmutable de transacciones que mejora la visibilidad y la confianza entre los participantes de la cadena (Salah et al., 2019).

La seguridad es un componente clave del blockchain, ya que su estructura descentralizada y su capacidad para crear registros inmutables previenen la manipulación de datos y aseguran la autenticidad de los productos a lo largo de la cadena de suministro. Además, esta tecnología mejora la colaboración entre los participantes al facilitar un intercambio de datos transparente y seguro. Aunque el blockchain mejora la trazabilidad y la seguridad, enfrenta desafíos en términos de eficiencia, especialmente cuando se acumulan grandes volúmenes de registros. Se han propuesto soluciones como la búsqueda paralela para mejorar la eficiencia temporal y de almacenamiento. Sin embargo, la adopción masiva de blockchain en las cadenas de suministro aún enfrenta barreras técnicas y no técnicas, como la fragmentación de datos y la diversidad de regulaciones (Korepin et al., 2021).

La investigación futura debe centrarse en desarrollar soluciones de trazabilidad basadas en blockchain que sean viables y rentables en la práctica real. Además, es crucial abordar las barreras de adopción y explorar cómo esta tecnología puede integrarse con tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y los contratos inteligentes, para maximizar su potencial en la gestión de cadenas de suministro. De esta forma, blockchain representa una herramienta poderosa para mejorar la trazabilidad y la seguridad en las cadenas de suministro, aunque su implementación efectiva requiere superar desafíos técnicos y de adopción. La investigación continua y el desarrollo de soluciones prácticas son esenciales para concretar su potencial completo en este campo (Liu & Li, 2020).

1.1.2 Internet de las Cosas (IoT): Sensores para Monitoreo de Carga.

El Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la gestión de la cadena de suministro, especialmente en el monitoreo de carga. Los sensores IoT permiten un seguimiento en tiempo real de las condiciones ambientales y la ubicación de los productos, lo que es crucial para mantener la calidad y seguridad de los bienes durante el transporte. Por lo tanto, los sensores IoT son fundamentales para el monitoreo de productos sensibles a las

condiciones ambientales, como alimentos perecederos y productos farmacéuticos. Estos sensores permiten controlar la temperatura, la humedad y otros factores críticos, asegurando que los productos se mantengan en condiciones óptimas durante toda la cadena de suministro (Mythily et al., 2020; Sohi & Raman, 2024).

El uso de sensores IoT proporciona visibilidad en tiempo real sobre la ubicación y el estado de la carga, lo que mejora la eficiencia operativa y reduce costos. Esta tecnología permite a las empresas reaccionar rápidamente ante cualquier cambio en las condiciones de transporte, minimizando pérdidas y aumentando la satisfacción del cliente. Así, la integración del IoT con tecnologías como blockchain mejora la seguridad y la transparencia en el transporte de carga. Los datos de los sensores se almacenan de manera segura en plataformas descentralizadas, lo que reduce la intervención manual y mejora la precisión de las transacciones. Además, el uso de algoritmos de análisis de datos permite optimizar la planificación de rutas y prevenir problemas potenciales (Sai et al., 2024).

A pesar de sus beneficios, la implementación de sensores IoT en la logística presenta desafíos de seguridad. Los sensores son vulnerables a daños físicos y ataques en la comunicación, lo que requiere modelos de amenaza específicos para mitigar estos riesgos. La seguridad de los datos y la fiabilidad de los dispositivos son aspectos críticos que deben ser abordados para garantizar la integridad del sistema. Los sensores IoT son una herramienta poderosa para mejorar la gestión de la cadena de suministro, ofreciendo monitoreo en tiempo real y mejorando la seguridad y eficiencia del transporte de carga, siempre que se consideren los desafíos de seguridad para maximizar los beneficios de esta tecnología (Junejo et al., 2023).

1.1.3 El Big Data como Herramienta en la Cadena de Suministro.

El Big Data es una herramienta valiosa en la cadena de suministro, mejorando la previsión de la demanda, la gestión de recursos, la satisfacción del cliente y la toma de decisiones estratégicas, aunque aún existen áreas de investigación por explorar. El Big Data se ha convertido en un componente esencial para la gestión de la cadena de suministro, ofreciendo nuevas oportunidades para optimizar operaciones, mejorar la previsión de la demanda y aumentar la satisfacción del cliente. A medida que las empresas generan y recopilan grandes volúmenes de datos, el análisis de estos se vuelve crucial para obtener ventajas competitivas (Sanders & Ganeshan, 2018).

Las aplicaciones del Big Data en la cadena de suministro se encuentran en la optimización de operaciones, mediante el análisis de patrones de compra de clientes, tendencias del mercado y ciclos de mantenimiento, lo que ayuda a reducir costos y tomar decisiones empresariales más precisas. En cuanto a la previsión de la demanda, se utilizan técnicas de análisis predictivo, como las series temporales, el clustering y las redes neuronales, para mejorar la cadena de suministro, lo cual es crucial para la planificación y gestión de inventarios. Para una mejor gestión de recursos, el Big Data ayuda a enfocarse en la gestión de la demanda y el cumplimiento de pedidos, aunque se ha identificado una falta de estudios en la gestión de devoluciones (Barbosa et al., 2018).

Los beneficios de la adopción de tecnologías de Big Data pueden generar un valor significativo y ganancias monetarias para las empresas, mejorando la excelencia operativa, la satisfacción del cliente y la visibilidad en la cadena de suministro. Además,

se considera un activo estratégico que debe integrarse en todas las actividades empresariales. Sin embargo, las empresas enfrentan desafíos en la gestión del volumen, variedad, velocidad y veracidad de los datos. La implementación efectiva de Big Data requiere una infraestructura tecnológica adecuada y personal capacitado (Lee & Mangalaraj, 2022).

En la actualidad, existe una falta de aplicaciones de Big Data para la previsión de la demanda en cadenas de suministro cerradas, lo que representa una oportunidad para futuras investigaciones. Para ello, la integración del IoT y el Big Data se considera una extensión prometedora que puede proporcionar un flujo de información de valor añadido, ofreciendo a las organizaciones una ventaja competitiva. Por tal motivo, el Big Data es una herramienta poderosa en la gestión de la cadena de suministro, ofreciendo múltiples aplicaciones que mejoran la eficiencia y la toma de decisiones. Sin embargo, su implementación efectiva requiere superar desafíos técnicos y organizativos, así como explorar nuevas áreas de investigación para maximizar su potencial (Addo & Helo, 2016).

1.1.4 Inteligencia Artificial en la Optimización de Rutas y Pronósticos Logísticos

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la logística ha redefinido los paradigmas operativos del sector, particularmente en la optimización de rutas y la predicción de la demanda. A través de algoritmos avanzados de aprendizaje automático y análisis de big data, las empresas logran reducir costos operativos, mejorar la eficiencia energética y anticipar fluctuaciones del mercado con una precisión sin precedentes. Este informe explora las metodologías técnicas, aplicaciones prácticas y casos de éxito que demuestran cómo la IA transforma la planificación de rutas y los pronósticos logísticos, estableciendo un nuevo estándar de competitividad en un mercado globalizado (Patil, 2025).

La planificación de rutas eficientes constituye uno de los desafíos más complejos en la logística contemporánea, donde factores como el tráfico, las restricciones legales y las expectativas de los clientes exigen soluciones dinámicas y adaptativas. Los sistemas de IA utilizan algoritmos de optimización combinatoria para procesar datos históricos y en tiempo real, incluyendo patrones de tráfico, condiciones meteorológicas y eventos imprevistos como accidentes viales. Por ejemplo, plataformas como las desarrolladas por Wise Systems integran sensores IoT en flotas vehiculares para alimentar modelos predictivos que ajustan las rutas cada 15-30 minutos, reduciendo los retrasos en entregas hasta en un 85 %. Esta adaptabilidad se sustenta en arquitecturas de redes neuronales recurrentes (RNN), capaces de procesar secuencias temporales y correlacionar variables aparentemente inconexas, como la congestión en una autopista y la disponibilidad de conductores (Jones, 2025).

Un avance significativo radica en la capacidad de estos sistemas para incorporar restricciones legales heterogéneas. En América Latina, donde las regulaciones de transporte varían entre países, la IA analiza normativas locales sobre límites de peso, horarios de circulación y zonas de acceso restringido, generando rutas que evitan multas y retrasos regulatorios. Además, la integración con APIs gubernamentales permite actualizaciones automáticas ante cambios legislativos, un factor crítico para operaciones transfronterizas (Arinze et al., 2025).

Más allá de minimizar distancias, los algoritmos modernos consideran hasta 50 variables simultáneas, incluyendo consumo de combustible, emisiones de CO₂ y preferencias de clientes, como ventanas horarias específicas. UPS implementó un sistema (ORION) que reduce la distancia recorrida por sus vehículos en 160 millones de kilómetros anuales, equivalentes a 10 millones de litros de diésel ahorrados. Este enfoque multivariable se apoya en técnicas de programación lineal entera mixta (MILP), que equilibran objetivos conflictivos como costos operativos y huella ambiental mediante funciones de pérdida ponderadas. La sostenibilidad emerge como un beneficio colateral clave. Al simular escenarios mediante IA generativa, empresas como DHL evalúan el impacto de rutas alternativas en sus metas de neutralidad de carbono para 2030, priorizando opciones que reducen emisiones, aunque incrementen levemente los tiempos de entrega (Royappa et al., 2024).

La predicción precisa de la demanda representa el pilar para una gestión eficiente de inventarios, producción y distribución. Los modelos tradicionales, basados en promedios móviles o regresiones lineales, son incapaces de capturar la complejidad de los mercados actuales, donde factores como tendencias virales en redes sociales o crisis geopolíticas alteran patrones de consumo en cuestión de horas. Las redes neuronales convolucionales (CNN), originalmente diseñadas para procesamiento de imágenes, se adaptan para identificar patrones *espacio temporales* en datos de ventas. Walmart emplea estas redes para correlacionar datos de transacciones en 4.700 tiendas con variables externas como pronósticos meteorológicos y calendarios escolares, logrando un 92 % de precisión en predicciones semanales (Singh, 2025).

Un caso paradigmático es el uso de modelos híbridos que combinan aprendizaje supervisado y no supervisado. Amazon aplica clustering jerárquico para segmentar mercados basándose en similitudes de comportamiento, mientras redes de memoria a largo plazo (LSTM) predicen la demanda para cada clúster. Esta estrategia redujo un 34 % los excesos de inventario en su red de almacenes durante el último trimestre de 2024. La verdadera revolución reside en la capacidad de los sistemas modernos para incorporar datos no estructurados. Herramientas como el PLN (Procesamiento de Lenguaje Neuronal) analizan reseñas de clientes, noticias y publicaciones en redes sociales, extrayendo señales tempranas de cambios en preferencias. Por ejemplo, un aumento del 15 % en menciones a “bebidas energéticas sin azúcar” en Twitter podría traducirse en ajustes de inventario para distribuidores de bebidas en cuestión de horas. Además, la fusión de datos satelitales con modelos de IA abre nuevas fronteras. Empresas agrícolas utilizan imágenes multiespectrales para predecir cosechas, ajustando simultáneamente rutas de transporte y capacidad de almacenamiento meses antes de la recolección. Este enfoque proactivo redujo pérdidas por sobreproducción en un 27 % durante la temporada 2024-2025 en el sector vitivinícola argentino (Birelo, 2024).

La convergencia de estas dos disciplinas bajo el paraguas de la IA genera efectos sinérgicos que multiplican la eficiencia operativa. Los sistemas de última generación, como los empleados por Maersk, integran módulos de predicción de demanda con optimizadores de rutas en tiempo real. Cuando un modelo detecta un pico anticipado en pedidos para una región, el sistema reconfigura automáticamente las rutas de camiones y almacenes intermediarios, priorizando la disponibilidad de vehículos en zonas críticas. Durante el Cyber Monday 2024, esta integración permitió a Mercado Libre redirigir 850 camiones en menos de seis horas, evitando cuellos de botella en centros de distribución.

La IA facilita estrategias como el inventario flotante, donde algoritmos determinan la ubicación óptima de productos en tránsito. FedEx implementó un sistema que mantiene el 12 % de su inventario en camiones en movimiento, coordinado con predicciones de demanda por código postal. Esto redujo un 18 % los tiempos de entrega en áreas metropolitanas, al tiempo que disminuyó los costos de almacenamiento en un 9 % (Arinze et al., 2025).

El sector logístico ofrece numerosos ejemplos de transformación impulsada por IA. Amazon revolucionó la última milla. El gigante del comercio electrónico ha desarrollado algoritmos de rutas que consideran más de 200 variables por entrega, incluyendo preferencias individuales de clientes registradas en su historial de compras. Su sistema Anticipatory Shipping combina predicciones de compra con optimización de rutas, preposicionando productos en centros de distribución locales antes incluso de que el cliente realice el pedido. Este modelo redujo un 40 % los tiempos de entrega en zonas urbanas durante 2024. En colaboración con IBM, la embotelladora Coca-Cola implementó un sistema de IA que analiza datos de ventas en 50.000 puntos de venta informales en Latinoamérica. Al correlacionar patrones climáticos, eventos deportivos y datos móviles anonimizados, el sistema ajusta diariamente las rutas de 15.000 camiones, logrando una tasa de disponibilidad de producto del 99,3 % en tiendas (Thenmozhi & Krishnakumari, 2024).

Pese a sus ventajas, la adopción de IA en logística enfrenta obstáculos significativos, ya que el desempeño de los sistemas depende críticamente de la calidad y diversidad de los datos de entrenamiento. Un estudio reveló que modelos entrenados principalmente con datos de zonas urbanas mostraron un 23 % menos de precisión al planificar rutas rurales, suboptimizando el consumo de combustible en esos contextos. La automatización de decisiones, antes tomadas por despachadores humanos, genera preocupaciones sobre el desplazamiento laboral. Empresas líderes como DHL están implementando programas de reskilling, transfiriendo a empleados a roles de supervisión de IA y análisis de excepciones, donde el criterio humano sigue siendo insustituible (Luo et al., 2025).

El horizonte próximo promete avances revolucionarios como los gemelos digitales y la simulación cuántica. Es decir, la creación de réplicas virtuales completas de cadenas de suministro (digital twins) permitirá simular millones de escenarios en tiempo real. Empresas como Siemens ya experimentan con computación cuántica para resolver problemas de optimización de rutas con 10^{100} posibles combinaciones, inabordables para la computación clásica. También destacan la IA autónoma y los contratos inteligentes: la integración de IA con blockchain facilitará sistemas logísticos autogestionados. Proyectos piloto en Singapur muestran flotas vehiculares que negocian automáticamente la prioridad en rutas mediante contratos inteligentes, pagando microtarifas en criptomonedas por accesos preferenciales a autopistas congestionadas (Jones, 2025).

La inteligencia artificial ha trascendido su rol como herramienta auxiliar para convertirse en el núcleo estratégico de las operaciones logísticas modernas. Desde la reducción de emisiones mediante rutas optimizadas hasta la democratización del acceso a mercados a través de pronósticos hiperlocales, sus aplicaciones redefinen los límites de la eficiencia operativa. Sin embargo, el éxito sostenible dependerá de abordar desafíos éticos y de implementación, asegurando que la transición tecnológica beneficie por igual

a empresas, trabajadores y sociedad. La próxima década verá la consolidación de ecosistemas logísticos autónomos, donde la IA no solo optimizará procesos, sino que generará modelos de negocio radicalmente nuevos (Korepin et al., 2021).

1.2 Aplicaciones de Innovaciones Tecnológicas en la Cadena de Suministro Ecuatoriana

La cadena de suministro en Ecuador experimenta una transformación sin precedentes, impulsada por la adopción estratégica de tecnologías emergentes. Este reporte analiza cómo empresas locales líderes en logística internacional han integrado herramientas como plataformas digitales, sistemas de gestión inteligente, blockchain y soluciones de automatización para optimizar sus operaciones. A través de casos concretos, se evidencia cómo estas innovaciones mejoran la trazabilidad, reducen costos operativos y fortalecen la competitividad global del sector logístico ecuatoriano. Estudios recientes demuestran que la digitalización ha alcanzado una penetración del 68% en empresas de transporte internacional del país, con incrementos del 40% en eficiencia operativa documentados en adoptantes tempranos (Saavedra et al., 2023).

En la digitalización de operaciones logísticas se han desarrollado plataformas integradas en la nube. Por ejemplo, Loginet Group ha establecido un referente regional con su plataforma en la nube, que unifica la gestión de inventarios, transporte y distribución. Este sistema permite la integración omnicanal de proveedores, almacenes y clientes finales, reduciendo en un 30% los tiempos de procesamiento de pedidos mediante la automatización de flujos de trabajo. La arquitectura tecnológica de la empresa incluye módulos predictivos que analizan patrones estacionales de demanda, optimizando la capacidad de almacenamiento en sus centros logísticos de Guayaquil y Quito. Un caso paradigmático es su implementación de rastreo satelital en flotas de transporte pesado, que combina datos GPS con sensores IoT para monitorear condiciones de carga en tiempo real. Esta solución ha disminuido en un 22% las pérdidas por daños en mercancías sensibles durante el transporte internacional. La interoperabilidad del sistema con aduanas electrónicas facilita la preliquidación digital de impuestos, acelerando los procesos fronterizos en rutas clave hacia Perú y Colombia (Apolinario & Guevara, 2021; Loginet, 2024).

La implementación de blockchain en GPlogistics ha revolucionado la trazabilidad y la confianza digital. Con 17 años de experiencia en comercio exterior, ha implementado una red privada para gestionar sus operaciones de consolidación y desconsolidación de carga. Esta tecnología garantiza la inmutabilidad de registros en cada eslabón de la cadena, desde el embalaje inicial hasta la entrega final en 58 países. Los contratos inteligentes automatizan pagos y la liberación de mercancías, reduciendo disputas comerciales en un 40%, según reportes internos. La empresa ha desarrollado nodos blockchain interconectados con proveedores de transporte marítimo y aéreo, creando un ecosistema digital que disminuye la documentación física en un 75%. Un avance notable es su integración con el sistema de aduanas ecuatoriano, que permite la verificación instantánea de certificados de origen y cumplimiento normativo. Esta innovación ha posicionado a GPlogistics como socio estratégico para exportadores de banano y productos florícolas que requieren máxima transparencia en sus cadenas de frío (GPlogistics, 2025).

En la revolución de los datos en tiempo real, destacan los sistemas de gestión inteligente. LOGEX, con dos décadas de operaciones, ha implementado un ecosistema tecnológico que combina Warehouse Management Systems (WMS) avanzados con Transportation Management Systems (TMS) predictivos. Sus dashboards personalizados ofrecen visualización en tiempo real de métricas críticas como rotación de inventarios, eficiencia de rutas y huella de carbono por envío. Un logro destacable es su algoritmo de machine learning que optimiza rutas de distribución considerando variables en tiempo real, como condiciones climáticas y restricciones viales. La empresa ha desarrollado una aplicación abierta que permite a sus clientes integrar directamente sus sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) con la plataforma logística. Esta interoperabilidad ha reducido en un 35% los errores de inventario para empresas exportadoras de camarón y cacao. Durante la crisis de 2022, su sistema de gestión de riesgos permitió redireccionar el 89% de la carga afectada por paralizaciones sociales en menos de 48 horas, demostrando resiliencia operativa (LOGEX, 2025).

En las innovaciones de embalaje y carga, destaca el caso de SOLIPLAST, que lidera la transformación de materiales en operaciones logísticas. Sus estibas plásticas de alta resistencia, diseñadas específicamente para cadenas de frío, han incrementado en un 300% la vida útil en comparación con alternativas tradicionales. El diseño ergonómico, con superficies antideslizantes y esquinas reforzadas, permite apilamientos seguros de hasta 8 metros de altura, optimizando el espacio en contenedores marítimos. Un estudio de impacto, en colaboración con una multinacional logística, demostró que estas estibas reducen en un 15% el tiempo de carga/descarga y disminuyen lesiones laborales en un 40%. La integración de chips RFID en los pallets permite trazabilidad automática desde fábricas hasta centros de distribución internacionales, generando ahorros de \$1.2 millones anuales en inventarios para sus clientes (Soliplast, 2022).

En la construcción logística 4.0, se presenta el caso de Tugalt y su metamorfosis industrial. Aunque inicialmente especializada en tuberías, Tugalt ha revolucionado su cadena de suministro mediante la adopción de sistemas Steel Frame para la construcción rápida de centros logísticos. Esta tecnología permite edificar almacenes inteligentes en un 60% menos de tiempo en comparación con métodos tradicionales. Sus instalaciones modulares incorporan automatización robótica para el picking, sistemas de gestión energética con paneles solares y redes de sensores para el control de condiciones ambientales. El proyecto estrella de Tugalt es su centro logístico en Cuenca, equipado con grúas autónomas guiadas por IA y sistemas de realidad aumentada para entrenamiento operativo. Esta infraestructura ha aumentado en un 150% la capacidad de procesamiento de carga aérea hacia Estados Unidos y Europa. Su modelo de construcción sostenible reduce en un 45% los costos operativos mediante eficiencia energética y mantenimiento predictivo (TUGALT, 2025).

En cuanto a los retos y estrategias de implementación, la transición tecnológica enfrenta obstáculos significativos. Estudios revelan que el 62% de las empresas ecuatorianas experimentan resistencia cultural al cambio, mientras que el 38% reporta brechas en habilidades digitales. Para superar estos desafíos, líderes como LOGEX han implementado programas de capacitación gamificados que han certificado a más de 500 operarios en herramientas digitales avanzadas. La ciberseguridad emerge como una prioridad crítica, con empresas como GPlogistics invirtiendo el 8% de su presupuesto en TI en firewalls cuánticos y sistemas de detección de intrusos. La colaboración público-

privada ha sido clave, ejemplificada por el convenio entre Loginet Group y la Universidad Argos para desarrollar especializaciones en logística 4.0. La experiencia ecuatoriana demuestra que la adopción tecnológica en logística internacional sigue un modelo híbrido, combinando soluciones globales con adaptaciones locales. Los casos analizados revelan mejoras promedio del 35% en eficiencia operativa y reducciones del 20% en costos logísticos totales. El éxito radica en estrategias integrales que abarcan el desarrollo de capacidades digitales en la fuerza laboral, la integración interoperable de plataformas tecnológicas, el diseño de infraestructura modular y escalable, y la colaboración estratégica con actores globales. El futuro apunta hacia la convergencia de inteligencia artificial cognitiva con sistemas de logística autónoma, donde empresas ecuatorianas como Loginet ya realizan pruebas piloto con drones de última milla y vehículos autoguiados en sus centros de distribución. Esta evolución posiciona al país como un hub logístico regional, capaz de competir en mercados globales mediante innovación tecnológica aplicada (LOGEX, 2025; Loginet, 2024; Soliplast, 2022).

1.2.1 El Papel de la Ciberseguridad en la Digitalización de la Cadena de Suministro en Ecuador

La digitalización de la cadena de suministro representa un cambio paradigmático en el modelo operativo de las empresas ecuatorianas, introduciendo eficiencias significativas, pero también nuevos vectores de vulnerabilidad. En este complejo escenario, la ciberseguridad emerge como un componente estratégico fundamental, determinando no solo la viabilidad de las iniciativas de transformación digital, sino también la resiliencia operativa de organizaciones inmersas en mercados cada vez más interconectados. Este análisis explora la intersección crítica entre las tecnologías digitales aplicadas a la logística y los mecanismos de protección implementados por empresas ecuatorianas, revelando un panorama de desafíos y oportunidades que definen el futuro de la competitividad logística nacional (Saavedra et al., 2023).

Los ciberataques constituyen la faceta más problemática del avance tecnológico en la cadena de suministro ecuatoriana, representando amenazas tangibles que evolucionan en paralelo con la sofisticación de los sistemas implementados. En un entorno donde la transmisión de información se realiza predominantemente por canales telemáticos, la seguridad de los datos se ha convertido en un elemento crucial no solo para los operadores logísticos, sino también para los clientes que utilizan la información generada por estas actividades en múltiples frentes operativos y estratégicos¹. Esta realidad ha transformado fundamentalmente la manera en que las empresas ecuatorianas conceptualizan y gestionan sus perímetros de seguridad (Birelo, 2024).

La interconexión creciente entre sistemas previamente aislados genera superficies de ataque expandidas que requieren enfoques de protección holísticos. Estudios recientes sobre la digitalización en Ecuador revelan que la ciberseguridad figura consistentemente entre las principales preocupaciones de ejecutivos y responsables tecnológicos, posicionándose como un factor determinante en las decisiones de inversión digital. Este reconocimiento refleja una madurez organizacional emergente que contrasta con etapas previas donde la seguridad se consideraba frecuentemente un aspecto secundario en los procesos de transformación (Arinze et al., 2025).

La protección de los activos digitales en materia de ciberseguridad se ha posicionado como uno de los principales objetivos estratégicos para empresas ecuatorianas involucradas en cadenas de suministro internacionales. Esta priorización responde a una doble necesidad: por una parte, salvaguardar infraestructuras críticas y datos sensibles; por otra, cumplir con estándares internacionales que condicionan el acceso a mercados globales cada vez más exigentes en materia de protección de información (Day & Schoemaker, 2000).

La integración de consideraciones de seguridad en las etapas iniciales del diseño de sistemas logísticos representa un cambio fundamental en la aproximación ecuatoriana a la transformación digital. Este enfoque, conocido como "security by design", permite mitigar vulnerabilidades potenciales antes de su materialización, reduciendo significativamente los costos asociados a brechas de seguridad que, según estimaciones conservadoras, pueden representar entre el 3% y 5% del valor operativo anual para empresas medianas del sector logístico nacional (Soliplast, 2022).

La cadena de suministro ecuatoriana presenta características particulares que configuran su perfil de riesgo cibernético. La coexistencia de tecnologías legadas con sistemas de vanguardia crea escenarios de compatibilidad forzada donde suelen manifestarse vulnerabilidades explotables. Adicionalmente, la distribución geográfica de actores logísticos, con concentraciones en polos como Guayaquil, Quito y Manta, pero con extensiones operativas hacia zonas rurales con infraestructura digital limitada, genera discontinuidades en los perímetros de seguridad que deben ser gestionadas con estrategias adaptativas. La predominancia del sector agroexportador en la economía ecuatoriana introduce consideraciones adicionales, particularmente en lo referente a la trazabilidad y certificación de productos. Las implementaciones de blockchain y tecnologías RFID en estos sectores, si bien aportan transparencia y eficiencia, también introducen nuevos vectores de ataque que requieren mecanismos específicos de protección³. La sensibilidad de información relacionada con propiedad intelectual agrícola, rutas de distribución y relaciones comerciales internacionales amplifica el impacto potencial de compromisos de seguridad (Gplogistic, 2025).

Un desafío persistente en el panorama ecuatoriano es la disponibilidad limitada de especialistas en ciberseguridad con conocimientos específicos del sector logístico. Esta brecha de talento condiciona la capacidad de las organizaciones para implementar y mantener posiciones de seguridad robustas, especialmente en pequeñas y medianas empresas que constituyen eslabones críticos en cadenas de suministro más amplias³. Las asimetrías en capacidades técnicas y recursos disponibles para seguridad crean vulnerabilidades sistémicas que pueden comprometer la integridad de cadenas logísticas completas. La inversión insuficiente en infraestructuras de seguridad representa un obstáculo adicional para la maduración del ecosistema digital logístico ecuatoriano. Mientras que grandes operadores y multinacionales con presencia local suelen contar con presupuestos dedicados y estrategias formalizadas de ciberseguridad, empresas de menor escala enfrentan dilemas de asignación de recursos que frecuentemente resultan en compromisos de seguridad subóptimos. Esta realidad genera arquitecturas de seguridad desbalanceadas donde la cadena logística es tan fuerte como su eslabón más débil (Cammarano et al., 2024).

Las empresas ecuatorianas que han logrado avances significativos en la seguridad de sus cadenas de suministro digitalizadas implementan típicamente enfoques estructurados. Entre las medidas clave identificadas destaca el análisis exhaustivo de la complejidad en la gestión de riesgos, que incluye el diseño de modelos para identificar categorías de suministro vulnerables, la gestión operativa de estos modelos, y el establecimiento de ciclos de control y mejora continua. Esta aproximación metodológica permite adaptar los mecanismos de protección a las particularidades de cada cadena logística. Igualmente, significativo es el establecimiento de criterios formalizados para la categorización de riesgos, implementados mediante sistemas que permiten identificar y gestionar adecuadamente las amenazas potenciales¹. La granularidad en esta categorización resulta determinante para la asignación eficiente de recursos limitados, permitiendo concentrar esfuerzos en aquellos puntos de la cadena que presentan mayor criticidad o exposición (Singh, 2025).

La implementación de herramientas de rating y análisis de seguridad en tiempo real emerge como una práctica diferenciadora entre organizaciones logísticas con madurez digital avanzada. Estas soluciones permiten monitorizar continuamente el estado de seguridad de la infraestructura digital, detectando anomalías que podrían indicar compromisos en curso y facilitando respuestas ágiles que minimizan el impacto potencial. La integración de estos sistemas con plataformas operativas logísticas crea capas defensivas que operan sin interferir significativamente con los procesos de negocio. El cumplimiento riguroso con estándares y normativas de seguridad constituye otro pilar fundamental, típicamente implementado con mayor efectividad cuando se desarrolla en colaboración con partners especializados¹. Esta externalización parcial de responsabilidades permite a las organizaciones logísticas ecuatorianas acceder a conocimientos especializados sin la necesidad de desarrollar internamente capacidades que podrían resultar prohibitivamente costosas, especialmente para actores de escala media o regional (Sohi & Raman, 2024).

Más allá de las dimensiones tecnológicas y metodológicas, el factor humano representa simultáneamente la mayor vulnerabilidad y el activo más valioso en cualquier estrategia de ciberseguridad aplicada a cadenas de suministro. El compromiso organizacional y la formación adecuada de los equipos emergen como elementos determinantes del éxito, requiriendo el desarrollo de una cultura digital con sensibilidad específica hacia riesgos de seguridad¹. Esta aproximación cultural trasciende la implementación de tecnologías específicas, creando entornos donde la seguridad se conceptualiza como responsabilidad compartida. Los programas de concientización y capacitación continua constituyen mecanismos efectivos para mitigar el riesgo asociado a vectores de ataque que explotan vulnerabilidades humanas, como ingeniería social o phishing dirigido. La evidencia sugiere que organizaciones ecuatorianas con programas estructurados de formación en seguridad experimentan reducciones significativas en incidentes derivados de errores humanos, que según algunas estimaciones pueden representar hasta el 70% de las brechas de seguridad en entornos logísticos (TUGALS, 2025).

El control exhaustivo de accesos emerge como práctica fundamental para prevenir compromisos de seguridad en cadenas de suministro digitalizadas¹. La implementación de principios como el privilegio mínimo y la segregación de funciones reduce significativamente la superficie de ataque, limitando el impacto potencial de credenciales

comprometidas. Este enfoque resulta particularmente relevante en ecosistemas logísticos donde múltiples entidades interactúan con sistemas compartidos, como plataformas de visibilidad end-to-end o portales de colaboración con proveedores. La autenticación multifactor y los sistemas de gestión de identidades representan herramientas complementarias que incrementan la robustez de los perímetros digitales en cadenas de suministro ecuatorianas. Su implementación, sin embargo, requiere un balance cuidadoso entre seguridad y usabilidad para evitar que controles excesivamente restrictivos generen resistencia operacional o incentiven la creación de "atajos" que puedan comprometer la integridad del modelo de seguridad diseñado (Xie & Zhao, 2019).

La adopción de tecnologías blockchain en la cadena de suministro ecuatoriana introduce paradigmas novedosos de seguridad distribuida. Su implementación exitosa, particularmente en sectores como el agroalimentario, demuestra capacidades significativas para garantizar la autenticidad e integridad de productos a lo largo de complejas cadenas de valor³. Esta tecnología ofrece mecanismos inherentes de seguridad que complementan aproximaciones tradicionales, permitiendo verificación criptográfica de eventos logísticos y estableciendo registros inmutables que dificultan manipulaciones fraudulentas. La naturaleza descentralizada de estas implementaciones reconfigura fundamentalmente los modelos de amenazas aplicables, desplazando el foco desde la protección de repositorios centralizados hacia la salvaguarda de infraestructuras distribuidas con múltiples puntos de participación. Esta realidad emergente requiere aproximaciones de seguridad adaptadas que consideren vectores de ataque específicos, como vulnerabilidades en contratos inteligentes o compromisos de nodos individuales en la red de consenso (Bailey, 2022).

La implementación de tecnologías RFID y soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) en contextos logísticos ecuatorianos amplía significativamente la superficie digital que requiere protección³. La proliferación de sensores y dispositivos conectados en almacenes, vehículos de transporte y centros de distribución genera volúmenes masivos de datos operacionales que deben ser protegidos tanto en tránsito como en reposo. Adicionalmente, estos dispositivos suelen presentar limitaciones inherentes en capacidades de procesamiento que restringen la implementación de mecanismos de seguridad robustos a nivel de dispositivo. Las arquitecturas de seguridad efectivas para estos escenarios típicamente implementan aproximaciones por capas, donde la protección se distribuye entre dispositivos finales, gateways intermedios y plataformas centrales de gestión. Esta defensa en profundidad permite mitigar riesgos específicos como manipulación física de sensores, interceptación de comunicaciones inalámbricas o compromiso de credenciales de acceso a sistemas de gestión centralizados (Barbosa et al., 2018).

El panorama de ciberseguridad en la cadena de suministro ecuatoriana evidencia trayectorias evolutivas claramente definidas. La convergencia creciente entre tecnologías operacionales (OT) y tecnologías de información (IT) continuará difuminando fronteras tradicionales, requiriendo enfoques holísticos que contemplen protección coordinada de activos previamente gestionados en silos separados. Paralelamente, la automatización avanzada y la adopción de inteligencia artificial en procesos logísticos introducirá consideraciones éticas y de seguridad completamente novedosas que deberán ser abordadas proactivamente. La creciente interconexión con cadenas logísticas globales impondrá presiones adicionales para la armonización de estándares y prácticas de

seguridad. Empresas ecuatorianas que aspiren a consolidar posiciones en mercados internacionales deberán demostrar no solo cumplimiento con regulaciones específicas como GDPR para operaciones europeas o CCPA para interacciones con California, sino también capacidad para adaptarse ágilmente a marcos normativos emergentes tanto locales como internacionales (Addo & Helo, 2016).

El fortalecimiento del ecosistema de ciberseguridad en la cadena de suministro ecuatoriana requiere acciones coordinadas entre actores públicos, privados y académicos. El desarrollo de programas especializados de formación en ciberseguridad con orientación específica hacia el sector logístico permitiría reducir progresivamente la brecha de talento identificada. Complementariamente, la creación de foros colaborativos para compartir inteligencia sobre amenazas facilitaría respuestas colectivas más efectivas ante campañas dirigidas contra sectores específicos de la economía nacional. A nivel organizacional, la integración formal de consideraciones de ciberseguridad en procesos de gobierno corporativo representa una evolución necesaria. Esta elevación estratégica permitiría asignaciones presupuestarias más consistentes y establecería mecanismos de rendición de cuentas que garantizarían atención continuada incluso en periodos de presión operativa o financiera. Adicionalmente, la adopción de marcos formalizados de evaluación de madurez en ciberseguridad facilitaría la identificación de brechas específicas y el desarrollo de hojas de ruta adaptadas a las particularidades de cada organización (Sohi & Raman, 2024).

El papel de la ciberseguridad en la digitalización de la cadena de suministro ecuatoriana trasciende consideraciones puramente defensivas, posicionándose como habilitador fundamental de innovación sostenible y diferenciación competitiva. Las organizaciones que logran integrar efectivamente mecanismos robustos de protección en sus estrategias de transformación digital experimentan no solo reducciones significativas en incidentes disruptivos, sino también mayor agilidad para adoptar tecnologías emergentes que redefinen paradigmas operativos tradicionales. El camino hacia la excelencia en ciberseguridad para cadenas de suministro digitalizadas requiere aproximaciones multidimensionales que combinen rigor metodológico, inversiones tecnológicas estratégicas y transformaciones culturales profundas. Esta jornada, si bien desafiante, representa una inversión fundamental en la resiliencia operativa y la competitividad sostenible del ecosistema logístico ecuatoriano en un panorama global caracterizado por la hiperconectividad y la disrupción continua. Las organizaciones que reconozcan esta realidad y actúen proactivamente estarán posicionadas favorablemente para capitalizar las oportunidades que la economía digital emergente continuará manifestando en horizontes temporales inmediatos y extendidos (Cammarano et al., 2024).

1.3 Plataformas digitales y logística 4.0

Rol de las Plataformas Digitales en la Optimización de las Operaciones de Logística 4.0 es parte integral de la Industria 4.0, combinan tecnologías avanzadas como el IoT, la IA y el Big Data para revolucionar la logística. Las plataformas digitales son fundamentales en esta transformación, ofreciendo soluciones que mejoran la eficiencia, reducen costos y optimizan la toma de decisiones. Los roles claves de la plataforma,as digitales en la logística 4.0. La mejora de la eficiencia operativa depende de plataformas digitales que optimizan las operaciones logísticas al automatizar procesos, reducir errores

manuales y optimizar la asignación de recursos. Por ejemplo, las plataformas en la nube permiten la integración de datos en tiempo real, lo que mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa. Estas plataformas también facilitan la optimización de rutas y la gestión de inventario, reduciendo los costos de transporte y mejorando los plazos de entrega (King & Navarra, 2025).

Las plataformas digitales aprovechan el big data y la analítica para proporcionar información práctica, mejorando la previsión de la demanda y la gestión de riesgos. Las plataformas logísticas inteligentes facilitan la compatibilidad de datos y la respuesta a riesgos en tiempo real, mejorando la precisión de las previsiones y la agilidad operativa. Las herramientas de analítica avanzada permiten el mantenimiento predictivo y la asignación optimizada de recursos, garantizando una toma de decisiones proactiva. También, las plataformas digitales fomentan la innovación al habilitar nuevos modelos de negocio y fuentes de ingresos. Permiten a las empresas especializarse en servicios específicos a la vez que colaboran entre sectores, lo que aumenta la rentabilidad y la calidad del servicio. Plataformas como LOGINK en China demuestran cómo las soluciones digitales pueden mejorar la competitividad y la resiliencia frente a los desafíos geopolíticos (Tovstolis, 2024).

Así mismo, la sostenibilidad es un enfoque clave de la Logística 4.0, y las plataformas digitales contribuyen a ella mediante prácticas de logística ecológica y economía circular. Tecnologías como blockchain e IoT mejoran la transparencia y la trazabilidad, impulsando prácticas sostenibles. Estas herramientas también mitigan los riesgos en las cadenas de suministro humanitarias al mejorar la coordinación y el intercambio de información en tiempo real. El futuro de las plataformas digitales en logística reside en su capacidad para integrar tecnologías emergentes y abordar desafíos como la seguridad de los datos y la integración de sistemas. Las investigaciones sugieren centrarse en plataformas unificadas para pymes y explorar la IA en la logística autónoma. Estos avances optimizarán aún más las operaciones logísticas y mejorarán la resiliencia de la cadena de suministro global. Las plataformas digitales son transformadoras en la Logística 4.0, ofreciendo soluciones que mejoran la eficiencia, la toma de decisiones y la sostenibilidad. Al aprovechar estas plataformas, las empresas de logística pueden alcanzar la excelencia operativa y adaptarse a los desafíos futuros. Como se destaca en varios estudios, la integración de plataformas digitales es esencial para mantener la competitividad en una economía global dinámica (Tsikh & Suhoversha, 2024).

1.3.1 El Aprovechamiento del Comercio Exterior con las Plataformas Digitales y Logística 4.0.

Ecuador está experimentando una profunda transformación en su panorama comercial internacional gracias a la adopción de plataformas digitales y la modernización de sus sistemas logísticos. La integración de innovaciones tecnológicas, iniciativas gubernamentales estratégicas y alianzas internacionales está transformando la forma en que las empresas ecuatorianas interactúan con los mercados globales. Este análisis exhaustivo explora el ecosistema en evolución del comercio digital y la infraestructura logística, que está posicionando a Ecuador para superar las barreras tradicionales al comercio internacional, a la vez que crea nuevas oportunidades para empresas de diversos tamaños. Los recientes avances en la digitalización de la cadena de suministro, los

sistemas de almacenamiento inteligente y las plataformas de comercio electrónico contribuyen a un entorno comercial internacional más eficiente, ágil e inclusivo en el país (Apolinario & Guevara, 2021).

El avance de las plataformas digitales ha revolucionado el comercio internacional en Ecuador, creando nuevas vías para que las empresas se conecten con los mercados globales. Estas herramientas tecnológicas han transformado la forma en que las empresas ecuatorianas realizan el comercio transfronterizo, reduciendo eficazmente las barreras y mejorando la eficiencia operativa en todo el ecosistema comercial. El proceso de digitalización ha sido particularmente impactante en la agilización de los procedimientos aduaneros, que tradicionalmente representaban obstáculos significativos para exportadores e importadores. Gracias a los sistemas automatizados de procesamiento aduanero, las empresas ahora pueden completar la documentación necesaria y los requisitos de cumplimiento en una fracción del tiempo requerido anteriormente, reduciendo sustancialmente las cargas administrativas y los costos asociados. Esta automatización ha demostrado ser especialmente valiosa para las exportaciones urgentes, que constituyen una parte significativa de la cartera de comercio internacional de Ecuador (Saavedra et al., 2023).

Las capacidades de seguimiento y rastreo en tiempo real representan otro aspecto transformador de las plataformas digitales en el ecosistema de comercio internacional de Ecuador. Estas tecnologías permiten a las empresas monitorear los envíos a lo largo de toda la cadena de suministro, brindando una visibilidad sin precedentes del movimiento transfronterizo de mercancías. Esta mayor transparencia no solo optimiza la gestión de riesgos, sino que también permite estimaciones de entrega más precisas y una resolución proactiva de problemas cuando surgen desafíos logísticos. Para los exportadores ecuatorianos de productos perecederos como flores, banano y mariscos, este nivel de monitoreo es particularmente crucial para mantener la calidad del producto y cumplir con los estrictos plazos de entrega en los mercados internacionales (Xie & Zhao, 2019).

La proliferación de plataformas globales de comercio electrónico ha ampliado drásticamente el acceso al mercado para las empresas ecuatorianas. Plataformas como Amazon, Alibaba e eBay han creado canales virtuales para consumidores internacionales, eliminando la necesidad de presencia física en mercados extranjeros. Esta democratización del acceso al mercado global ha sido particularmente beneficiosa para las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que anteriormente carecían de los recursos para establecer redes de distribución internacionales. Los mercados digitales especializados en comercio internacional han mejorado aún más estas oportunidades al brindar servicios integrados que abordan las complejidades de las transacciones transfronterizas, incluyendo el procesamiento de pagos, la coordinación logística y el apoyo al cumplimiento normativo (Marfec, 2024).

Ecuador ha desarrollado un marco estratégico para acelerar la adopción de herramientas digitales para el comercio internacional. La Estrategia Nacional de Comercio Digital 2025-2030 representa un enfoque integral diseñado para impulsar la innovación tecnológica y la modernización de las operaciones comerciales en todo el país. Esta estrategia con visión de futuro busca promover el crecimiento económico a través de plataformas digitales, a la vez que fomenta la inclusión y el acceso digital para las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES). Al abordar tanto la

infraestructura tecnológica como el desarrollo de habilidades, la estrategia crea un entorno propicio para que empresas de todos los tamaños aprovechen las plataformas digitales para la expansión del comercio internacional (MMCCEE, 2025).

La implementación de esta estrategia se coordina a través del Comité Nacional de Comercio Digital, que reúne a actores clave de los sectores público y privado. Este enfoque colaborativo reconoce que una transformación digital eficaz requiere la coordinación en múltiples ámbitos, desde la infraestructura de telecomunicaciones hasta los servicios financieros y las redes logísticas. Como señaló el Ministro de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, César Martín, la expansión del Comercio Digital puede servir como catalizador para la evolución del panorama comercial de Ecuador, siempre que exista sinergia y colaboración entre todos los sectores de la sociedad ecuatoriana. Este compromiso gubernamental demuestra el reconocimiento de Ecuador del comercio digital como una prioridad estratégica para el desarrollo económico nacional (UTPL, 2022).

La cooperación internacional ha desempeñado un papel fundamental en el avance de las capacidades de comercio digital de Ecuador. Las alianzas con organizaciones como la Organización de los Estados Americanos (OEA) han brindado valiosa asistencia técnica e intercambio de recursos. Un ejemplo notable es el Plan de Digitalización para MIPYMES, implementado con el apoyo de la OEA y la empresa tecnológica Kolau. Esta iniciativa permite a las pequeñas empresas crear sus propios sitios web de forma gratuita, abordando una de las barreras fundamentales para la participación en el mercado digital sin requerir una inversión financiera significativa por parte de empresas con recursos limitados [6](#). Estas alianzas aceleran la adopción digital mediante la transferencia de conocimientos y tecnologías que, de otro modo, podrían tardar años en desarrollarse a nivel nacional (MMCCEE, 2025).

El sector logístico constituye una base fundamental para las operaciones de comercio internacional de Ecuador, ya que actúa como la infraestructura esencial que permite el movimiento físico de mercancías a través de las fronteras. Según datos del Banco Central del Ecuador, el comercio internacional movió más de 21000 millones de dólares, mientras que el comercio interno a través de plataformas electrónicas generó más de 2700 millones de dólares, lo que pone de relieve el importante impacto económico de este sector. Las redes de transporte, que abarcan rutas marítimas, aéreas y terrestres, constituyen la columna vertebral del sistema logístico de Ecuador, cada una con ventajas y desafíos únicos para los diferentes tipos de productos de exportación. La posición estratégica del país en la costa del Pacífico proporciona acceso directo a mercados clave de Asia y América, lo que crea ventajas naturales para el desarrollo del comercio internacional (Saavedra et al., 2023).

Los principales productos de exportación de Ecuador, como el petróleo, las rosas, el banano y el camarón, dependen en gran medida de soluciones logísticas eficientes y oportunas para mantener la calidad del producto y cumplir con los compromisos de entrega internacionales. La naturaleza perecedera de las exportaciones agrícolas genera una presión adicional sobre el sistema logístico para minimizar los tiempos de tránsito y mantener las condiciones adecuadas en toda la cadena de suministro. Este requisito ha impulsado la mejora continua y la innovación en el sector logístico de Ecuador, ya que los proveedores buscan desarrollar soluciones especializadas adaptadas a las necesidades

de las diferentes industrias exportadoras. La integración de tecnologías digitales en estas operaciones logísticas especializadas ha mejorado aún más su eficacia, permitiendo una planificación más precisa, una mejor asignación de recursos y una mayor visibilidad en toda la cadena de suministro (Soliplast, 2022).

La experiencia profesional en logística y transporte se ha vuelto cada vez más valiosa a medida que crece la complejidad de las cadenas de suministro internacionales, donde el comercio depende, en gran medida, de la gestión de profesionales en este campo» que resuelven los desafíos del transporte aéreo, marítimo y terrestre. Ecuador ha reconocido esta necesidad, y las instituciones educativas han desarrollado programas especializados que preparan a los profesionales para desenvolverse en las complejidades de las regulaciones internacionales de transporte marítimo, optimizar las rutas de transporte y gestionar los desafíos logísticos propios del contexto geográfico y de infraestructura del Ecuador. Este enfoque en el desarrollo profesional refleja la comprensión de que el capital humano representa un componente crítico de la competitividad logística, junto con los sistemas tecnológicos (UTPL, 2022).

La digitalización de las cadenas de suministro representa una fuerza transformadora en el panorama del comercio internacional de Ecuador, generando niveles sin precedentes de visibilidad, eficiencia y resiliencia. Una exhaustiva revisión académica que examina la digitalización de la cadena de suministro en Ecuador destaca la implementación de sistemas integrados de gestión, la tecnología blockchain y la RFID (Identificación por Radiofrecuencia) como innovaciones clave que están transformando las operaciones logísticas en diversos sectores, desde la manufactura hasta la agroindustria. Estas tecnologías crean representaciones digitales de las actividades físicas de la cadena de suministro, lo que permite un análisis, una predicción y una optimización más sofisticados que los que antes eran posibles con los sistemas manuales (TUGALS, 2025).

Los sistemas de almacenamiento inteligente están transformando las operaciones de almacén en todo Ecuador, introduciendo nuevos niveles de eficiencia y precisión en la gestión de inventario. Estos sistemas inteligentes aprovechan tecnologías avanzadas para optimizar el uso del espacio y acelerar el procesamiento de pedidos, lo cual es especialmente valioso en las principales ciudades portuarias de Ecuador, donde el almacenamiento eficiente y las rápidas capacidades de transbordo pueden reducir significativamente los plazos de entrega de los envíos internacionales. Como señalan los analistas de la industria, «La integración de tecnología avanzada en nuestras operaciones está elevando la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad, marcando el inicio de una nueva era en la logística ecuatoriana». ⁵ Esta evolución tecnológica es particularmente significativa dada la posición geográfica estratégica de Ecuador y su creciente economía, que generan tanto oportunidades como desafíos para la modernización logística (INLOG, 2024).

La implementación de estas tecnologías avanzadas no está exenta de desafíos. La revisión académica sobre la digitalización de la cadena de suministro identifica varios obstáculos persistentes, como las preocupaciones sobre ciberseguridad y la resistencia al cambio entre las empresas consolidadas. Estos desafíos requieren enfoques integrales que aborden no solo la implementación técnica, sino también la cultura organizacional y las prácticas de gestión de riesgos. A pesar de estos desafíos, las oportunidades para

mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta al mercado crean incentivos convincentes para la adopción digital continua en todo el ecosistema de la cadena de suministro de Ecuador. A medida que más empresas experimenten los beneficios concretos de la digitalización, desde la reducción de costos hasta la mejora de las capacidades de servicio, es probable que el ritmo de adopción se acelere aún más (Birelo, 2024).

Las plataformas digitales han democratizado significativamente el acceso a los mercados internacionales para las pequeñas y medianas empresas ecuatorianas, que históricamente enfrentaban barreras desproporcionadas para participar en el comercio global. La reducción de los requisitos mínimos de escala para una participación comercial internacional rentable representa uno de los aspectos más transformadores de las plataformas de comercio digital. Si bien antes la entrada al mercado internacional requería inversiones sustanciales en infraestructura física, investigación de mercado y redes de distribución, los mercados digitales ahora ofrecen soluciones integrales que permiten a las pequeñas empresas establecer una presencia global con una inversión inicial mínima. Esta accesibilidad ha permitido que una gama más diversa de empresas ecuatorianas participe en el comercio internacional, contribuyendo a patrones de desarrollo económico más inclusivos (Cammarano et al., 2024).

El gobierno ecuatoriano ha reconocido la importancia de apoyar a las MIPYMES en su proceso de transformación digital. Con la Estrategia Nacional de Comercio Digital 2025-2030, se hace hincapié en fomentar la inclusión y el acceso digital para las pequeñas empresas. Este enfoque reconoce que, si bien las tecnologías digitales ofrecen un enorme potencial para las pequeñas empresas, estas a menudo enfrentan desafíos únicos para su adopción, como recursos financieros limitados, brechas de conocimiento técnico y una escala insuficiente para justificar inversiones tecnológicas significativas. Al abordar estas limitaciones mediante programas de apoyo específicos, el gobierno busca garantizar que los beneficios del comercio digital se distribuyan ampliamente en la comunidad empresarial, en lugar de concentrarse en las grandes empresas con mayores recursos (MMCCEE, 2025).

Iniciativas como el Plan de Digitalización de las MIPYMES ejemplifican este enfoque específico de apoyo a estos negocios. Al proporcionar herramientas gratuitas de creación de sitios web a pequeñas empresas, este programa aborda directamente una de las barreras fundamentales para la participación en el mercado digital, para establecer una presencia en línea, sin requerir una inversión financiera significativa por parte de las pequeñas empresas con recursos limitados. ⁶ Estas iniciativas reconocen que la brecha digital no se limita al acceso a la tecnología, sino también a las capacidades y los recursos necesarios para utilizarla eficazmente. A medida que estos programas continúan evolucionando, sientan las bases para adopciones digitales más sofisticadas que pueden mejorar progresivamente el posicionamiento competitivo de las MIPYMES en los mercados internacionales (Apolinario et al., 2024).

La evolución de las plataformas logísticas digitales ha sido especialmente beneficiosa para los pequeños exportadores, al brindarles acceso a opciones de envío consolidadas y procesos de documentación simplificados. Los proveedores de logística externos ahora ofrecen interfaces digitales que permiten a las MIPYMES acceder a tarifas de envío y niveles de servicio que antes solo estaban disponibles para transportistas de

gran volumen mediante contratos directos. Estas plataformas agregan la demanda de múltiples pequeños transportistas para negociar condiciones favorables con los transportistas y luego distribuyen estos beneficios a través de interfaces digitales intuitivas. El ahorro de costos y las mejoras en el servicio resultantes permiten a las pequeñas empresas cumplir con las expectativas de entrega internacional sin desarrollar experiencia logística especializada ni infraestructura dedicada, lo que reduce sustancialmente las barreras para la participación en el mercado internacional (Birelo, 2024).

Los servicios profesionales de logística y transporte brindan un apoyo crucial a las pequeñas empresas que se enfrentan a las complejidades del comercio internacional. Esta experiencia profesional resulta especialmente valiosa para las pequeñas empresas que no pueden mantener departamentos especializados en comercio internacional internamente. Al externalizar estas funciones a profesionales de la logística, las MIPYMES pueden acceder a capacidades sofisticadas sin los costos fijos de desarrollarlas internamente, creando modelos de negocio internacionales más sostenibles. El desarrollo de capacidades sigue siendo esencial para maximizar los beneficios de las herramientas de comercio digital disponibles entre las pequeñas empresas. Las brechas de conocimiento técnico a menudo limitan la capacidad de las mipymes para utilizar plenamente las plataformas digitales a pesar de tener acceso a la tecnología subyacente (UTPL, 2022).

A medida que Ecuador continúa desarrollando sus capacidades de comercio digital, diversos desafíos y oportunidades moldearán la evolución de este ecosistema. Persisten limitaciones de infraestructura en ciertas regiones, lo que genera disparidades geográficas en el acceso a las oportunidades de comercio digital. Si bien los centros urbanos generalmente disfrutan de una conectividad confiable, las zonas rurales suelen experimentar limitaciones de ancho de banda e interrupciones del servicio que impiden una participación constante en las plataformas de comercio digital. Abordar estas deficiencias de infraestructura requiere una inversión coordinada en redes de telecomunicaciones y soluciones de conectividad de última milla adaptadas a la compleja topografía de Ecuador, que abarca desde las tierras bajas costeras hasta las tierras altas andinas y la selva amazónica (MMCCEE, 2025).

La ciberseguridad se ha convertido en una prioridad crítica a medida que la creciente digitalización amplía las posibles vulnerabilidades en los sistemas comerciales. La naturaleza sensible de la documentación comercial internacional, incluida la información financiera y aduanera, convierte a estos sistemas en objetivos especialmente atractivos para los ciberdelincuentes. El desarrollo de protocolos de seguridad robustos y la creación de capacidad técnica para la detección y respuesta ante amenazas representan desafíos constantes que requieren inversión sostenida y cooperación internacional. La capacidad de Ecuador para generar confianza en sus sistemas comerciales digitales influirá significativamente en la disposición de los compradores extranjeros a realizar transacciones electrónicas con proveedores ecuatorianos (Loginet, 2024).

A pesar de estos desafíos, la posición geográfica estratégica de Ecuador ofrece ventajas significativas para su desarrollo como centro logístico regional, en particular para los flujos comerciales entre Asia y Latinoamérica. La ubicación del país en la costa del Pacífico proporciona acceso marítimo directo a los principales mercados asiáticos,

mientras que su proximidad a otras naciones andinas crea oportunidades para consolidar los flujos comerciales regionales. La continua modernización de la infraestructura logística, combinada con la digitalización progresiva de los procesos comerciales, posiciona a Ecuador para captar los crecientes volúmenes de comercio regional. Este potencial para una mayor integración regional representa uno de los aspectos más prometedores de la trayectoria de desarrollo del comercio digital de Ecuador (Barbosa et al., 2018).

Las tecnologías emergentes continúan creando nuevas posibilidades para el ecosistema de comercio internacional de Ecuador. La revisión académica sobre la digitalización de la cadena de suministro destaca varias tecnologías que están cobrando impulso en Ecuador, incluyendo aplicaciones de inteligencia artificial para la previsión de la demanda y la optimización de rutas. Estas tecnologías avanzadas se basan en los sistemas digitales fundamentales ya implementados, creando oportunidades para un análisis y una automatización más sofisticados. A medida que estas tecnologías maduren y se vuelvan más accesibles, probablemente generarán mayores ganancias de eficiencia y ventajas competitivas para quienes las adopten de forma temprana en la comunidad de comercio internacional de Ecuador (Saavedra et al., 2023).

La creciente demanda global de productos sostenibles y trazables se alinea con los esfuerzos de Ecuador por implementar soluciones digitales para la cadena de suministro con sólidas capacidades de seguimiento. Los consumidores internacionales buscan cada vez más información detallada sobre el origen de los productos, los métodos de producción y el impacto ambiental, lo que crea segmentos de mercado premium para bienes con trazabilidad digital integral. La implementación de tecnologías blockchain e IoT en las cadenas de suministro agrícolas por parte de Ecuador posiciona a sus exportadores para alcanzar estos segmentos premium con credenciales de sostenibilidad verificables. Esta estrategia aprovecha las capacidades digitales para captar mayor valor en los mercados internacionales en lugar de competir únicamente con el costo de producción, lo que representa una posición competitiva más sostenible para Ecuador en el mercado global (MMCCEE, 2025).

La transición de Ecuador hacia la transformación digital en el comercio internacional representa una evolución multifacética que abarca la innovación tecnológica, el desarrollo de políticas y la adaptación empresarial. La integración de plataformas digitales en todo el ecosistema comercial ha generado nuevas posibilidades de acceso a los mercados, eficiencia operativa y diferenciación competitiva en los mercados globales. Estos avances son particularmente significativos dada la posición económica estratégica de Ecuador como exportador tanto de materias primas como de productos de valor agregado, lo que requiere sistemas flexibles de facilitación del comercio que se adapten a diversos modelos de negocio y características de los productos. La Estrategia Nacional de Comercio Digital 2025-2030 ofrece un marco integral para impulsar las capacidades de comercio digital de Ecuador en los próximos años. Este enfoque progresista, combinado con las ventajas naturales de Ecuador, como su posición geográfica estratégica y su diversa cartera de exportaciones, crea condiciones prometedoras para el crecimiento continuo del comercio internacional, facilitado por plataformas digitales y sistemas logísticos modernos. El énfasis en la inclusión de empresas de todos los tamaños refleja un compromiso con el desarrollo económico generalizado, en lugar de concentrar los beneficios en las empresas ya establecidas (UTPL, 2022).

De cara al futuro, el éxito continuo de Ecuador en el comercio digital dependerá de su capacidad para abordar los desafíos persistentes y aprovechar las oportunidades emergentes. El desarrollo de infraestructura sigue siendo una prioridad, en particular para extender la conectividad confiable a las regiones desatendidas y garantizar una participación más inclusiva en los beneficios del comercio digital. El desarrollo de habilidades en todos los segmentos empresariales, pero en particular entre las mipymes, determinará la eficacia con la que Ecuador puede traducir el acceso a la tecnología en resultados económicos tangibles. Con una ejecución adecuada y una adaptación continua a las tecnologías emergentes, Ecuador está bien posicionado para consolidarse como líder regional en innovación en comercio digital, creando oportunidades económicas sostenibles en todo su panorama empresarial (Apolinario et al., 2024).

1.3.2 Automatización Portuaria y Sistemas de Trazabilidad en Ecuador

La transformación digital del sector logístico y portuario en Ecuador avanza significativamente mediante la implementación de tecnologías innovadoras que optimizan procesos y mejoran la trazabilidad de mercancías. El avance tecnológico en puertos como el de Guayaquil muestra el compromiso del sector con la modernización de infraestructuras críticas para el comercio internacional, aunque la velocidad de adopción sigue siendo desigual frente a otros sectores y regiones. Los sistemas implementados ya demuestran mejoras en eficiencia operativa, reducción de tiempos de espera y mayor precisión en la gestión de datos, posicionando gradualmente a Ecuador en la vanguardia logística regional (Apolinario & Guevara, 2021).

El sector portuario ecuatoriano ha iniciado un proceso de transformación digital significativo, especialmente en el Puerto Marítimo de Guayaquil, uno de los más importantes del país. Con una extensión de más de 1.2 millones de metros cuadrados, este puerto ha implementado infraestructura y equipamiento de vanguardia que refleja la tendencia hacia la automatización de procesos críticos. La digitalización en el sector de transporte marítimo representa un pilar fundamental para la economía globalizada, aunque en Ecuador este proceso avanza a un ritmo más lento en comparación con otros sectores de transporte, según análisis de la CEPAL (Saavedra et al., 2023).

La implementación de tecnologías digitales en puertos ecuatorianos busca proporcionar mayor productividad, eficiencia y sostenibilidad de los procesos comerciales, así como mejorar la transparencia operativa. Estas innovaciones están transformando actividades neurálgicas como el ingreso y salida de vehículos de carga, procesos de documentación y registro de visitas, que tradicionalmente representaban cuellos de botella operativos. La creciente dependencia de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en barcos, puertos marítimos e instalaciones en alta mar demuestra el viraje hacia un modelo operativo digitalizado. Actualmente, el sector enfrenta desafíos importantes como congestiones portuarias, escasez de contenedores vacíos y aumento de tarifas de flete, situaciones que impulsan la búsqueda de soluciones tecnológicas más eficientes. Las empresas del sector logístico-portuario ecuatoriano deben apostar por la digitalización para mantener su competitividad y desempeñar un papel efectivo como parte de un ecosistema logístico integrado globalmente (Jama, 2023).

Contecon Guayaquil S.A., subsidiaria de la operadora mundial International Container Terminal Services Inc., representa un caso destacado de automatización portuaria en Ecuador. Desde 2007 opera las Terminales de Contenedores y Multipropósito del Puerto Marítimo de Guayaquil "Libertador Simón Bolívar", con una concesión extendida hasta 2046. Esta terminal ha implementado un sistema de Automatización GOS (Gate Operating System) basado en tecnologías avanzadas que han revolucionado sus procesos de entrada y salida, mejorando los procesos de ingreso y salida de carga eran semi-manuales, donde el personal de garitas revisaba documentación y realizaba transacciones para el registro de visitas de camiones en el sistema N4 (Terminal Operation System). Esta dependencia manual generaba tiempos de espera excesivos para los camiones en la terminal. Para optimizar este proceso, decidieron implementar una solución basada en estándares internacionales que permite la identificación vehicular automatizada (CGSA, 2025).

El sistema implementado integra múltiples tecnologías:

- Portales RFID para identificación automática de vehículos
- Tecnología LPR (License Plate Recognition) para lectura de placas
- Reconocimiento multibiométrico de conductores
- Kioscos de autoservicio completamente automatizados

Esta transformación representa un cambio de paradigma en la operación portuaria, pasando de procesos manuales susceptibles a errores y demoras, a un sistema digitalizado que minimiza los tiempos de espera y mejora significativamente la eficiencia operativa. Los sistemas de trazabilidad constituyen un componente esencial en la modernización logística ecuatoriana, especialmente en el manejo de productos perecederos para exportación. Un caso relevante es el desarrollo de un sistema de trazabilidad para una operadora portuaria enfocada en el embarque de frutas, cuyo objetivo principal fue mejorar la recolección de información permitiendo la optimización de los tiempos de embarque y garantizando la calidad de los datos compartidos con clientes internacionales. El análisis del proceso identificó que el principal cuello de botella se encontraba durante el embarque de la fruta desde el muelle hacia el buque. Anteriormente, personal operativo recolectaba información de carga utilizando papel y lápiz para registrar datos de la fruta almacenada en las bodegas de los buques. Este proceso manual, combinado con la congestión operativa, provocaba frecuentes errores que impactaban negativamente en el proceso posterior de digitalización en el sistema de Control Embarque (Izquierdo, 2008).

La solución implementada consistió en:

- Automatización de la captura de información durante el embarque mediante equipos hand-helds
- Implementación de un sistema digital de trazabilidad para ingreso y procesamiento de datos
- Eliminación de procesos manuales propensos a errores

Los resultados fueron significativos con la maximización de los tiempos de embarque, minimización de costos por horas trabajadas y pagadas, reducción de gastos

por alquiler de equipos y maquinarias, y notable mejora en la calidad de los datos. Este caso ejemplifica cómo la implementación de tecnologías relativamente sencillas puede generar beneficios operativos sustanciales. El concepto de Logística 4.0 está transformando fundamentalmente el sector logístico ecuatoriano, representando una evolución paralela a la transformación digital e Industria 4.0. Este paradigma implica una forma diferente e innovadora de pensar, gestionar y distribuir productos hasta los clientes finales. La revolución digital en la logística ecuatoriana se manifiesta a través de la implementación de tecnologías inteligentes combinadas con cambios en la cultura empresarial que fomentan mayor concienciación ecológica y sostenibilidad en los diversos procesos de negocio. La transformación digital en la cadena logística ecuatoriana abarca desde el área de almacenamiento hasta la distribución de productos o "última milla". Este proceso busca desarrollar cadenas de suministro y distribución más inteligentes, conectadas y tecnológicamente avanzadas. Las empresas logísticas ecuatorianas están comenzando a adoptar habilitadores digitales basados en datos como Business Intelligence, Big Data y Machine Learning, complementados con herramientas que favorecen la conectividad, la automatización inteligente y una trazabilidad completamente segura en cualquier punto de la cadena mediante Internet of Things, Inteligencia Artificial o blockchain (Comunicadosrpp, 2020).

Otras tecnologías que están siendo implementadas en el sector logístico ecuatoriano incluyen:

- Sistemas RFID para control de inventarios
- WMS (Warehouse Management Systems) para gestión automática de almacenes
- Sistemas GPS para optimización de rutas
- Drones para análisis de stock

La integración de estas tecnologías se caracteriza por el protagonismo de la hiperconectividad y la digitalización en los diferentes procesos operativos, lo que permite ganar eficiencia, reducir costes y tiempos, optimizar la toma de decisiones y aprovechar los recursos al máximo. La Logística 4.0 representa para Ecuador el inicio de un proceso de transformación digital que busca crear cadenas de suministro y distribución más inteligentes, conectadas y tecnológicamente avanzadas. Este concepto se materializa mediante la implementación de habilitadores digitales y herramientas tecnológicas que potencian la conectividad, la automatización inteligente y la trazabilidad en todos los puntos de la cadena logística. En el contexto ecuatoriano, esta revolución logística se manifiesta en diversas aplicaciones prácticas que están redefiniendo cómo se gestionan las operaciones portuarias y el transporte marítimo de mercancías. El potencial de tecnologías como inteligencia artificial, big data, análisis de datos, IoT, automatización, blockchain, robótica y Machine Learning se combina para conectar y facilitar la comunicación entre todas las partes interesadas en la cadena de suministro global: tripulaciones de barcos, líneas navieras, transitarios, autoridades portuarias y clientes finales. Una de las ventajas más significativas de esta digitalización es la ubicuidad: las herramientas digitales pueden utilizarse en cualquier lugar y momento, siempre que exista una conexión adecuada a Internet. Esto permite un acceso fácil y permanente a todas las herramientas de gestión logística mientras el personal se encuentra en movimiento, maximizando la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante contingencias (Jama, 2023).

La modernización de los puertos ecuatorianos está siendo impulsada por diversas tecnologías disruptivas que transforman radicalmente los procesos tradicionales. El Internet de las cosas (IoT), junto con una mayor disponibilidad de datos, está permitiendo un crecimiento exponencial en los procesos automatizados dentro de las instalaciones portuarias⁵. La implementación de estas tecnologías se orienta a crear un ecosistema digital integrado que optimice cada aspecto de la cadena logística. En el contexto de los puertos ecuatorianos, destacan tecnologías específicas que están marcando la diferencia:

1. Software de Identificación Inteligente: Soluciones como el desarrollo de sistemas OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres) "as a service" y "on the edge" permiten rastrear eficazmente los activos de carga (contenedores, vagones, mercancías peligrosas) en cualquier ubicación y con cualquier cámara. Esto proporciona a los puertos una capacidad de rastreo prácticamente omnipresente, similar a la desarrollada en proyectos internacionales como el español "Puertos 4.0".
2. Sistemas de Trazabilidad Integrados: El desarrollo de plataformas digitales portuarias en América Latina está siendo promovido por iniciativas regionales como la RED de Puertos Digitales y Colaborativos del Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe (SELA). Esta red facilita la diseminación de conocimiento y el establecimiento de planes concretos para la digitalización portuaria⁶.
3. Automatización de Accesos: La implementación de tecnologías como RFID, biometría y kioscos de autoservicio para la automatización y control en los puntos de ingreso y salida del puerto, como el caso de Contecon Guayaquil, representa un avance significativo en la eficiencia operativa portuaria.

Estas tecnologías están transformando los puertos ecuatorianos de simples puntos de carga y descarga a nodos inteligentes completamente integrados en la cadena logística global, capaces de procesar información en tiempo real y adaptar sus operaciones con agilidad a las condiciones cambiantes del mercado (AllRead, 2024).

La transformación digital del sector logístico-portuario ecuatoriano enfrenta diversos desafíos que deben ser abordados estratégicamente para maximizar los beneficios de la automatización y los sistemas de trazabilidad. Según los análisis de la CEPAL, la digitalización en el sector del transporte marítimo y puertos en Ecuador avanza a un ritmo más lento en comparación con otros sectores del transporte. Esta disparidad representa un desafío significativo para la competitividad global del país en materia logística. Un aspecto crucial es la necesidad de infraestructura tecnológica robusta que soporte las soluciones digitales implementadas. La dependencia de conexiones rápidas a Internet resulta fundamental para el funcionamiento óptimo de las herramientas digitales, como señalan Jovic y Tijan en sus análisis sobre digitalización marítima⁵. En zonas portuarias con conectividad limitada o inestable, la implementación efectiva de sistemas de trazabilidad y automatización puede verse comprometida, creando brechas operativas (LOGEX, 2025).

Por otra parte, el sector enfrenta desafíos importantes como congestiones portuarias significativas, escasez de contenedores vacíos y aumento de las tarifas de flete⁵. Estas problemáticas pueden catalizar la adopción de soluciones tecnológicas, pero también

representan barreras económicas para la inversión en nueva infraestructura digital, especialmente para operadores portuarios de menor escala o terminales especializadas. A nivel organizacional, la resistencia al cambio representa otro obstáculo significativo. La transformación de procesos tradicionales requiere no solo inversión en tecnología sino también programas de capacitación y gestión del cambio para el personal portuario, como evidencia el caso de Contecon Guayaquil, donde fue necesario un proceso de adaptación para transitar de sistemas semi-manuales a automatizados (CGSA, 2025).

El desarrollo de infraestructuras digitales en puertos ecuatorianos enfrenta limitaciones específicas que afectan la velocidad y alcance de la implementación de Logística 4.0. La seguridad cibernética emerge como una preocupación crítica, especialmente considerando la creciente interconexión de sistemas y la sensibilidad de los datos manejados en operaciones de comercio internacional. La protección contra amenazas digitales requiere inversiones adicionales en sistemas de seguridad que deben integrarse desde las etapas iniciales de desarrollo. En términos de compatibilidad tecnológica, existe el desafío de integrar nuevos sistemas con infraestructura legacy ya existente en puertos como el de Guayaquil. La migración de datos históricos y la interoperabilidad entre sistemas antiguos y modernos representan retos técnicos significativos que pueden generar resistencia a la implementación completa de soluciones digitales avanzadas. El caso de la implementación del sistema GOS en Contecon Guayaquil demuestra la complejidad de esta integración, donde fue necesario un diseño a medida junto a la empresa Only Control para crear una solución compatible con el sistema N4 preexistente. La infraestructura física también impone limitaciones a la digitalización. La instalación de portales RFID, sensores IoT, cámaras para reconocimiento óptico y otros dispositivos requiere modificaciones significativas en las instalaciones portuarias existentes. Para terminales con espacio limitado o configuraciones físicas complejas, estas adaptaciones pueden resultar costosas o técnicamente difíciles de implementar, retrasando la adopción de tecnologías que podrían optimizar significativamente sus operaciones (Jama, 2023).

A pesar de los desafíos, la implementación de sistemas automatizados y plataformas digitales en la logística portuaria ecuatoriana genera beneficios tangibles que justifican la inversión requerida. La optimización de procesos logísticos mediante tecnologías digitales se traduce en reducciones significativas en costos operativos. El caso del sistema de trazabilidad implementado en una operadora portuaria para embarque de frutas ilustra cómo la automatización permitió minimizar "los costos por horas trabajadas y pagadas, así como los costos por alquiler de equipos y maquinarias", demostrando un retorno de inversión mensurable. La mejora en la velocidad de los procesos representa otro beneficio sustancial. La implementación del GOS en Contecon Guayaquil tuvo como objetivo directo reducir esta dependencia en la ejecución de estas tareas que obligaba a que los camiones permanezcan más tiempo del necesario en la terminal. Esta reducción en tiempos de espera no solo aumenta la capacidad operativa del puerto, sino que también disminuye costos indirectos para transportistas y exportadores, creando eficiencias en toda la cadena logística (CGSA, 2025).

La calidad y precisión de la información constituye otro beneficio crítico de la digitalización. El sistema de trazabilidad para embarque de frutas mencionado anteriormente permitió obtener "calidad en los datos para el envío de información de los clientes en el exterior". Esta mejora en la precisión de datos no solo optimiza procesos

internos, sino que fortalece la confianza de clientes internacionales, posicionando a los puertos ecuatorianos como socios comerciales confiables en el mercado global. Adicionalmente, estas tecnologías generan beneficios ambientales significativos al optimizar rutas, reducir tiempos de espera de vehículos en terminales y minimizar errores que requieren reprocesos. La eficiencia logística contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de emisiones por tiempos de espera o trayectos innecesarios, alineándose con tendencias globales hacia la logística verde. El puerto de Guayaquil está mostrando avances en esta dirección, habiendo realizado el primer envío a nivel mundial de contenedores con certificación carbono neutral (Jama, 2023).

El futuro de la automatización portuaria y los sistemas de trazabilidad en Ecuador apunta hacia una integración más profunda con tecnologías emergentes y estándares internacionales. Las tendencias globales sugieren que la combinación de inteligencia artificial, big data, análisis de datos, IoT, automatización, blockchain y robótica será fundamental para conectar efectivamente a todos los actores de la cadena de suministro global: desde tripulaciones de barcos hasta clientes finales. Ecuador tiene la oportunidad de alinearse con estas tendencias para potenciar su posición estratégica en el comercio internacional (Apolinario et al., 2024).

La Comisión Europea ha enfocado sus esfuerzos en promover el transporte ferroviario para favorecer una transición hacia una movilidad limpia, competitiva y conectada. Los puertos ecuatorianos podrían beneficiarse significativamente al seguir este modelo, apoyando tecnologías que permitan mayor visibilidad, trazabilidad y eficiencia en el transporte de carga intermodal. La integración entre sistemas portuarios y otras modalidades de transporte representa un área de desarrollo crucial para optimizar la cadena logística completa. Las soluciones de identificación inteligente, como el "Software de Identificación Inteligente en transporte Intermodal (I2TI)" mencionado en los proyectos de innovación portuaria, ofrecen capacidades de OCR "as a service" y "on the edge" que permitirían a los puertos ecuatorianos implementar capacidades de rastreo omnipresentes. Esta evolución tecnológica facilitaría el seguimiento eficaz de activos de carga (contenedores, vagones, mercancías peligrosas) en cualquier punto de la cadena logística, utilizando infraestructura de cámaras existente (AllRead, 2024).

La creación de la RED de Puertos Digitales y Colaborativos por parte del Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe (SELA) representa una oportunidad significativa para la integración regional de sistemas logísticos. Este tipo de iniciativas está facilitando la diseminación de conocimiento especializado y permitiendo que diversos países de la región avancen en el establecimiento de planes concretos para la digitalización portuaria. Ecuador puede beneficiarse significativamente de esta colaboración regional, adaptando mejores prácticas ya implementadas en puertos vecinos a su contexto específico. La adopción de estándares internacionales para la interoperabilidad de sistemas logísticos resulta fundamental para la integración efectiva de los puertos ecuatorianos en cadenas globales de suministro. La estandarización de protocolos de comunicación, formatos de datos y procesos de gestión facilitaría el intercambio fluido de información entre distintos actores de la cadena logística internacional. Esta armonización técnica es particularmente relevante considerando que el sector del transporte marítimo representa la columna vertebral de la economía globalizada", donde la fragmentación tecnológica constituye una barrera significativa para la eficiencia operativa (SELA, 2017).

La logística marítima ecuatoriana estará marcada por innovaciones tecnológicas que transformarán fundamentalmente cómo se gestionan puertos y cadenas de suministro. La tendencia hacia puertos completamente automatizados, donde las operaciones de carga, descarga y transferencia se realizan con mínima intervención humana directa, se observan en terminales avanzadas a nivel global y representa un horizonte probable para las principales terminales ecuatorianas en el mediano plazo. La implementación de "gemelos digitales" (digital twins) de instalaciones portuarias completas constituye otra tendencia emergente con alto potencial. Estos modelos virtuales permiten simular operaciones, optimizar flujos y prever cuellos de botella antes de que ocurran, facilitando la planificación proactiva y la mejora continua de procesos. La combinación de estas simulaciones con análisis de big data podría revolucionar la planificación de capacidad y la asignación de recursos en puertos ecuatorianos (Saavedra et al., 2023).

La creciente conciencia ambiental está impulsando otra tendencia significativa: puertos sostenibles que minimizan su impacto ecológico mediante tecnologías verdes. Contecon Guayaquil ha dado pasos en esta dirección con el primer envío a nivel mundial de contenedores con certificación carbono neutral. La integración de energías renovables, sistemas de gestión ambiental inteligentes y monitoreo continuo de emisiones representa el próximo paso lógico en esta evolución hacia operaciones portuarias ambientalmente responsables. El comercio electrónico internacional constituye otra fuerza transformadora para la logística marítima ecuatoriana. Como señalan las Naciones Unidas, el e-commerce aumentará la demanda de importaciones y exportaciones, y todas las partes de la industria marítima deben estar preparadas para satisfacer las demandas en constante cambio para avanzar en su tecnología. Esta presión desde el mercado final acelerará probablemente la adopción de soluciones digitales en toda la cadena logística, desde la última milla hasta las operaciones portuarias (CGSA, 2025).

La transformación digital del sector logístico-portuario ecuatoriano representa un proceso evolutivo que combina innovación tecnológica, adaptación organizacional y colaboración interinstitucional. Los casos analizados, como la implementación del sistema GOS en Contecon Guayaquil y el desarrollo de sistemas de trazabilidad para operaciones de embarque, demuestran el potencial transformador de estas tecnologías para optimizar procesos críticos, reducir tiempos de operación y mejorar la calidad de la información en toda la cadena logística. La adopción del concepto de Logística 4.0 en Ecuador avanza gradualmente, integrando tecnologías como RFID, biometría, IoT, inteligencia artificial y blockchain para crear cadenas de suministro más inteligentes, conectadas y eficientes. Estas innovaciones están redefiniendo cómo se realizan las operaciones portuarias, transitando de procesos manuales o semi-manuales hacia sistemas automatizados con mayor precisión y capacidad de procesamiento (Izquierdo, 2008).

Los desafíos persistentes, como la necesidad de infraestructura tecnológica robusta, preocupaciones de ciberseguridad y resistencia organizacional al cambio, requieren enfoques estratégicos que combinen inversión en tecnología con desarrollo de capacidades humanas. La colaboración regional, a través de iniciativas como la RED de Puertos Digitales y Colaborativos, y la adopción de estándares internacionales resultarán fundamentales para maximizar los beneficios de esta transformación digital. Las perspectivas futuras apuntan hacia una integración cada vez más profunda de tecnologías emergentes, creando ecosistemas digitales completos que conecten todos los eslabones de la cadena logística internacional. Si Ecuador capitaliza estas oportunidades de

innovación, adaptando su infraestructura y procesos a las demandas de un comercio internacional cada vez más digitalizado, podrá fortalecer significativamente su posición competitiva regional y ofrecer servicios logísticos de clase mundial alineados con las tendencias globales del sector (Jama, 2023).

1.4 Casos de estudio: - Implementación de blockchain en las exportaciones agrícolas ecuatorianas.

La tecnología blockchain está transformando profundamente el sector agrícola ecuatoriano al proporcionar soluciones de trazabilidad que mejoran la transparencia, eficiencia y valor agregado de los productos de exportación. Este informe analiza casos concretos de implementación en Ecuador, destacando cómo esta tecnología está beneficiando a productores y consumidores a través de sistemas que garantizan la autenticidad, calidad y origen de productos agrícolas ecuatorianos en mercados internacionales. Los ejemplos demuestran que Ecuador está a la vanguardia regional en la aplicación de blockchain para resolver problemas específicos del sector agroexportador, fortaleciendo la competitividad de pequeños y medianos productores en mercados globales (Jama, 2023).

1.4.1 Plataforma de Trazabilidad de Kruger Corporation

Kruger Corporation ha desarrollado una innovadora plataforma blockchain que está transformando la trazabilidad en el sector agrícola ecuatoriano. Iniciada en 2021, esta solución tecnológica ha logrado consolidar un portafolio de cuatro empresas clientes (tres ecuatorianas y una colombiana) dedicadas a la producción de granadilla, arándanos, artesanías y quinua que utilizan activamente el sistema. El proyecto ha ganado reconocimiento internacional, obteniendo el primer lugar en la categoría Negocios Inclusivos de los premios Codespa en España, que preside el Rey Don Felipe IV. La plataforma fue diseñada específicamente para abordar los desafíos del sector agrícola ecuatoriano que es un sector que ha estado descuidado, y es contradictorio porque es bastante importante para el país. El sistema proporciona un diferenciador comercial crítico para los exportadores ecuatorianos que compiten en mercados internacionales, centralizando la información y garantizando la integridad de los datos mediante blockchain. Una característica distintiva de esta plataforma es su funcionalidad offline, que aborda directamente los problemas de conectividad en zonas rurales. Esta plataforma permite la carga de datos de manera off line y cuando la finca o el agricultor se conecta, lo agrega a blockchain. Esto facilita la capacidad es particularmente valiosa considerando que muchos agricultores ecuatorianos aún llevan registros manualmente o utilizan hojas de cálculo básicas, sin capacidad para generar estadísticas o análisis de datos avanzados (Krugel, 2025).

1.4.2 Modelo de Negocio y Proyección Internacional

La solución de Kruger Corporation ha sido diseñada con un modelo de negocio accesible para productores de diferentes escalas. Es un modelo de negocio es asequible que se paga un valor fijo según el tamaño del productor y accesible ya que con los dispositivos móviles se vuelve más sencillo conectar un área. Esta estructura de costos democratiza el acceso a tecnología avanzada para pequeños y medianos productores que

tradicionalmente no podrían permitirse sistemas de trazabilidad sofisticados. El éxito de la implementación en Ecuador ha posicionado a la plataforma para una expansión internacional. Esta empresa tiene planes concretos para internacionalizarse y sigue finalizando negociaciones con clientes potenciales. Esta expansión regional forma parte de un ambicioso objetivo de integrar a 200,000 agricultores en la plataforma, ampliando significativamente el alcance e impacto de esta solución blockchain (SELA, 2017).

1.4.3 Trazabilidad del Cacao Ecuatoriano con Blockchain

En 2019, Ecuador inició un importante proyecto de trazabilidad blockchain para su sector cacaotero, uno de los pilares de las exportaciones agrícolas del país. Esta iniciativa surgió de la colaboración entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Fundación Fairchain, especializada en tecnología blockchain. El proyecto buscaba abordar problemas fundamentales en la cadena de valor del cacao ecuatoriano, particularmente la baja rentabilidad para los productores primarios y la falta de transparencia en la cadena de suministro. La solución implementada tiene un enfoque práctico y directo: integrar códigos QR en los productos de chocolate que enlazan a información almacenada en una red blockchain inmutable. El objetivo es comprobar que, si el consumidor sabe, de una manera transparente y descentralizada, que la mayor parte del valor se queda en Ecuador, puede influir en su decisión de compra. Este sistema permite a los consumidores conocer detalles precisos, incluyendo el nombre del agricultor que cultivó el cacao y el porcentaje de ganancia que recibe por la venta. El lanzamiento del primer chocolate con trazabilidad blockchain se programó para septiembre de 2019 en Nueva York, coincidiendo con una conmemoración especial. Este proyecto pionero en Ecuador sentó las bases para futuras implementaciones blockchain en el sector agrícola del país, demostrando cómo esta tecnología puede abordar problemas comerciales reales mientras promueve la equidad en la cadena de valor (Rojas, 2019).

1.4.4 Blockchain en la Producción de Café Lojano

El café de la provincia de Loja, reconocido por su calidad excepcional, ha implementado tecnología blockchain para proteger su denominación de origen y garantizar su autenticidad en mercados internacionales. Este sistema transforma fundamentalmente la trazabilidad del café lojano al registrar cada etapa de la cadena de producción de manera transparente e inmutable. La implementación garantiza a los consumidores una verificación inquebrantable de la autenticidad y calidad del producto. La mecánica del sistema es similar a otras implementaciones blockchain en productos agrícolas: cada paquete de café lojano lleva un código QR que permite a los consumidores acceder a información detallada sobre su origen, incluyendo datos específicos sobre la finca donde se cultivó, los métodos de producción empleados y la certificación orgánica del producto. Los beneficios de esta implementación son múltiples y afectan positivamente a todos los participantes en la cadena de valor, ofreciendo ventajas concretas para los productores de café lojano:

- 1) Precios justos: El sistema asegura que los agricultores reciban compensación adecuada por su café, eliminando intermediarios innecesarios y prácticas comerciales desleales⁴.

- 2) Protección de la calidad: El blockchain reduce significativamente el riesgo de que el café de Loja sea mezclado con granos de menor calidad, salvaguardando la reputación del producto⁴.
- 3) Diferenciación en el mercado: Al destacar los atributos únicos del café lojano mediante datos verificables, los productores pueden competir efectivamente en el segmento de cafés especiales, donde los márgenes de ganancia son considerablemente más altos.

Los consumidores también obtienen ventajas importantes:

- 1) Transparencia total: Pueden verificar el origen preciso y las prácticas utilizadas en la producción de cada taza de café lojano, lo que fortalece significativamente su confianza en el producto⁴.
- 2) Sostenibilidad garantizada: El sistema permite conocer el impacto ambiental y social de su compra, facilitando decisiones de consumo más informadas y responsables.
- 3) Experiencia premium: La autenticidad y calidad verificadas mediante blockchain convierten al café lojano en una elección de lujo accesible y confiable (CafeLojano, 2024).

1.4.5 Contexto Regional y Perspectivas Futuras de la Implementación del Blockchain

La implementación de blockchain en el sector agrícola ecuatoriano se enmarca en un contexto regional más amplio de transformación tecnológica. El BID Lab ha señalado que las soluciones tecnológicas en agricultura y cadenas de valor agropecuarias son fundamentales para reducir las brechas de productividad de forma más sostenible, apoyar a los productores a diseñar estrategias frente a las crisis climáticas; asegurar la inclusión de los pequeños y medianos productores, que representan el 80% del universo de productores de América Latina y el Caribe. Los casos analizados en la región confirman el potencial de la tecnología blockchain en áreas clave como identidad, trazabilidad y finanzas, aunque también revelan desafíos significativos para su adopción generalizada, acceso a nuevas fuentes de financiación y generación de ingresos. Se espera que la evolución tecnológica y los marcos regulatorios favorezcan la innovación y permitan tanto la consolidación de proyectos existentes como el surgimiento de nuevas soluciones (SELA, 2017).

Desde una perspectiva técnica, los sistemas blockchain permiten que los agricultores y procesadores puedan asentar los datos de sus productos en la plataforma, incluyendo detalles sobre la producción, el transporte y la comercialización. El blockchain representa un gran aliado para potenciar al sector agrícola, proporcionando ventajas operativas que mejoran la eficiencia, productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la industria agropecuaria. Los casos de estudio analizados demuestran que Ecuador está a la vanguardia en la implementación de blockchain para sus exportaciones agrícolas, con iniciativas que abarcan diversos productos clave como cacao, café y frutas. Estas implementaciones abordan problemas fundamentales en las cadenas de valor agrícolas, particularmente relacionados con la transparencia, la distribución equitativa de beneficios

y la verificación de origen y calidad. La plataforma de Kruger Corporation, con su diseño adaptado a las realidades del campo ecuatoriano y su modelo de negocio accesible, representa un enfoque innovador que está ganando tracción nacional e internacional. El proyecto de trazabilidad de cacao desarrollado con el PNUD demuestra cómo la tecnología puede utilizarse para abordar inequidades históricas en la cadena de valor. La implementación en el café lojano ilustra cómo el blockchain puede proteger y potenciar productos con denominación de origen y características premium. Estas iniciativas no solo mejoran la competitividad de los productos ecuatorianos en mercados internacionales, sino que también promueven prácticas comerciales más justas y sostenibles. A medida que estas tecnologías maduren y se generalicen, Ecuador tiene la oportunidad de consolidar su posición como líder regional en la aplicación de blockchain para transformar sus exportaciones agrícolas, generando mayor valor económico mientras fortalece la inclusión de pequeños y medianos productores en cadenas globales de valor (Birelo, 2024).

1.5 Diseño de un Sistema de Trazabilidad con IoT para Productos de Exportación en el Contexto Ecuatoriano.

La implementación de sistemas de trazabilidad representa una estrategia fundamental para mejorar la competitividad de los productos ecuatorianos en mercados internacionales. Este informe presenta el diseño de un sistema integral de trazabilidad basado en Internet de las Cosas (IoT) adaptado específicamente para el sector agroexportador ecuatoriano, incorporando las mejores prácticas tecnológicas actuales y considerando las particularidades del contexto local. El sistema propuesto permite rastrear la historia, atributos y localización de productos agrícolas a lo largo de toda la cadena de valor, desde su origen hasta el consumidor final, facilitando el acceso a mercados exigentes y generando confianza en compradores internacionales. La trazabilidad constituye un componente esencial en las operaciones de comercio internacional, permitiendo rastrear sistemáticamente la información asociada a productos durante su ciclo de vida completo. Esto significa que permite rastrear la historia, los atributos y la localización de un producto en la cadena de valor mediante registros de información organizados. Para exportadores ecuatorianos, implementar estos sistemas representa una opción y una necesidad competitiva, especialmente cuando se busca acceder a mercados con altos estándares de calidad y seguridad alimentaria (Hallak & Tacsir, 2021).

Los sistemas de trazabilidad modernos trascienden el simple seguimiento logístico para convertirse en herramientas de gestión integral que permiten documentar todas las transformaciones del producto, desde su producción inicial hasta su comercialización final. Esta capacidad resulta particularmente valiosa en escenarios donde se requieren retiros selectivos de producto (recalls), permitiendo identificar con precisión los lotes afectados y minimizando el impacto económico de potenciales problemas. Por ejemplo, ante una contaminación detectada en un punto específico del proceso, un sistema robusto permite retirar únicamente los lotes comprometidos en lugar de toda la producción. Para el sector exportador ecuatoriano, las ventajas competitivas derivadas de implementar trazabilidad avanzada son múltiples como mejora en la gestión de riesgos, optimización de procesos productivos, reducción de costos operativos y, fundamentalmente, acceso a mercados premium que exigen transparencia informativa completa sobre los productos

que importan. Esto significa la capacidad de entender que la aplicación de la trazabilidad es una inversión que abren y mantienen mercados tan exigentes como el europeo, estadounidense y asiáticos (ALAXS, 2022).

1.5.1 El Contexto Ecuatoriano para Sistemas de Trazabilidad

Ecuador, como país con fuerte vocación agroexportadora, enfrenta desafíos particulares en la implementación de tecnologías de trazabilidad. Sus principales productos de exportación como banano, cacao, camarón, flores y otros productos agrícolas requieren sistemas adaptados a cadenas de valor con características específicas de estacionalidad productiva, participación de pequeños y medianos productores, y requisitos sanitarios cambiantes según los mercados de destino. La implementación de estos sistemas en el contexto ecuatoriano debe considerar aspectos como la diversidad geográfica del país donde incluye regiones costeras, andinas y amazónicas con condiciones productivas muy diferentes, la brecha digital existente entre productores, y las particularidades logísticas del transporte nacional e internacional. Adicionalmente, cualquier solución tecnológica debe contemplar la posibilidad de funcionar en zonas con conectividad limitada, una realidad frecuente en áreas rurales productivas. A pesar de estos desafíos, la creciente demanda internacional por productos con trazabilidad verificable representa una oportunidad estratégica para el sector exportador ecuatoriano. Implementar estos sistemas permite no solo cumplir con requisitos regulatorios sino también acceder a nichos de mercado premium donde consumidores están dispuestos a pagar precios más altos por productos cuya procedencia y condiciones de producción son completamente transparentes (Birelo, 2024).

1.5.2 Arquitectura del Sistema de Trazabilidad con IoT

El sistema propuesto para productos de exportación ecuatorianos integra tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) con plataformas digitales avanzadas para crear un ecosistema completo de trazabilidad. La arquitectura se estructura en cuatro niveles fundamentales que interactúan para capturar, procesar, almacenar y distribuir información crítica sobre los productos a lo largo de toda la cadena de valor (Barbosa, De La Calle, Ladeira, & De Oliveira, 2018).

1.5.2.1 Capa de Sensores y Dispositivos IoT

Esta capa constituye la interfaz física con el mundo real, desplegando diversos sensores y dispositivos de medición que recopilan datos críticos durante las distintas fases productivas. Basándonos en experiencias implementadas, el sistema incorpora:

1. Sensores ambientales: Dispositivos para monitorear temperatura, humedad, luminosidad y otras variables críticas durante cultivo, almacenamiento y transporte. Estos parámetros resultan fundamentales para productos sensibles como cacao, flores o frutas frescas.
2. Etiquetas RFID/NFC: Aplicadas a productos individuales, lotes o contenedores para identificación única y seguimiento automatizado durante toda la cadena logística.

3. Estaciones de monitoreo con Raspberry Pi: Funcionando como nodos de recolección, estos dispositivos agregan datos de múltiples sensores y pueden operar como servidores web locales en áreas con conectividad limitada. La eficacia de este proceso de conjunto de sensores cuyos datos son recolectados por nodos peer to peer que funcionan como servidores web.
4. Dispositivos móviles: Tabletas y smartphones equipados con aplicaciones especializadas permiten a operadores en campo registrar operaciones manuales, documentar procesos y capturar información complementaria como fotografías o certificaciones.

La implementación de esta capa debe considerar condiciones operativas reales del sector agroexportador ecuatoriano, incluyendo la posibilidad de funcionamiento offline con sincronización posterior cuando se restablezca conectividad, aspecto crucial en zonas rurales (Tovstolis, 2024).

1.5.2.2 Capa de Comunicación y Transferencia de Datos

Esta capa asegura la transmisión eficiente y segura de los datos capturados por sensores y dispositivos IoT hacia los sistemas centrales de procesamiento. El diseño contempla:

1. Conectividad híbrida: Combinación de tecnologías de comunicación (WiFi, 4G/5G, LoRaWAN, Bluetooth) seleccionadas según las condiciones específicas de cada fase productiva y ubicación geográfica.
2. Protocolos estandarizados: Implementación de protocolos MQTT, CoAP y HTTP para comunicación entre dispositivos y servidores, asegurando interoperabilidad y eficiencia energética en dispositivos remotos.
3. Gateway de comunicación: Dispositivos intermedios que agregan datos de múltiples sensores y optimizan la transmisión hacia sistemas centrales, reduciendo costos de conectividad y consumo energético.
4. Mecanismos de seguridad: Implementación de encriptación SSL/TLS para comunicaciones, autenticación mutua de dispositivos y sistemas centrales, y controles de acceso para proteger la integridad de los datos transmitidos.

La arquitectura de comunicación debe priorizar robustez ante condiciones variables de conectividad, especialmente considerando que muchas zonas productivas ecuatorianas enfrentan interrupciones frecuentes en servicios de telecomunicaciones (Loginet, 2024).

1.5.2.3 Capa de Procesamiento y Almacenamiento

El núcleo del sistema procesa, valida, estructura y almacena los datos capturados, transformándolos en información accionable y asegurando su integridad y disponibilidad a largo plazo. Los componentes clave incluyen:

1. Plataforma blockchain: El sistema implementa tecnología de cadena de bloques para garantizar inmutabilidad y confiabilidad de registros críticos. el blockchain en la agricultura consiste en una estructura de datos formada por bloques

originados en los registros provenientes de la trazabilidad del producto agrícola, proporcionando una capa adicional de seguridad y verificabilidad.

2. Base de datos distribuida: Arquitectura híbrida que combina bases de datos relacionales para datos estructurados operativos con soluciones NoSQL para información no estructurada y de alto volumen proveniente de sensores.
3. Sistema de procesamiento de eventos complejos: Analiza en tiempo real los flujos de datos para detectar anomalías, predecir problemas potenciales y generar alertas automáticas ante desviaciones significativas en parámetros críticos.
4. Mecanismos de respaldo y redundancia: Implementación de estrategias de backup geográficamente distribuido y replicación para garantizar continuidad operativa y preservación de registros históricos completos.

La implementación de blockchain proporciona un nivel adicional de confianza para compradores internacionales, permitiendo verificación independiente y garantizando que los registros no han sido alterados una vez creados, aspecto fundamental para certificaciones y cumplimiento regulatorio (Comunicadosrpp, 2020).

1.5.2.4 Capa de Aplicación y Presentación

Esta capa materializa la interfaz entre el sistema y los diferentes usuarios que interactúan con la información de trazabilidad, desde productores hasta consumidores finales. Los componentes principales incluyen:

1. Aplicación web administrativa: Desarrollada en Laravel, como sugiere la experiencia documentada⁴, proporciona gestión completa del sistema, configuración de parámetros, administración de usuarios y generación de reportes analíticos.
2. API REST: Facilita integración con sistemas externos como plataformas gubernamentales, certificadoras, clientes internacionales y sistemas logísticos, permitiendo intercambio estandarizado de datos de trazabilidad.
3. Aplicaciones móviles: Interfaces optimizadas para distintos actores de la cadena (productores, transportistas, inspectores) que permiten registro de operaciones, consulta de información y gestión de incidencias desde dispositivos móviles.
4. Portal para consumidores finales: Interfaz pública que, mediante códigos QR en productos finales, permite a consumidores acceder a información verificable sobre origen, proceso productivo y certificaciones del producto adquirido.
5. Línea de tiempo interactiva: Siguiendo el modelo implementado en el sistema de trazabilidad de cacao⁴, se incorpora visualización cronológica que presenta de forma clara y comprensible las diferentes etapas por las que ha pasado el producto.

Esta capa debe diseñarse con enfoque de experiencia de usuario, considerando las diferentes capacidades técnicas de los actores de la cadena y garantizando accesibilidad incluso en condiciones de conectividad limitada (Rojas, 2019).

1.5.3 Implementación para Productos Agroexportadores Ecuatorianos

La implementación efectiva del sistema requiere una metodología estructurada que considere las particularidades del sector agroexportador ecuatoriano. Basándonos en experiencias documentadas, se propone un proceso dividido en tres fases principales:

Fase 1: Caracterización de Necesidades Específicas

El primer paso consiste en analizar detalladamente los requerimientos específicos del producto seleccionado y su cadena de valor. Este proceso debe incluir:

1. Mapeo completo de procesos: Documentación exhaustiva de todas las etapas productivas, desde cultivo hasta exportación, identificando puntos críticos de control y variables relevantes para monitoreo.
2. Identificación de requisitos regulatorios: Revisión de normativas aplicables en mercados de destino, incluyendo estándares internacionales como Global G.A.P., requisitos específicos de importadores y normativas sanitarias.
3. Evaluación de infraestructura existente: Análisis de capacidades tecnológicas disponibles en las zonas productivas, incluyendo conectividad, infraestructura eléctrica y recursos humanos cualificados.

Este enfoque está alineado con metodologías comprobadas como la aplicada en el proyecto de trazabilidad de cacao en Tierralta (Colombia), que inició con una fase de caracterización de necesidades de productores, adaptando la solución tecnológica a requerimientos reales (Liu & Li, 2020).

Fase 2: Desarrollo e Integración de Componentes

La segunda fase comprende la implementación técnica del sistema, siguiendo estos pasos:

1. Selección y adaptación de sensores: Configuración de dispositivos IoT específicos para las variables críticas del producto seleccionado, calibrados según condiciones ambientales ecuatorianas.
2. Implementación de infraestructura central: Despliegue de servidores, configuración de blockchain, bases de datos y establecimiento de protocolos de comunicación seguros.
3. Desarrollo de interfaces de usuario: Creación de aplicaciones web y móviles adaptadas a necesidades de los diferentes actores de la cadena, con énfasis en usabilidad y capacidad de operación offline cuando sea necesario.
4. Integración con sistemas externos: Establecimiento de conexiones con plataformas relevantes como sistemas aduaneros (ECUAPASS), certificadoras y plataformas logísticas internacionales.

La implementación debe priorizar arquitecturas modulares que permitan adaptación y escalabilidad según las necesidades cambiantes del mercado y avances tecnológicos (Bailey, 2022).

Fase 3: Pruebas Piloto y Capacitación

La tercera fase se enfoca en validar el sistema en condiciones reales mediante:

1. Implementación piloto: Despliegue controlado en un grupo selecto de productores y exportadores representativos, monitoreando rendimiento y detectando puntos de mejora.
2. Capacitación extensiva: Programas de formación diferenciados para cada tipo de usuario como productores, técnicos, transportistas, administrativos, con enfoque práctico y material adaptado a diferentes niveles educativos.
3. Validación con importadores: Presentación del sistema a compradores internacionales para validar que la información proporcionada cumple con sus requisitos y facilita sus procesos de verificación.
4. Refinamiento y ajustes: Mejora continua del sistema basada en retroalimentación de usuarios reales y experiencias durante la implementación piloto.

Esta metodología trifásica garantiza un desarrollo adaptado a necesidades reales y minimiza riesgos de implementación, siguiendo mejores prácticas validadas en proyectos similares en la región (Gplogistic, 2025).

1.5.4 Casos de Aplicación en Productos Ecuatorianos

Los casos prácticos de aplicación con los productos ecuatorianos se presenta la trazabilidad par el cacao fino de aroma y el sistema de exportación del banano.

1.5.4.1 Trazabilidad para Cacao Fino de Aroma

El cacao fino de aroma ecuatoriano, reconocido mundialmente por sus características organolépticas excepcionales, representa un candidato ideal para implementación de trazabilidad avanzada. El sistema propuesto para este producto incluiría:

1. Sensores especializados para fermentación: Monitoreo constante de temperatura, humedad y pH durante el proceso de fermentación, fase crítica que determina desarrollo de aromas y sabores. Similar al sistema documentado que utiliza un dispositivo IoT con sensores (Raspberry Pi) para monitorear la fermentación, cumpliendo la norma NTC 1252.
2. Registro blockchain de origen: Documentación verificable del origen geográfico exacto, variedad genética del cacao y prácticas de cultivo, aspectos fundamentales para la valorización del producto en mercados gourmet.
3. Monitoreo de condiciones de transporte: Control continuo de temperatura y humedad durante transporte marítimo para prevenir desarrollo de moho y deterioro organoléptico.
4. Portal de transparencia para chocolateros: Interfaz especializada que proporciona a fabricantes internacionales información detallada sobre el perfil sensorial, certificaciones y condiciones de producción específicas de cada lote.

La implementación en cacao no solo facilitaría acceso a mercados premium sino también permitiría desarrollar denominaciones de origen protegidas basadas en trazabilidad verificable, incrementando valor percibido del producto ecuatoriano (UTPL, 2022).

1.5.4.2 Sistema para Exportación de Banano

El banano, principal producto de exportación agrícola ecuatoriano, requiere adaptaciones específicas en su sistema de trazabilidad:

1. Etiquetado individual automatizado: Implementación de etiquetas RFID resistentes a humedad aplicadas durante proceso de empaque que permiten seguimiento individual de cajas hasta mercado de destino.
2. Monitoreo continuo en contenedores refrigerados: Sensores que verifican mantenimiento de cadena de frío durante transporte marítimo, con alertas en tiempo real ante desviaciones que pudieran comprometer calidad.
3. Integración con sistemas de certificación: Vinculación automática con registros de certificaciones relevantes (Global G.A.P., Rainforest Alliance, orgánico) y prácticas laborales justas, aspectos cada vez más valorados por supermercados europeos.
4. Análisis predictivo de maduración: Algoritmos que, basados en condiciones monitoreadas, predicen estado de maduración a llegada a destino, permitiendo optimizar distribución en mercados finales.

Este enfoque permitiría al sector bananero ecuatoriano diferenciarse por transparencia y consistencia en calidad, aspectos cada vez más valorados por cadenas internacionales de distribución (LOGEX, 2025).

1.5.5 Beneficios Estratégicos para Exportadores Ecuatorianos

La implementación de sistemas avanzados de trazabilidad con IoT representa una inversión estratégica para exportadores ecuatorianos, generando beneficios tangibles en múltiples dimensiones:

1.5.5.1 Mejora en Gestión de Seguridad y Calidad

El sistema proporciona herramientas potentes para gestión de riesgos y aseguramiento de calidad:

1. Detección temprana de problemas: Identificación inmediata de desviaciones en parámetros críticos durante producción y logística, permitiendo intervenciones preventivas antes que correctivas.
2. Gestión eficiente de recalls: Como detalla la documentación especializada, ante incidentes de calidad o seguridad, es posible identificar qué otros lotes fueron producidos de forma similar para que pueda ser retirado del mercado, minimizando impacto económico y reputacional.

3. Evidencia verificable de cumplimiento: Documentación inmutable de adherencia a protocolos y estándares, simplificando auditorías y procesos de certificación internacional.

Estos beneficios son especialmente relevantes considerando las crecientes exigencias en seguridad alimentaria en mercados premium como Unión Europea, Estados Unidos y Japón (ALAXS, 2022).

1.5.5.2 Optimización Operativa y Reducción de Costos

La digitalización de procesos e implementación de monitoreo continuo genera eficiencias operativas significativas:

1. Reducción de pérdidas post-cosecha: El monitoreo continuo de condiciones permite intervenciones oportunas que previenen deterioro de productos, particularmente crítico en perecederos de alto valor.
2. Optimización logística: Visibilidad completa de la cadena facilita mejor planificación de transporte y almacenamiento, reduciendo costos logísticos que representan porcentaje significativo del valor final.
3. Automatización de documentación: Reducción de procesos manuales propensos a errores, liberando recursos humanos para actividades de mayor valor agregado y minimizando riesgo de no conformidades documentales en aduanas.

Estos sistemas no exigen grandes costos extras y permite mejorar la calidad de los procesos y reduce costos, que al poseer más información se puede detectar errores (INLOG, 2024).

1.5.5.3 Acceso a Mercados Premium y Diferenciación Comercial

Quizás el beneficio más estratégico para exportadores ecuatorianos es la capacidad de acceder a segmentos de mercado de mayor valor:

1. Cumplimiento de requisitos de entrada: Satisfacción de exigencias crecientes de trazabilidad completa impuestas por reguladores e importadores en mercados desarrollados.
2. Diferenciación frente a competidores: Capacidad de demostrar de forma transparente atributos diferenciadores como origen, prácticas sostenibles y calidad superior, justificando precios premium.
3. Construcción de confianza con clientes internacionales: La transparencia informativa fortalece relaciones comerciales de largo plazo con importadores que valoran consistencia y seguridad en sus proveedores.

Los sistemas de trazabilidad funcionan efectivamente como herramientas de diferenciación para la inserción internacional de cadenas de valor agroalimentarias, permitiendo a productos ecuatorianos competir por atributos de calidad y confiabilidad en lugar de únicamente por precio (Hallak & Tacsir, 2021).

1.5.5.4 Consideraciones para Implementación Exitosa

La experiencia en proyectos similares sugiere factores críticos que deben considerarse para asegurar implementación exitosa:

1.5.5.4.1 Adaptación a Realidades Productivas Locales

El diseño debe considerar características específicas del contexto productivo ecuatoriano:

1. Soluciones para conectividad intermitente: Como demuestra la experiencia de sistemas implementados, resulta fundamental desarrollar capacidad de carga de datos de manera off line para zonas con conectividad limitada.
2. Interfaces adaptadas a diversos niveles de alfabetización digital: Considerando la heterogeneidad de actores en cadenas productivas, desde pequeños agricultores hasta empresas exportadoras tecnificadas.
3. Escalabilidad según capacidad económica: Arquitectura modular que permita implementación progresiva según capacidades financieras de diferentes tipos de productores y exportadores.

Estas adaptaciones son cruciales para garantizar adopción efectiva a lo largo de toda la cadena productiva, especialmente en sectores con fuerte participación de pequeños productores (Jones, 2025).

1.5.5.4.2 Seguridad y Protección de Datos Sensibles

La naturaleza crítica de la información manejada requiere especial atención a aspectos de seguridad:

1. Protección contra ataques cibernéticos: Es fundamental implementar medidas que permitan la mitigación de ataques cibernéticos que podrían comprometer integridad de datos de trazabilidad.
2. Políticas de acceso diferenciado: Definición clara de niveles de acceso a información según rol en la cadena, protegiendo datos comercialmente sensibles mientras se mantiene transparencia necesaria.
3. Cumplimiento normativo: Alineación con regulaciones de protección de datos personales y comerciales tanto ecuatorianas como de mercados de destino.

La implementación de tecnología blockchain proporciona una capa adicional de seguridad al garantizar inmutabilidad de registros, especialmente valiosa para información crítica como certificaciones y resultados de análisis (Bailey, 2022).

1.5.5.4.3 Sostenibilidad Económica del Sistema

Para garantizar adopción a largo plazo, el sistema debe demostrar viabilidad económica:

1. Modelos de costos adaptados a diferentes escalas: Estructuras de financiamiento accesibles para productores pequeños, medianos y grandes, potencialmente con esquemas cooperativos para pequeños productores.
2. Cuantificación de retorno sobre inversión: Metodologías claras para medir beneficios económicos derivados de implementación, incluyendo acceso a mercados premium, reducción de pérdidas y eficiencias operativas.
3. Integración con iniciativas públicas: Alineación con programas gubernamentales de fomento exportador y digitalización productiva que puedan proporcionar incentivos o cofinanciamiento.

La experiencia regional demuestra que cuando se implementan adecuadamente, estos sistemas representan inversión justificando económicamente su adopción. El diseño e implementación de un sistema de trazabilidad con IoT para productos de exportación ecuatorianos representa una oportunidad estratégica para fortalecer la competitividad del sector agroexportador en mercados internacionales cada vez más exigentes. La arquitectura propuesta, que integra sensores IoT, tecnología blockchain y plataformas digitales avanzadas, permite crear un ecosistema completo de transparencia informativa que beneficia a todos los actores de la cadena de valor. Las experiencias documentadas en implementaciones similares demuestran que estos sistemas no solo permiten cumplir con requisitos regulatorios crecientes, sino que también generan eficiencias operativas significativas y facilitan acceso a segmentos de mercado premium. Para Ecuador, cuya economía depende significativamente de exportaciones agrícolas, la adopción generalizada de estas tecnologías podría transformar profundamente su posicionamiento internacional, transitando de proveedor de commodities a exportador de productos diferenciados por calidad verificable (Rojas, 2019).

El éxito en la implementación dependerá fundamentalmente de la adaptación de las soluciones tecnológicas a las realidades específicas del contexto productivo ecuatoriano, considerando aspectos como conectividad intermitente, diversidad de actores y diferentes escalas productivas. Con el enfoque metodológico adecuado, estos sistemas pueden convertirse en potentes herramientas de inclusión, permitiendo que pequeños y medianos productores accedan a mercados internacionales que de otra forma estarían fuera de su alcance. La evolución constante de tecnologías como IoT, blockchain e inteligencia artificial sugiere que los sistemas de trazabilidad continuarán sofisticándose, incorporando nuevas funcionalidades como análisis predictivo, automatización avanzada y mayor integración con plataformas globales de comercio. Para el sector exportador ecuatoriano, invertir hoy en estas capacidades no representa simplemente cumplir con requisitos actuales sino prepararse estratégicamente para un futuro donde la transparencia informativa y la confiabilidad serán determinantes fundamentales de competitividad internacional (Jama, 2023).

CAPÍTULO 2

RETOS LOGÍSTICOS DE ECUADOR Y GESTIÓN DEL TRANSPORTE

El sector logístico ecuatoriano enfrenta actualmente desafíos significativos que impactan directamente en la competitividad nacional y el desarrollo económico del país. La combinación de factores estructurales, de seguridad y de relaciones internacionales con países vecinos conforma un panorama complejo que requiere estrategias integrales para su mejora. El sector logístico en Ecuador ha experimentado en estos momentos importantes retos que afectan significativamente su competitividad y eficiencia. Según la Asociación Logística Ecuatoriana (ASOLOG), los principales obstáculos que enfrenta la logística nacional se concentran en cuatro áreas críticas como la seguridad, brecha tecnológica, infraestructura y educación.

Un hallazgo alarmante proviene de la primera Encuesta Nacional de Logística, cuyos resultados fueron presentados en 2023. Esta encuesta reveló que el costo promedio logístico en Ecuador representa el 17,9% de las ventas totales, posicionándose como uno de los más elevados de Latinoamérica, comparable únicamente con los de Bolivia y Colombia. Este indicador refleja una clara oportunidad de mejora para incrementar la competitividad del país en los mercados regionales e internacionales. En términos de movilidad transfronteriza, por la frontera entre Ecuador y Colombia circulan aproximadamente 150 vehículos de carga diariamente, mientras que en la frontera con Perú se movilizan alrededor de 100 transportistas con mercadería. Estos flujos comerciales enfrentan diversas problemáticas que impactan directamente en la eficiencia logística y comercial del país (Ekos, 2024).

Entre los desafíos más apremiantes, la inseguridad se ha convertido en un factor determinante que encarece significativamente los costos logísticos. ASOLOG señala que entre el 3% y el 8% del costo logístico total corresponde exclusivamente a medidas de seguridad. Esta situación es extremadamente preocupante y tiene múltiples manifestaciones. Los constantes robos en carreteras y el hacinamiento en los puertos han creado un entorno de alta vulnerabilidad para el transporte de mercancías. Particularmente, la falta de control en las colas de transportistas en las inmediaciones de los puertos ha facilitado la acción delictiva, incrementando las pérdidas del sector. Como respuesta a esta problemática, se ha propuesto la implementación de *corredores seguros* en rutas críticas, con el objetivo de reducir los riesgos para transportistas y mercancías, aunque estos esfuerzos aún requieren mayor coordinación institucional para materializarse efectivamente (Rivera et al., 2020).

La infraestructura vial representa otro importante desafío para el sistema logístico ecuatoriano. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) ha reconocido esta situación y ha establecido diálogos con autoridades seccionales y representantes del transporte para mejorar la infraestructura vial, portuaria y aeroportuaria del país. Estos esfuerzos incluyen recorridos conjuntos con autoridades provinciales para identificar puntos críticos en la red vial estatal. Por ejemplo, el MTO coordinó con la prefectura de Chimborazo la entrega de maquinaria para optimizar las carreteras bajo su competencia. Similares iniciativas se han implementado en la Amazonía, como la ejecución del proyecto en la vía Guanta, que conecta Lago Agrio con Shushufindi, buscando mejorar la conectividad de esta región estratégica (MMTTOOPP, 2024).

En las relaciones de transporte con los países vecinos presentan tres problemas fundamentales que afectan la eficiencia del comercio transfronterizo:

1. **Diferencia de Precios del Combustible:** históricamente, Ecuador había establecido desde 2005 un sistema diferenciado de precios en la venta de combustible, cobrando a los vehículos de placa extranjera el valor real o internacional, mientras que el transporte nacional pagaba precios subsidiados. Esta medida fue implementada principalmente para controlar el contrabando, considerando que el combustible ecuatoriano resulta más barato por ser subsidiado. Para julio de 2023, los transportistas extranjeros pagaban USD 2,56 por galón de diésel y USD 2,69 por galón para gasolinas de bajo octanaje (Extra y Ecopaís), mientras que los vehículos nacionales accedían al diésel a USD 1,75 por galón y gasolinas a USD 2,40³. Sin embargo, esta política fue cuestionada por el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, obligando a Ecuador a modificar este sistema diferencial (Puig et al., 2018).

2. **Calidad del Combustible y Problemas en las Vías:** La menor calidad del combustible disponible y el mal estado de algunas carreteras son factores adicionales que reducen la eficiencia del transporte transfronterizo. Estas deficiencias generan mayores costos operativos y disminuyen la competitividad de los transportistas ecuatorianos frente a sus pares regionales (Cruel & Verraza, 2022).

3. **Incumplimiento de Normativas Internacionales:** El incumplimiento de ciertos acuerdos y normativas internacionales también ha sido identificado como un obstáculo para la integración logística regional. Ante esta situación, el MTOP ha mantenido reuniones con representantes de la Federación Nacional de Transporte Pesado del Ecuador (FENATRAPE) para analizar el reforzamiento de controles a los camiones colombianos que ingresan al país y revisar los procesos de salvoconductos en coordinación con la Agencia Nacional de Tránsito (MMTTOOPP, 2024).

Frente a estos desafíos, Ecuador ha desarrollado varias iniciativas para fortalecer su sistema logístico:

1. **Hoja de Ruta Logística:** El Gobierno Nacional presentó la Hoja de Ruta Logística del Ecuador, un proyecto desarrollado en consenso entre instituciones públicas y privadas, con el objetivo fundamental de mejorar la competitividad y productividad del país⁴. Esta iniciativa contempla una inversión total de USD 4.250 millones, distribuidos entre USD 3.800 millones que se esperan delegar al sector privado mediante Alianzas Público-Privadas y USD 400 millones correspondientes al sector público. Este plan estratégico prevé la implementación de 22 acciones de corto plazo, con proyectos concretos como el desarrollo de nodos logísticos en Santo Domingo y Quevedo, así como plataformas logísticas para optimizar la recepción de mercaderías⁴. También se contempla mejorar la accesibilidad para la integración de la Sierra Central, áreas metropolitanas y nodos portuarios, incorporando elementos de gobernanza y digitalización para el manejo eficiente de cada corredor (MMTTOOPP, 2024).

2. **Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible:** Ecuador también ha desarrollado esta política (PNMUS), amparada en la Constitución, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, y diversos compromisos internacionales como el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esta política constituye un instrumento fundamental para que los Gobiernos Autónomos

Descentralizados (GAD) mejoren las condiciones de movilidad en sus territorios, buscando que los viajes de personas y mercancías generen el menor impacto ambiental posible. El enfoque principal es reducir el consumo de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, la PNMUS apoya a las ciudades en la implementación de programas, planes y proyectos que permitan una movilidad más eficiente, con menor tiempo de traslado y menor consumo energético, generando ahorros significativos tanto para los ciudadanos como para el Estado. La política promueve el desarrollo de ciudades densas, compactas y caminables, con una distribución más equitativa del espacio vial y priorizando modalidades de transporte sostenible como la movilidad activa y el transporte público (Tsikh & Suhovsha, 2024).

El sector logístico ecuatoriano enfrenta desafíos multidimensionales que requieren un enfoque integral y coordinado entre los sectores público y privado. La inseguridad representa uno de los factores más críticos, encareciendo significativamente los costos logísticos y afectando la competitividad nacional. Paralelamente, las deficiencias en infraestructura vial y los problemas en las relaciones de transporte con países vecinos configuran obstáculos adicionales que deben abordarse prioritariamente. Las iniciativas estratégicas como la Hoja de Ruta Logística y la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible constituyen pasos importantes hacia la modernización y eficiencia del sistema logístico ecuatoriano. Sin embargo, su implementación efectiva requerirá un compromiso sostenido, inversiones sustanciales y una coordinación permanente entre los diversos actores involucrados. Para mejorar la posición competitiva de Ecuador en el contexto regional, será fundamental avanzar en la reducción de los costos logísticos, actualmente entre los más altos de Latinoamérica. Esto implica no solo abordar los problemas de seguridad e infraestructura, sino también modernizar los procesos logísticos, incorporar tecnologías avanzadas y armonizar las normativas con estándares internacionales. El futuro del sector logístico ecuatoriano dependerá en gran medida de la capacidad del país para transformar estos desafíos en oportunidades de innovación, desarrollo sostenible y crecimiento económico integrado con la región (MMCCEE, 2025).

2.1 Factores Geográficos y su Impacto Logístico: La Cordillera de los Andes y las Zonas Costeras.

Ecuador posee una geografía diversa y compleja que determina significativamente los retos y oportunidades de su sistema logístico nacional. La presencia de la cordillera de los Andes, que atraviesa el país de norte a sur, y su extensa zona costera sobre el Océano Pacífico configuran un escenario geográfico único que influye decisivamente en la planificación, desarrollo y operación de la infraestructura logística ecuatoriana. Ecuador presenta una configuración territorial dividida en cuatro regiones naturales claramente diferenciadas: Costa, Sierra, Amazonía e Insular (Galápagos). Esta diversidad geográfica crea tanto desafíos como oportunidades para el sistema logístico nacional. La situación geográfica del país le otorga una posición estratégica dentro del continente sudamericano, con acceso directo al Océano Pacífico, lo que representa una gran ventaja para las compañías navieras por la optimización de tiempo y recursos en el manejo de sus operaciones. Esta ubicación privilegiada permite a Ecuador funcionar como un conector geográfico que puede equilibrar la oferta y demanda de productos, no solo al interior del país, sino también vinculándolo con cadenas regionales y globales de valor (Salamanca et al., 2021).

Por este motivo, esta diversidad geográfica, impone retos logísticos considerables. La cordillera de los Andes, que divide longitudinalmente el territorio, crea barreras naturales que históricamente han dificultado la conexión entre las diferentes regiones del país, especialmente entre la Costa y la Sierra, y entre estas y la región Amazónica. La cordillera de los Andes representa uno de los principales desafíos para la logística interna ecuatoriana. Con altitudes que superan los 6,000 metros en algunos puntos, esta formación montañosa crea obstáculos significativos para el transporte terrestre, obligando a que las carreteras que conectan la costa con la sierra sigan trazados sinuosos que incrementan las distancias, los tiempos de viaje y los costos operativos (ProEcuador, 2023).

Las características topográficas andinas implican:

1. Mayor desgaste de los vehículos de transporte por las pendientes pronunciadas
2. Incremento en el consumo de combustible
3. Mayores tiempos de tránsito entre regiones
4. Vulnerabilidad de las vías ante deslizamientos y otros fenómenos naturales
5. Costos de construcción y mantenimiento de infraestructura vial más elevados

El Ecuador ha realizado inversiones significativas en infraestructura vial durante la última década, destinando en promedio más de USD 900 millones anuales para el desarrollo de puentes, carreteras y terminales terrestres. Esta inversión ha permitido mejorar considerablemente la red vial nacional, que actualmente cuenta con una extensión total de 9,997.90 kilómetros pavimentados (LOGEX, 2025).

La geografía costera de Ecuador, con su acceso directo al Océano Pacífico, constituye una ventaja competitiva significativa para el comercio exterior. Las principales ciudades portuarias del país funcionan como nodos estratégicos para la actividad comercial internacional. Los principales nodos de comercio exterior en la costa ecuatoriana son Guayaquil, Manta, Esmeraldas y Machala, destacándose por su importancia en el transporte marítimo. Entre estos, la Autoridad Portuaria de Guayaquil es la que maneja el mayor volumen de carga en el país. Ecuador cuenta con cuatro autoridades portuarias que funcionan como organismos estatales encargados de la administración, supervisión y control de las operaciones portuarias no petroleras. Estas infraestructuras son fundamentales para la conectividad internacional del país y su participación en las cadenas globales de valor. Pero, existen retos logísticos significativos en estas zonas costeras siendo uno de los puntos críticos por las dificultades para el ingreso y salida de contenedores en la zona de las terminales privadas de la Isla Trinitaria, en el sur de Guayaquil. Adicionalmente, los niveles de inseguridad tanto en estas zonas portuarias como en las carreteras representan un riesgo considerable para los transportistas de carga (Forbes, 2024).

2.1.1 Interconexión entre Regiones: El Desafío de la Integración Logística

La interconexión entre la cordillera andina y las zonas costeras constituye uno de los mayores desafíos para la logística ecuatoriana. Los sistemas de transporte deben superar barreras geográficas considerables para conectar eficientemente los centros de

producción en las diferentes regiones con los puntos de exportación en la costa. Para responder a estos desafíos, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador presentó en 2012 el Plan Nacional Estratégico de Movilidad y Transporte 2013-2037, cuyo objetivo principal es garantizar la creación de un Sistema Nacional del Transporte Intermodal y Multimodal. Este plan contempla, entre otros elementos, el desarrollo del sistema ferroviario como refuerzo para las conexiones dentro del sistema nacional de transporte. La necesidad de un enfoque intermodal responde directamente a las características geográficas del país. La combinación de transporte terrestre para conectar las regiones interiores con los puertos, complementado con sistemas marítimos para el comercio internacional, resulta esencial para superar las limitaciones impuestas por la geografía andina (ProEcuador, 2023).

2.1.2 Impacto en la Competitividad Logística Nacional

Los factores geográficos de Ecuador tienen un impacto directo en la competitividad logística del país a nivel regional e internacional. Según el Índice de Desempeño Logístico (LPI), la calidad de la infraestructura es un componente clave en el desempeño logístico de los países de la región andina. La infraestructura de bajas especificaciones o calidad puede convertirse en un cuello de botella para países en vías de desarrollo, excluyéndolos de las sinergias globales con las que podrían beneficiar a su población y a su industria. En este sentido, la geografía montañosa de Ecuador representa un desafío adicional que exige mayores inversiones en infraestructura para alcanzar niveles competitivos a escala internacional. Ecuador y Colombia han mostrado un incremento significativo en la calidad de su infraestructura logística entre 2007 y 2018, según el Índice de Desempeño Logístico (LPI). Esto refleja los esfuerzos realizados por el gobierno ecuatoriano para mejorar la calidad de la infraestructura logística y de comercio exterior en puertos, aeropuertos, carreteras y ferrocarriles (Salamanca et al., 2021).

La configuración geográfica de Ecuador, caracterizada por la presencia de la cordillera de los Andes y su extensa zona costera, determina en gran medida los retos y oportunidades de su sistema logístico. Si bien estas características representan desafíos considerables para la conectividad interna y la competitividad internacional, también ofrecen ventajas estratégicas que pueden ser aprovechadas mediante inversiones adecuadas en infraestructura y políticas de integración regional. Para maximizar el potencial logístico del país frente a sus condicionantes geográficos, Ecuador debe continuar fortaleciendo su infraestructura vial, especialmente en los corredores que conectan las diferentes regiones atravesando la cordillera andina. Asimismo, es fundamental optimizar la operación de los puertos en la zona costera, mejorando la eficiencia y seguridad de estas instalaciones (ProEcuador, 2023).

El desarrollo de sistemas intermodales de transporte, que combinen eficientemente carreteras, ferrocarriles y puertos, representa una respuesta estratégica a los retos impuestos por la geografía ecuatoriana. Este enfoque permitiría reducir los costos logísticos y mejorar la competitividad del país en el contexto regional y global. Por lo tanto, ante la perspectiva de un incremento en el comercio internacional, particularmente con la entrada en vigor del TLC con China, resulta imperativo que Ecuador continúe adaptando su infraestructura logística para responder eficientemente a los retos geográficos y aprovechar al máximo su privilegiada ubicación en la cuenca del Pacífico (Forbes, 2024).

2.2 Infraestructura Portuaria, Vial y Aeroportuaria en Ecuador: Análisis de Operatividad

Ecuador, con su posición estratégica en América del Sur y acceso directo al Océano Pacífico, ha desarrollado una infraestructura de transporte diversificada que enfrenta tanto desafíos como oportunidades significativas. Este análisis examina la situación actual y perspectivas de los principales puertos marítimos y aeropuertos del país, así como su red vial, componentes esenciales para la competitividad logística nacional (Salcedo & Guevara, 2024).

2.2.1 Infraestructura Portuaria en Ecuador

El sistema portuario ecuatoriano experimenta una transformación significativa, con cuatro terminales destacándose como los pilares fundamentales del comercio marítimo nacional: Guayaquil, Manta, Esmeralda, Puerto Bolívar y Posorja. Cada uno de estos puertos presenta características operativas diferenciadas y proyectos de modernización que buscan potenciar la competitividad logística del país (Pazmiño, 2024).

2.2.1.1 Puerto de Guayaquil: Proyectos de Expansión y Modernización

El Puerto de Guayaquil, históricamente el principal punto de entrada y salida de mercancías del país está implementando mejoras significativas en su infraestructura para mantener su competitividad. Actualmente, se desarrolla un ambicioso proyecto para aumentar la profundidad del canal de acceso a las terminales portuarias de 12,50 metros a 15 metros, iniciativa delegada por el Gobierno Nacional al Municipio de Guayaquil. Esta intervención contempla la implementación de una ruta alternativa en la zona externa del actual canal, con mayor profundidad, para lo cual el municipio deberá contratar estudios técnicos, económicos-financieros, ambientales y un plan de dragado. El proyecto incluye el dragado de un nuevo canal marítimo exterior en la zona oceánica frente a las costas de Posorja y la isla Puná, en el Golfo de Guayaquil. Esta iniciativa busca impulsar decisivamente la competitividad del comercio exterior ecuatoriano, reduciendo costos operativos y tiempos de traslado para los buques de mayor calado que actualmente enfrentan limitaciones para acceder plenamente a las instalaciones portuarias guayaquileñas. El sistema portuario de Guayaquil experimenta una transformación significativa caracterizada por ambiciosas modernizaciones, reconfiguración competitiva y planes de expansión que buscan consolidar su posición estratégica en el comercio internacional ecuatoriano. Actualmente, los terminales de Guayaquil manejan aproximadamente el 85% de la carga no petrolera del país, movilizando más de 2 millones de TEUs, con capacidad para alcanzar los 5 millones, lo que evidencia su importancia crítica para la economía nacional (CGSA, 2025).

1) El Terminal Portuario de Guayaquil

El Terminal Portuario de Guayaquil (TPG) tiene un crecimiento Sostenido y ha sido reconocido como un actor fundamental en el desarrollo portuario de la ciudad, destacándose por su contribución a la industria logística nacional. TPG ha demostrado un desempeño notable en sus operaciones recientes. En 2024, movilizó 801,506 TEUs, reflejando su compromiso con la modernización y optimización de los procesos

operativos fundamentales para fortalecer la competitividad del comercio exterior ecuatoriano³. Durante ese mismo año, el muelle de TPG atendió a 342 embarcaciones, principalmente con esloras que bordean los 360 metros y con capacidad para transportar hasta 14,000 TEUs, demostrando su capacidad para manejar buques de gran envergadura (APG, 2025).

A través de sus instalaciones, TPG ha facilitado la exportación de productos clave para la economía ecuatoriana como camarón, banano, flores, atún, brócoli, cacao, plátano y maderas como la teca y la balsa. Los principales destinos de estas exportaciones son China, Chile, Estados Unidos, Japón y España, mercados que demandan productos agrícolas y pesqueros de alta calidad. En cuanto a importaciones, Ecuador recibe a través de TPG una diversa gama de bienes provenientes de países como China, Estados Unidos, Perú, Brasil y Colombia, abarcando insumos para sectores como el comercio minorista, la industria alimentaria, papelería, construcción, plásticos, química y metalurgia. Su proyección es continuar apostando por la innovación, la sostenibilidad y la eficiencia, con el objetivo de seguir siendo un referente competitivo en el mercado global (SAAM, 2025).

2) Terminal Portuario Contecon

El Puerto Libertador Simón Bolívar administrado por la concesionaria Contecon Guayaquil S.A. (CGSA), ha emprendido importantes trabajos de modernización para adaptarse a las nuevas exigencias del comercio marítimo internacional. En respuesta a la finalización de los trabajos de dragado y profundización del canal de acceso a las terminales portuarias de Guayaquil, Contecon ha ejecutado la recrecida y extensión de dos de sus grúas pórtico, considerados los trabajos de ingeniería más importantes en los últimos 12 años. Estas mejoras están diseñadas para maximizar las capacidades operativas del puerto, permitiéndole atender buques de mayor tamaño, tipo Super Post-Panamax, lo que mejoraría su posición competitiva en el Pacífico y estimularía el comercio exterior ecuatoriano. El canal de acceso ahora permite el ingreso de naves de gran calado al puerto, con profundidades de 12.5 y 13 metros (con beneficio de marea), facilitando la llegada de buques de mayor envergadura (CGSA, 2025).

3) Terminal Portuario Naportec

Naportec S.A., es el operador portuario de DOLE en Ecuador, con más de 15 años de experiencia ofreciendo servicios de excelencia y agregando valor a la cadena logística de sus clientes. Está ubicado en la ciudad de Guayaquil, en la Av. 52 y Av. De los Ángeles, Vía Perimetral km 1 1/2. Las instalaciones de Naportec abarcan un área total de 112,000 m² y cuentan con un muelle de 320 metros de extensión y 11 metros de profundidad, permitiendo la operación simultánea de dos buques. La terminal está equipada con cinco garitas de acceso, dos balanzas y arcos de desinfección para la atención en los procesos de ingreso y salida de carga contenerizada y suelta. El centro logístico de Naportec tiene una capacidad de 1,568 TEUs y un área de almacenamiento de 64,000 m², con capacidad para 4,000 FEUs/8,000 TEUs y 1,256 conexiones para contenedores refrigerados, distribuidas estratégicamente para preservar la cadena de frío de los productos. El equipo portuario incluye cuatro grúas móviles GOTTWALD, diez reachstackers, diez manipuladores de contenedores, treinta terminal trucks y dos grúas RTG (Naportec, 2025).

Naportec ofrece servicios de consolidación, aforos bajo cubierta e inspecciones antinarcóticos en un área de 4,700 m² distribuida en 18 galpones. Además, cuenta con una bodega de 1,700 m² para el almacenamiento de carga suelta, con capacidad para 760 racks y una báscula de 10 toneladas. La terminal también dispone de una cámara de frío para operaciones especiales que requieren mantener la cadena de frío de los productos. En cuanto a seguridad, Naportec cuenta con un centro de CCTV operando 24/7 con 130 cámaras, una unidad canina DOLE K9 para inspecciones antinarcóticos, un escáner Mini Z para inspecciones de contenedores, una patrulla terrestre y un bote de seguridad fluvial para control de accesos por agua. La terminal ha obtenido certificaciones como ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BASC, Licencia Ambiental registrada por el Municipio de Guayaquil, ISPC, Código PBIP y Punto Verde, Empresa Ecoeficiente, destacando su compromiso con la calidad, seguridad y el medio ambiente (CAMA E, 2025).

4) Terminal Portuario Fertisa

El Terminal Portuario Fertisa es una instalación marítima privada de uso público ubicada al sur de Guayaquil, Ecuador. Desde su inauguración en octubre de 2004, ha desempeñado un papel fundamental en el comercio exterior del país, ofreciendo soluciones logísticas integrales que fortalecen la infraestructura portuaria nacional. Cuenta con un muelle de tablestacado de aproximadamente 300 metros de longitud, complementado con dos dolphins de amarre a 50 metros, permitiendo la atención simultánea de dos naves de hasta más de 25,000 toneladas de peso muerto (DWT). El canal de acceso ha sido dragado a una profundidad de 10.50 metros en marea baja de sicigia (MLWS), facilitando la navegación segura de buques de mayor calado. Dispone de patios de 50,000 m² y una capacidad de almacenamiento de hasta 120,000 toneladas, adaptándose a las necesidades de diversos tipos de carga. Fertisa es una terminal multipropósito que ofrece servicios de importación y exportación de contenedores, estiba, operaciones de descarga, recepción y despacho de carga. La terminal está certificada bajo el Código Internacional de Seguridad de Barcos e Instalaciones Portuarias (ISPS) y la norma BASC (Alianza de Negocios para un Comercio Seguro), garantizando altos estándares de seguridad en sus operaciones. Se encuentra en la Avenida San Juan Bosco y calle N (Vía al Puerto Marítimo), al sur de Guayaquil. El acceso terrestre es por la Avenida San Juan Bosco, mientras que el acceso marítimo es a través del Estero del Muerto (Fertisa, 2025).

2.2.2 Innovación Tecnológica en el Sistema Portuario

A pesar de estos esfuerzos de modernización, el Puerto Marítimo de Guayaquil enfrenta serios desafíos competitivos. Según reportes recientes, la terminal portuaria multipropósito más grande del país terminó 2024 subutilizada, operando apenas al 23% de su capacidad. Este declive sin precedentes ha sido atribuido, en parte, a una brecha regulatoria que obliga al puerto a pagar mayores regalías al Estado en comparación con sus competidores, según alertó un estudio contratado por la Unión Europea en 2024. El puerto, que en su momento fue el mayor exportador de banano del mundo, ha pasado de liderar el tránsito de contenedores a operar significativamente por debajo de su capacidad, mientras otras terminales continúan expandiéndose y atrayendo carga (Salamanca et al., 2021).

La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) ha apostado por la implementación de tecnología avanzada como parte crucial de sus planes de modernización. Un desarrollo significativo ha sido la implementación del Sistema de Tráfico Marítimo (Vessel Traffic Service System - VTS), que permite realizar una planificación estratégica de los movimientos de las embarcaciones que navegan por el canal de acceso al Puerto Principal, con una extensión de 95 kilómetros. Este sistema cuenta con 24 operadores trabajando durante todo el día, los siete días de la semana, para monitorear la circulación de los buques por los puertos de Guayaquil y Posorja. Con la implementación de estos equipos, el Puerto de Guayaquil se convirtió en el primer puerto del país en contar con esta tecnología, impulsando así el comercio exterior ecuatoriano. El panorama portuario de la región de Guayaquil ha experimentado un significativo movimiento de servicios navieros entre terminales que han reconfigurado las posiciones en el sistema portuario nacional e impulsado planes de expansión en un sector altamente competitivo (CAMA, 2025).

El sistema portuario de Guayaquil se encuentra en un momento crucial de transformación y desarrollo. Los terminales portuarios están realizando inversiones significativas en infraestructura, tecnología y capacidad operativa para adaptarse a las crecientes demandas del comercio internacional y mantener su competitividad en un entorno cada vez más exigente. El éxito de estos desarrollos dependerá en gran medida de la capacidad para superar los desafíos regulatorios y competitivos que enfrenta actualmente el sector. La brecha en las condiciones regulatorias entre los distintos tipos de terminales representa un tema crítico que requiere atención por parte de las autoridades para garantizar una competencia justa y un crecimiento sostenible. Con las inversiones proyectadas para los próximos años, Guayaquil tiene el potencial de fortalecer su posición como centro logístico clave para Ecuador y la región, consolidando un sistema portuario moderno, eficiente y capaz de responder a las exigencias del comercio marítimo internacional del siglo XXI (MMTTOOPP, 2024).

2.2.2.1 Inversiones Proyectadas y Expansión del Puerto de Posorja: Terminal Portuario DPWorld, Puerto Inteligente de Aguas profunda.

DP World es una empresa multinacional con sede en Dubái, especializada en logística, operaciones portuarias y servicios marítimos. Opera más de 60 puertos y terminales en todo el mundo, incluyendo América Latina. En Ecuador, DP World administra el puerto de aguas profundas de Posorja, conocido como DP World Posorja. Este puerto se ha consolidado como líder en el país, alcanzando un récord de 955,728 TEUs (unidades equivalentes a veinte pies) en 2024. Además, DP World tiene presencia en otros países de la región. En Perú, opera el Terminal de Contenedores en el puerto del Callao, el más grande del país, y el puerto de Paita. La empresa continúa expandiendo sus operaciones a nivel mundial, con inversiones significativas en infraestructura portuaria y logística para mejorar el flujo del comercio internacional. Se presenta como las inversiones más destacadas en expansión. En enero de 2025, esta empresa de origen dubaití comenzó las obras de la Fase II de este puerto, con una inversión que asciende a US\$ 140 millones. El proyecto incluye la ampliación del muelle de la terminal a un total de 700 metros de extensión, lo que permitirá potenciar sus atributos con mayor disponibilidad de atraques de naves durante toda la semana. En su conjunto, el sector portuario ecuatoriano proyecta inversiones por más de US\$ 400 millones entre 2025 y

2030, sumando los rubros tanto de las terminales privadas habilitadas como de los puertos concesionados por el Estado. Estas inversiones buscan mantener altos niveles de competitividad y consolidar la participación de mercado de los distintos terminales (GloveNewswire, 2025).

2.2.2.2 Puerto de Manta: Centro Estratégico para el Comercio Internacional.

El Puerto de Manta ha experimentado una notable transformación desde que Terminal Portuario de Manta S.A. (TPM) asumió su administración en diciembre de 2016. Entre los desarrollos más significativos destaca una inversión de \$233 millones destinada a la construcción de un nuevo delantal para el muelle 2, de 300 metros de largo por 35,5 de ancho, capaz de permitir la operación de 2 grúas tipo Gantry (STS). Adicionalmente, el plan contempla el dragado del canal de acceso a 14,5 metros en marea baja, mejora crucial para recibir embarcaciones de mayor calado². Estos proyectos responden al considerable incremento en la actividad portuaria registrada entre 2017 y 2023, período en el que el número de buques atracados aumentó de 616 a 742, representando un crecimiento del 20,5%. El Puerto de Manta ha consolidado su conectividad internacional con puntos estratégicos como Panamá, México, puertos de las costas Este y Oeste de Estados Unidos, así como Perú y Chile². Esta posición geográfica privilegiada ha permitido que el terminal se convierta en un centro regional para el trasbordo de vehículos, habiendo movilizado 38.302 unidades entre 2017 y 2023. En términos de carga, el crecimiento ha sido igualmente significativo, con un incremento del 79% entre 2016 y 2023, alcanzando 1.113.362 toneladas. Las proyecciones son aún más ambiciosas, estimando llegar a 2.913.249 toneladas para 2056, respaldadas por el aumento del comercio internacional, la expansión de redes de producción y distribución, y el crecimiento poblacional en Ecuador y la región (Salcedo & Guevara, 2024).

2.2.2.3 Esmeraldas y su Proyección de Puerto Internacional

El Puerto de Esmeraldas, administrado por la Autoridad Portuaria de Esmeraldas (APE), es un puerto multipropósito ubicado en la costa noroccidental de Ecuador, con acceso directo al Océano Pacífico. Su posición geográfica estratégica lo convierte en el puerto ecuatoriano más cercano al Canal de Panamá. Con características técnicas de infraestructura, el puerto cuenta con una dársena de 32 hectáreas, protegida por dos rompeolas, lo que permite una gran maniobrabilidad y atraque seguro de las naves, incluso en condiciones climáticas adversas. Dispone de tres muelles, uno de ellos de servicios con un calado de 11,5 metros, adecuados para atender buques de gran calado. Ofrece servicios de remolque y practicaje calificados, garantizando operaciones portuarias eficientes y seguras. En agosto de 2004, el Puerto de Esmeraldas fue entregado en concesión por un período de 25 años, permitiendo la ocupación y uso de sus instalaciones por parte de operadores privados. El Gobierno de Ecuador ha priorizado proyectos de asociaciones público-privadas para la modernización de infraestructuras clave, incluyendo el Puerto de Esmeraldas. Se ha planificado una inversión de aproximadamente USD 109 millones para mejorar y ampliar las instalaciones portuarias, con el objetivo de aumentar su competitividad y capacidad. El puerto desempeña un papel crucial en la economía regional y nacional, facilitando la exportación de productos como aceite crudo de palma y astilla de eucalipto, e importando gráneles sólidos como carbón

mineral, chatarra y tuberías. El Puerto de Esmeraldas es una infraestructura portuaria vital para Ecuador, con características técnicas que le permiten operar como un puerto multipropósito y con planes de inversión que buscan potenciar su rol en el comercio internacional (MundoMarino, 2024).

2.2.2.4 Puerto Bolívar y Yilport Holding

Puerto Bolívar, es una Parroquia de la ciudad de Machala ubicado en la provincia de El Oro, Ecuador, es uno de los puertos más importantes del país, especialmente reconocido por su exportación de banano y camarón. En 2016, la empresa turca Yilport Holding asumió la concesión del puerto con el objetivo de modernizar y ampliar sus instalaciones, posicionándolo como un puerto de clase mundial. Entre sus características y servicio se destaca su ubicación estratégica, situado en el corazón de las fincas bananeras más famosas del mundo, con una producción anual de tres millones de toneladas. Además, la industria del camarón es bastante activa en la región. Además de las cargas refrigeradas, el terminal maneja cargas secas como papel, arcilla de papel y concentrado de cobre. En 2016, el Gobierno de Ecuador firmó un contrato de concesión con Yilport Holding para la ampliación y modernización de Puerto Bolívar. La empresa concesionaria se comprometió a convertir a la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar en una plataforma logístico-portuaria con estándares de eficiencia a nivel internacional que satisfagan las demandas y necesidades del comercio exterior en la región y contribuyan al cambio de la matriz productiva. La modernización de la Autoridad Portuaria de Puerto Bolívar esta presentada fases que incluye la construcción de un muelle de 450 metros y la adquisición de grúas Ship to Shore (STS) y Rubber Tyred Gantry (RTG), ampliación de la capacidad anual a 900,000 TEUs., y transformación en un puerto líder manejando más de cinco tipos de mercancías, construcción de silos de almacenaje e incremento de la capacidad de la terminal a 2,050,000 TEUs. La modernización de Puerto Bolívar busca convertirlo en un puerto de transferencia internacional, generando empleo, desarrollo económico y mejorando la competitividad del país en el comercio exterior (MMTTOOPP, 2024).

2.2.3 Infraestructura Aeroportuaria

El sistema aeroportuario ecuatoriano está compuesto por 21 aeropuertos operativos distribuidos estratégicamente en el territorio nacional, configurando una red que responde a las necesidades de conectividad interna e internacional del país. De los 21 aeropuertos operativos en Ecuador, dos son internacionales concesionados: el José Joaquín de Olmedo en Guayaquil y el Mariscal Sucre en Quito⁴. Estos terminales constituyen las principales puertas de entrada aérea al país y mantienen operaciones ininterrumpidas para vuelos de carga, emergencia, chárter, privados y humanitarios. La red aeroportuaria se complementa con terminales para conexiones locales que cumplen un papel fundamental en la integración territorial, particularmente en regiones de difícil acceso. Los aeropuertos ubicados en la Amazonía, por ejemplo, han demostrado su importancia estratégica al facilitar el suministro de insumos médicos y alimentos para comunidades remotas. Cabe destacar el rol del aeropuerto Cotopaxi, que ha funcionado como nodo logístico clave para el traslado de personal militar y médico, proporcionando apoyo a las provincias cercanas en situaciones de emergencia (DGAC, 2024).

2.2.3.1 Terminal Aeroportuario Mariscal Antonio José de Sucre: Infraestructura y Modernización

El Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre (código IATA: UIO), ubicado en Tababela a 25 km del centro histórico de Quito, es el principal centro aeroportuario de Ecuador y un nodo estratégico para el transporte aéreo en América del Sur. Inaugurado el 20 de febrero de 2013, reemplazó al antiguo aeropuerto ubicado dentro de la ciudad de Quito, marcando un hito en la modernización de la infraestructura aeroportuaria ecuatoriana. Este informe analiza su infraestructura actual, proyectos de expansión y papel en la conectividad nacional e internacional. El aeropuerto destaca por su diseño integral y capacidad para manejar operaciones de alta complejidad. Con una superficie total de 1.500 hectáreas y un área construida de 70 hectáreas, incluye una terminal de pasajeros de 38.000 m², una terminal de carga de 42.000 m² y una torre de control de 41 metros de altura, la más alta de Latinoamérica. La pista principal, con 4.100 metros de longitud, es la más extensa entre los aeropuertos de capitales sudamericanas y permite la operación de aviones de gran porte como el Boeing 747 y el Airbus A380. Esta infraestructura está diseñada para resistir sismos de hasta 9 grados en la escala de Richter y cuenta con sistemas de protección contra incendios que pueden soportar temperaturas de hasta 700°C. La terminal de carga, equipada con 13.000 m² de superficie, incluye 24 muelles y áreas especializadas como cuartos fríos y escáneres de seguridad. Su capacidad actual es de 250.000 toneladas anuales, duplicando las cifras del antiguo aeropuerto. Además, el complejo aeroportuario cuenta con un centro comercial (Quito Airport Center) y dos hoteles internacionales (Wyndham Quito Airport y Holiday Inn Quito Airport), que facilitan la estadía de pasajeros y visitantes (Empresa Metropolitana, 2017).

El aeropuerto está en proceso de una ampliación ambiciosa, con un avance del 35% al cierre de 2024. El proyecto, con una inversión de \$74,2 millones liderada por la concesionaria Quiport, busca incrementar la capacidad operativa para recibir 7,5 millones de pasajeros anuales, frente a los 5,4 millones actuales. Las obras incluyen ampliación de la terminal de pasajeros a 17.000 m² adicionales distribuidos en niveles cuartos técnicos para sistemas eléctricos y de aire acondicionado, ampliación del área de arribos internacionales, aumento de carruseles de equipaje y modernización del sistema de manejo de equipajes, nuevos mostradores de chequeo 20 para aerolíneas internacionales y 12 equipos de autochequeo, salas de preembarque y expansión de zonas comerciales, y ampliación de la sala VIP internacional (de 950 m² a 2.000 m²). Expansión de la plataforma de aeronaves de 35.000 m² adicionales para estacionamiento de aviones, incrementando la capacidad operativa, modernización tecnológica en la implementación del sistema E-Gate, un control migratorio automatizado que reduce los tiempos de espera y mejora la eficiencia en los procesos de salvoconductos. Estos trabajos, incluyen la instalación de sistemas de extinción de incendios, redes de energía, comunicaciones y desagües, además de la reconfiguración de áreas de aduanas y tiendas libres de impuestos (Quiport, 2025).

El aeropuerto opera como hub principal para aerolíneas como Avianca Ecuador, LATAM Ecuador y Aeroregional, facilitando conexiones a destinos en Sudamérica, Norte América, Europa y Asia. Entre sus servicios destacan las salas VIP: Dos áreas diferenciadas para vuelos nacionales e internacionales, con capacidad para

hasta 200 pasajeros en la sala internacional ampliada. El Terminal de carga esta equipada para manejar hasta seis aviones de categoría 4F simultáneamente, incluyendo modelos como el Boeing 747-8. La conectividad internacional ofrece vuelos directos a ciudades como Madrid, Amsterdam, Nueva York, Chicago y São Paulo, aprovechando su altitud de 2.400 metros sobre el nivel del mar. La sostenibilidad: Cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas y está diseñado para minimizar su impacto ambiental (NatureGalapagos, 2024).

Perspectivas del aeropuerto está marcado por el crecimiento proyectado del tráfico aéreo y la necesidad de mantener su competitividad en la región. Entre los planes destacan la construcción de una segunda pista con proyecto en etapa de planificación para duplicar la capacidad operativa y reducir congestiones en horarios pico. La ampliación de la terminal de carga con proyección de incrementar su capacidad a 10.000 m² adicionales según la demanda futura. La optimización de procesos continúa modernizando sistemas tecnológicos para agilizar operaciones y mejorar la experiencia del pasajero. Sin embargo, el aeropuerto enfrenta desafíos como la brecha regulatoria que podría afectar su competitividad frente a otros terminales regionales. Además, la coordinación con autoridades nacionales y locales será clave para garantizar un desarrollo sostenible y alineado con las necesidades económicas del país. El Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre representa un pilar estratégico para la conectividad aérea de Ecuador, combinando infraestructura de vanguardia con una visión de futuro orientada a la expansión y modernización. Con su pista de referencia en Latinoamérica, capacidad para manejar aviones de gran porte y proyectos de ampliación en curso, este terminal no solo fortalece la posición logística del país, sino que también contribuye a la integración regional e internacional. Los próximos años dependerán de la ejecución eficiente de los proyectos en curso y la adaptación a las dinámicas cambiantes del transporte aéreo global (Quiport, 2025).

2.2.3.2 Terminal Aeroportuaria Internacional José Joaquín de Olmedo: Infraestructura y Desarrollo

El Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo de Guayaquil representa una pieza clave en la infraestructura aeroportuaria ecuatoriana, sirviendo como uno de los principales nodos de conectividad nacional e internacional. Ubicado estratégicamente a cinco km al norte de Guayaquil, la ciudad más poblada de Ecuador, esta terminal ha evolucionado significativamente desde su concesión en 2004, consolidándose como un moderno complejo que combina servicios de pasajeros y carga. Su infraestructura y características técnicas esta con una pista de aterrizaje de 2.790 metros (9.154 pies) de longitud y se encuentra a una elevación de cinco metros (16 pies) sobre el nivel del mar. Su diseño permite la operación de aeronaves de gran porte, incluyendo modelos como el Antonov AN-225, AN-124, Ilyushin IL-76, Boeing 747-400, Airbus A340-600 y B777-300. Esta capacidad técnica posiciona al aeropuerto como un punto estratégico para vuelos de largo alcance y operaciones de carga de gran volumen. La plataforma de operaciones abarca 48.000 m² (600 m x 80 m) con capacidad para soportar hasta 150 toneladas métricas de peso. El complejo aeroportuario dispone de estacionamiento distribuidas estratégicamente, ocho puestos para aeronaves de pasajeros equipados con 10 pasarelas de embarque, ocho puestos para aeronaves de carga (en área remota), y siete posiciones adicionales destinadas a la aviación general. Esta configuración permite una

gestión eficiente de las operaciones simultáneas de diferentes tipos de aeronaves. La terminal está diseñada para atender hasta 7,5 millones de pasajeros anualmente, lo que la posiciona como una de las infraestructuras aeroportuarias más importantes del país. Su ubicación privilegiada, adyacente al Terminal Terrestre de Guayaquil y frente al río Daule, facilita la intermodalidad del transporte, permitiendo conexiones fluidas entre el tráfico aéreo y terrestre (Logister-Cluster, 2024).

El aeropuerto ha experimentado fluctuaciones en su volumen de pasajeros durante los últimos años. En 2019, aproximadamente 4 millones de viajeros transitaban por sus instalaciones. Para 2022, la cifra descendió a 3.477.592 pasajeros, mientras que el volumen de carga transportada alcanzó las 33.150,25 toneladas métricas. La terminal cerró 2024 con un total de 4.167.249 pasajeros, lo que representa una disminución del 2,34% en comparación con 2023, cuando movilizó 4.261.891 viajeros, según datos del Consejo Internacional de Aeropuertos (ACI-LAC). En cuanto a operaciones de carga, el aeropuerto mueve aproximadamente 70.000 toneladas anuales, de las cuales cerca de 15.000 corresponden a importaciones. Este volumen refleja la importancia del terminal como punto estratégico para el comercio internacional y la logística de Ecuador (TAGSA, 2025).

El crecimiento del volumen de carga internacional motivó a la Terminal Aeroportuaria de Guayaquil (Tagsa) a construir un moderno centro de operaciones denominado Terminal de Cargas Ecuador SA (TCE). Esta instalación, que requirió una inversión de USD 4 millones y siete meses de construcción, cuenta con 14.400 m² de superficie distribuidos entre patios de maniobras, zona de distribución, servicios de courier, tránsito internacional, almacén temporal, módulos para regímenes aduaneros, edificio administrativo y áreas de parqueo. La terminal fue diseñada y planificada por Corporación América, empresa con experiencia en la operación de terminales de carga aérea en Buenos Aires y Montevideo, lo que ha permitido implementar estándares internacionales en su funcionamiento. Según las declaraciones de Ángel Córdova Carrera, gerente general de la concesionaria, el objetivo de TCE es incrementar en un 20% el volumen de cargas procesadas en el aeropuerto (MMCCEE, 2025).

Otro componente crucial de la infraestructura aeroportuaria es el Centro de Distribución de Combustibles, que cuenta con una capacidad de almacenamiento de 2.100.000 galones, 800.000 más que en 2004. Esta ampliación, que requirió una inversión de USD 5 millones, permite abastecer simultáneamente a siete aeronaves a través de un sistema de tuberías subterráneas, en contraste con la capacidad previa de atender a una sola aeronave. Diariamente, se bombean aproximadamente 162.000 galones de combustible JET A-1, específicamente diseñado para aviones propulsados por motores de turbina de gas. El combustible viaja bajo tierra desde la Planta 1 de Ecuafuel hasta las plataformas de los aviones, donde está instalada una red de hidrantes que se acoplan a los equipos. El aeropuerto opera bajo un esquema de concesión vigente desde el 27 de febrero de 2004, mediante el cual la Autoridad Aeroportuaria de Guayaquil recibe el 50,25% del ingreso bruto regulado. Este modelo ha permitido la modernización de las instalaciones y la ampliación de servicios beneficiando de este esquema para la ciudad (TAGSA, 2025).

Uno de los desarrollos más significativos relacionados con el aeropuerto es el proyecto urbanístico planificado para los 200 hectáreas que conforman la actual terminal aérea. Con una inversión de \$1.122.295,80 financiada por la Autoridad Aeroportuaria de

Guayaquil, el proyecto pretende crear una infraestructura integral autosustentable que impulse nuevas residencias, servicios y espacios abiertos, considerando las necesidades de la ciudad. La propuesta incluirá un programa inmobiliario para edificios y espacios funcionales complementarios para viviendas, oficinas, comercios y hoteles. Un aspecto destacado del proyecto es la dedicación de al menos el 40% del espacio disponible, aproximadamente 800.000 metros cuadrados, para áreas verdes, aunque será el consorcio Asoplan quien determine la distribución más funcional de estos espacios (MMCCEE, 2025).

El Terminal Aeroportuario Internacional José Joaquín de Olmedo representa una infraestructura estratégica para la conectividad aérea de Ecuador, con capacidades técnicas que permiten operaciones de alto volumen tanto en pasajeros como en carga. Sus instalaciones especializadas, como la Terminal de Cargas Ecuador y el sistema de abastecimiento de combustible, reflejan inversiones significativas orientadas a mejorar la eficiencia operativa y responder al crecimiento de la demanda. A pesar de las ligeras fluctuaciones en el tráfico de pasajeros durante los últimos años, el aeropuerto mantiene su posición como uno de los principales nodos aeroportuarios del país, complementando al aeropuerto de Quito en la gestión del tráfico aéreo internacional. El reciente ajuste de tarifas y los planes futuros para la reconversión de los terrenos aeroportuarios evidencian una visión estratégica orientada a maximizar el valor de esta infraestructura para el desarrollo urbano y económico de Guayaquil. La ubicación privilegiada del aeropuerto, adyacente al Terminal Terrestre y con acceso al río Daule, facilita la intermodalidad del transporte, potenciando su rol como eje articulador de la movilidad regional. Este factor, combinado con las capacidades técnicas de sus instalaciones, posiciona al Terminal Aeroportuario Internacional José Joaquín de Olmedo como un activo fundamental para la proyección internacional de Ecuador en el contexto latinoamericano (TAGSA, 2025).

2.2.3.3 Aeropuertos de Latacunga y Santa Rosa: Infraestructura y Operatividad

El sistema aeroportuario ecuatoriano incluye 21 terminales distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, entre las cuales los aeropuertos de Latacunga y Santa Rosa desempeñan funciones específicas dentro de la red de conectividad aérea del país. Este análisis examina las características, infraestructura y situación operativa actual de estas dos terminales.

El Aeropuerto Internacional Cotopaxi (IATA: LTX, OACI: SELT) se encuentra ubicado en Latacunga, provincia de Cotopaxi, a una elevación de 2.890 metros sobre el nivel del mar. Esta terminal, de carácter mixto (civil y militar), constituye uno de los cuatro aeropuertos certificados como internacionales en Ecuador, aunque actualmente no opera vuelos comerciales regulares de pasajeros. La terminal cuenta con características técnicas sobresalientes dentro del sistema aeroportuario ecuatoriano con pistas de 3.694 metros de longitud, una de las más extensas del país, con capacidad para recibir aviones Boeing 747 sin limitaciones operativas, capacidad operativa que albergar hasta 15 aeronaves simultáneamente y gestionar 1.200 pasajeros diarios, servicios de instalaciones de aduana, policía de migración, antinarcóticos y AGROCALIDAD y las condiciones operativas por su ubicación en zona de clima privilegiado, con 98% de operatividad anual y espacio aéreo descongestionado (Chancusig & Sanchez, 2021).

La construcción del aeropuerto se remonta a la década de 1960, período en que la NASA colaboró en el desarrollo de pistas estratégicas a nivel mundial para posibles aterrizajes de emergencia de sus transbordadores espaciales. Esta circunstancia determinó las especificaciones técnicas superiores de la pista, tanto en posición, resistencia como en su considerable longitud. En 2009, el aeropuerto fue sometido a un proceso de modernización con una inversión de aproximadamente 46 millones de dólares, reabriendo sus instalaciones en 2011 con capacidades ampliadas. Esta terminal ha funcionado históricamente como alternativa al aeropuerto de Quito durante acontecimiento. Actualmente, el aeropuerto enfrenta desafíos significativos en cuanto a su operatividad comercial con operaciones de pasajeros de vuelos regulares de pasajeros cesaron con la salida de Tame en 2016, donde la única aerolínea de carga con vuelos regulares, Cargolux, suspendió sus operaciones, aunque actualmente UniWorld Air Cargo mantiene vuelos de carga entre Latacunga y Ciudad de Panamá. La Fuerza Aérea Ecuatoriana utiliza la terminal para vuelos logísticos, trasladados desde el antiguo Aeropuerto Mariscal Sucre tras su cierre y las instalaciones son utilizadas para mantenimiento, reparación, transformación y labores de pintura de aeronaves por la DIAF (Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana). Existen potenciales desarrollos que podrían reactivar la terminal, como JetSmart de Perú ha solicitado operar la ruta Latacunga-Lima como posible destino futuro, también las autoridades y sectores productivos de las provincias centrales de Ecuador (Cotopaxi, Tungurahua, Pastaza, Bolívar, Chimborazo y cantones de Pichincha) han expresado su interés en reactivar la terminal para impulsar el turismo regional y el desarrollo económico (Coque & Campoverde, 2013).

El Aeropuerto Regional de Santa Rosa, ubicado a 30 minutos de Machala, capital de la provincia de El Oro, representa una pieza importante en la conectividad de la región sur del Ecuador. tiene como infraestructura y capacidad una pista de 2.470 metros de longitud por 45 metros de ancho, puede recibir como máximo aviones tipo Airbus A-320, con una sala de pre-embarque con capacidad para 252 personas y servicios complementario de radio ayudas, servicio contra incendios y amplios parqueaderos. El aeropuerto ha mostrado un rendimiento constante en movilización de pasajeros y opera vuelos comerciales desde Quito (anteriormente con Tame y desde octubre de 2019 con AeroRegional), además de vuelos logísticos, privados y de trabajos aéreos (transporte de valores). La terminal forma parte del Plan de Incentivos del Gobierno Nacional que incluye descuentos en tarifas de aterrizaje, iluminación y protección al vuelo, descuentos en estacionamiento mayor a 4 horas y subsidio del 40% en el combustible aéreo (Chancusig & Sanchez, 2021).

Los aeropuertos de Latacunga y Santa Rosa representan infraestructuras con características y roles diferenciados dentro del sistema aeroportuario ecuatoriano. Mientras el Aeropuerto Internacional Cotopaxi destaca por sus capacidades técnicas superiores, actualmente subutilizadas tras la salida de operadores comerciales regulares, el Aeropuerto Regional de Santa Rosa mantiene una operatividad constante enfocada en la conectividad regional. Ambas terminales enfrentan el desafío común de incrementar su utilización en un contexto donde el tráfico aéreo ecuatoriano ha mostrado signos de recuperación postpandemia, con el tráfico doméstico superando en un 10% los niveles de marzo de 2019 y el tráfico internacional recuperando el 83% de su volumen prepandemia. Estas infraestructuras dependerán de la capacidad para atraer nuevas aerolíneas y desarrollar estrategias que aprovechen sus ventajas competitivas dentro de un sistema

aeropuertario nacional donde Quito y Guayaquil concentran la mayor parte de los vuelos internacionales (Coque & Campoverde, 2013).

2.3 Infraestructura Terrestre en Ecuador

La infraestructura terrestre ecuatoriana constituye un pilar fundamental para el desarrollo económico y la conectividad del país, estableciendo los cimientos sobre los que se soporta el intercambio comercial interno y externo. Ecuador ha realizado inversiones significativas en su red vial durante la última década, desarrollando un sistema integrado que busca superar los desafíos geográficos y potenciar la competitividad logística nacional. La red vial estatal ecuatoriana presenta una organización jerárquica claramente definida que responde a las necesidades de conectividad nacional y regional. Esta estructura comprende diferentes categorías de vías que cumplen funciones específicas dentro del sistema de transporte general (E-Asfalto, 2024).

2.3.1 Red Vial y Rutas

La red vial nacional de Ecuador está conformada por 57 corredores arteriales que constituyen una malla estratégica diseñada para integrar el territorio nacional. Estos corredores entrelazan las capitales provinciales, puertos, aeropuertos, cruces de frontera y centros urbanos estratégicos, formando la columna vertebral del sistema de transporte terrestre. De estos corredores, 12 son clasificados como primarios y se subdividen en cinco ejes troncales principales (más dos alternos) que recorren el país longitudinalmente de norte a sur, complementados por cinco ejes transversales que atraviesan Ecuador de este a oeste. Estos ejes primarios suman aproximadamente 5.608,84 kilómetros, representando el 12,98% del total de la red vial del país. Los 45 corredores restantes son considerados secundarios o colectores, diseñados para facilitar conexiones más cortas entre diferentes áreas urbanas y rurales del territorio ecuatoriano. Estos corredores secundarios abarcan 3.876,42 kilómetros, constituyendo el 8,97% de la red vial total (ProEcuador, 2023).

Complementando la red nacional, las redes viales provincial y cantonal están integradas por un conjunto de vías terciarias y caminos vecinales administrados por los Consejos Provinciales o Municipios respectivamente. Estas vías cumplen la función esencial de conectar cabeceras parroquiales y zonas de producción con la red vial nacional. Los caminos terciarios se extienden por 11.105,93 kilómetros (25,71% del total), mientras que los caminos vecinales constituyen la mayor proporción de la red vial ecuatoriana con 22.153,98 kilómetros, representando el 51,29% del sistema. Adicionalmente, existen 452,20 kilómetros (1,05%) clasificados como caminos locales (MMTTOOPP, 2024).

La infraestructura vial ecuatoriana ha sido objeto de importantes inversiones gubernamentales durante la última década, reflejando su carácter prioritario para el desarrollo nacional. La red de carreteras de Ecuador cuenta actualmente con una extensión total de 9.997,90 kilómetros pavimentados, resultado de una política sostenida de mejoramiento vial. Esta infraestructura pavimentada representa aproximadamente el 23% de la red vial total del país, que se aproxima a los 42.800 kilómetros. Una característica estructural destacable es que cerca del 70% de la red vial ecuatoriana está

conformada por caminos con un ancho de superficie de rodadura de hasta 5 metros, lo que refleja los desafíos pendientes en términos de ampliación y modernización de la infraestructura. Los esfuerzos de inversión se han limitado y que los proyectos integrales para mejorar la movilidad, como la rehabilitación del sistema ferroviario ecuatoriano queden en standby. Desde 2008, la empresa Ferrocarriles del Ecuador ha rehabilitado 500 kilómetros de vías, principalmente orientadas al sector turístico, de una red ferroviaria total que alcanza los 965,5 kilómetros y conecta la Sierra con la Costa (MMCCEE, 2025).

2.3.2 Nodos Logísticos Operativos

La planificación logística ecuatoriana ha identificado puntos estratégicos en el territorio nacional para el desarrollo de nodos que optimicen la distribución de mercancías y potencien la competitividad del país. Como parte de la estrategia nacional de desarrollo logístico, se han planificado nodos estratégicos en ubicaciones clave como Santo Domingo y Quevedo, con el objetivo de establecer plataformas logísticas que faciliten la recepción y distribución eficiente de mercaderías. Estos nodos están diseñados para funcionar como centros de consolidación y distribución que optimizan los flujos de carga entre las diferentes regiones del país. La ubicación de estos nodos responde a un análisis estratégico que considera factores como los volúmenes de carga, los flujos comerciales predominantes y las necesidades de integración entre las distintas regiones productivas del Ecuador (E-Asfalto, 2024).

En noviembre de 2019, el Gobierno Nacional presentó la Hoja de Ruta Logística del Ecuador, un instrumento estratégico desarrollado en consenso entre instituciones públicas y privadas, con el objetivo fundamental de mejorar la competitividad y productividad del país. Esta iniciativa contemplaba una inversión total de USD 4.250 millones, de los cuales USD 3.800 millones y que poco o nada se hizo con los restantes de esa inversión pública directa. El plan estratégico prevé la implementación de 22 acciones de corto plazo, con proyectos concretos que incluyen desarrollo de nodos logísticos en Santo Domingo y Quevedo, implementación de plataformas logísticas para optimizar la recepción de mercaderías, mejora de la accesibilidad para la integración de la Sierra Central, desarrollo de infraestructura de conexión para áreas metropolitanas y nodos portuarios e incorporación de elementos de gobernanza y digitalización para el manejo eficiente de cada corredor logístico (MMTTOOPP, 2024).

La infraestructura terrestre ecuatoriana no se limita al transporte por carretera, sino que busca una integración multimodal que potencie las capacidades logísticas del país. Aunque, el sistema ferroviario principalmente orientado al turismo en la actualidad constituye un componente complementario de la infraestructura terrestre. La red ferroviaria cuenta con una extensión total de 965,5 kilómetros que unen la Sierra con la Costa esta parada luego que fue rehabilitadas incluyen rutas del centro como Machachi-Boliche, Quito-Boliche, Quito-Latacunga, Quito-Machachi, ruta del Litoral Durán-Yaguachi, ruta del norte: Ibarra-Salinas, y rutas del Sur Alausí-Sibambe, Riobamba-Colta, Riobamba-Urbina, Tambo-Coyocctor (ProEcuador, 2023).

Los corredores viales primarios y secundarios no solo facilitan la conectividad interna, sino que también son fundamentales para la integración regional, conectando el territorio ecuatoriano con los países vecinos y facilitando el comercio internacional. La infraestructura terrestre ecuatoriana ha experimentado avances significativos en la última

década, resultado de inversiones sostenidas y una planificación estratégica orientada a mejorar la competitividad logística del país. La red vial nacional, estructurada en corredores primarios y secundarios complementados por redes provinciales y cantonales, constituye la base fundamental del sistema de transporte terrestre. Los proyectos contemplados en la Hoja de Ruta Logística representan una visión de futuro que busca optimizar la integración entre zonas de producción y mercados, tanto nacionales como internacionales. La implementación de nodos logísticos estratégicos y la mejora de la accesibilidad para integrar diferentes regiones productivas serán fundamentales para consolidar un sistema logístico eficiente. La continuidad en las inversiones para expandir la red de carreteras pavimentadas, actualmente limitada a aproximadamente el 23% del total de la red vial, será crucial para superar los desafíos pendientes en materia de infraestructura. Asimismo, la integración multimodal, incorporando el sistema ferroviario como complemento al transporte por carretera, representa una oportunidad para diversificar las opciones logísticas y mejorar la eficiencia del sistema de transporte terrestre ecuatoriano. El éxito de estas iniciativas dependerá en gran medida de la efectiva colaboración entre los sectores público y privado, así como de la capacidad para implementar las acciones contempladas en la Hoja de Ruta Logística, aprovechando la ubicación estratégica de Ecuador para consolidar su posición como un hub logístico regional (Chancusig & Sanchez, 2021).

2.4 Gestión del Transporte Internacional

Ecuador ha consolidado un sistema multimodal de transporte internacional que combina inversiones estratégicas en infraestructura, marcos regulatorios regionales y adopción tecnológica. Este modelo busca posicionar al país como un *hub* logístico en el Pacífico Sur, aunque persisten desafíos estructurales que requieren atención continua. El transporte marítimo es el motor del Comercio Exterior, con un 2% de las exportaciones ecuatorianas se movilizan por vía marítima, con los puertos de Guayaquil, Posorja, Manta, Esmeraldas y Puerto Bolívar como ejes estratégicos. Como se viene comentado el canal de acceso se dragó en el inició en 2024 y cuenta con un muelle de agua profundas para recibir buques Post-Panamax, optimizando el tránsito de millones de TEUs anuales. También se añade la inversión tecnológica con IA aplicada a logística que se implementan de visión por computadora para seguimiento de contenedores, reduciendo pérdidas en un 15%, además de mantener flotas eléctricas que se está introduciendo vehículos eléctricos en operaci (ProEcuador, 2023)ones portuarias para disminuir emisiones de CO₂. El desafíos está en operar la mayor cantidad de contenedores y evitar congestión que se tiene en ciertos terminales portuarios.

La conectividad global se logra con buena administración de los aeropuertos de Quito (Mariscal Sucre) y Guayaquil (José Joaquín de Olmedo) que son nodos críticos para carga internacional. El Mariscal Sucre (Quito) en 2024 movilizó 250,000 toneladas de carga, con una nueva terminal en construcción (10,000 m²) que aumentará su capacidad en 40%, mientras que el José Joaquín de Olmedo (Guayaquil) operó 70,000 toneladas anuales en 2024, respaldado por un centro de distribución de combustible con capacidad para 2.1 millones de galones. A esto, se suma que en Ecuador se rige por la Decisión 399 de la Comunidad Andina, que establece principios de transparencia, no discriminación y libre competencia para el transporte internacional por carretera. La implementación práctica está en Certificados de Habilitación Obligatorios para operaciones transfronterizas, con 15 cruces fronterizos habilitados en 2024 y bolsas

Virtuales de Carga con plataformas digitales que redujeron 30% de viajes sin carga en rutas hacia Colombia y Perú, optimizando costos operativos (CCG, 2024).

El proyecto estratégico del Corredor Manta-Manaos que busca conectar el Pacífico con la Amazonía brasileña, sigue enfrentado retos geográficos en la Cordillera de los Andes que requieren inversiones en túneles y viaductos, pero también de decisiones políticas. La Ley Orgánica de Transporte Terrestre (2023) y el Plan Estratégico Multimodal 2013-2037 estructuran las acciones gubernamentales, como los ejes prioritarios de la inversión en infraestructura que tiene una meta del 4% del PIB, focalizada en puertos y aeropuertos, a esto se suma la modernización tecnológica con digitalización aduanera con blockchain para reducir tiempos de despacho en 48 horas, y la sostenibilidad con programa de Transporte Verde con beneficios fiscales para flotas eléctricas, logrando 15% de renovación vehicular en 2024. Para esto está la hoja de ruta hecha en 2019 con inversión de USD 4,250 millones hasta 2030, incluyendo nodos en Santo Domingo y plataformas logísticas inteligentes. Así, se tiene retos actuales y soluciones como los costos logísticos que representa 17.9% de las ventas totales, superior al promedio latinoamericano (14.5%), más la integración tecnológica que con solo 35% de las pymes usan sistemas de trazabilidad, según la Cámara de Comercio de Guayaquil (2024), adicional la seguridad jurídica como necesidad de armonizar la Decisión 399 con normativas locales para agilizar trámites fronterizos. Este es el caso de DP World Posorja que atrajo a CMA CGM (3ª naviera global) en 2022 mediante eficiencia en despachos (24-48 horas) y tarifas competitivas, y ahora cuenta con MAERKS y MSC (segunda y primera naviera del mundo). aumentando su participación de mercado en la actualidad (CAMA E, 2025).

Ecuador avanza en consolidar un sistema de transporte internacional competitivo, con hitos como la expansión de Posorja y la adopción de IA en logística. Para esto requiere reducir asimetrías en cadenas de suministro, fortalecer la interoperabilidad entre sistemas aduaneros andinos y acelerar la transición energética en flotas de transporte. La próxima década será crucial para integrar tecnologías como blockchain y 5G, asegurando que el país aproveche su ubicación geoestratégica en el comercio global (MMCCEE, 2025).

2.4.1 Transporte Marítimo en el Ecuador: Rutas, Navieras, Costos.

El transporte marítimo es fundamental para la economía ecuatoriana, representando el 82% de las exportaciones del país. Los puertos de Guayaquil y Posorja son los principales nodos de comercio marítimo, con una red de rutas que conectan Ecuador con mercados globales. Las rutas de navieras marítimas que conectan Ecuador con el mundo son variadas y están operadas por algunas de las principales navieras internacionales según las rutas: Asia-Ecuador con servicios como el AC2 de Maersk conectan Ecuador con Asia, pasando por puertos clave como Hong Kong y Shanghai, Mediterráneo-Ecuador con el servicio ECUMED de Maersk une Ecuador con el Mediterráneo, facilitando el comercio con Europa y la ruta regional con servicios como el Guayaquil Feeder de Maersk conectan Ecuador con otros puertos de la región, como Panamá y Colombia. Entre las principales navieras internacionales que llegan a Ecuador se destacan Maersk Line con tres rutas principales desde Posorja (AC2, ECUMED y Guayaquil Feeder), CMA CGM que conectan Ecuador con Europa y Asia, Hapag Lloyd que ofrece servicios de contenedores a través de sus alianzas con otras navieras y Mediterranean

Shipping Company (MSC) con rutas que unen Ecuador con mercados globales (CAMAE, 2025).

Los costos del transporte marítimo varían según la naviera, el tamaño del contenedor y la ruta, por ejemplo, los contenedores de 20ft de Estados Unidos están en \$1,150 a \$3,250 y desde España: €2,500 a €3,500 EUR; y para contenedores de 40ft de Estados Unidos a \$2,150 a \$4,850 USD y desde España: €3,500 a €4,500 respectivamente. En los casos prácticos Maersk Line sus costos para un contenedor de 40 pies desde China pueden variar entre \$3,000 y \$4,500 USD, dependiendo del servicio y la ruta; CMA CGM sus precios para un contenedor de 40 pies desde Francia pueden oscilar entre \$2,600 y \$4,200 USD; y Hapag Lloyd para un contenedor de 40 pies desde Alemania pueden estar entre \$2,200 y \$3,800 USD (CGSA, 2025).

La experiencia del transporte marítimo en Ecuador lo expone como un sector dinámico que conecta al país con los principales mercados globales. La presencia de navieras internacionales como Maersk, CMA CGM y Hapag Lloyd facilita el comercio internacional, aunque los costos varían según la ruta y el tipo de contenedor. La elección de la naviera adecuada depende de factores como el destino, el tamaño del contenedor y el presupuesto disponible. También el transporte marítimo ecuatoriano experimenta transformaciones estratégicas con la llegada de nuevas rutas internacionales y fluctuaciones significativas en costos logísticos. Las principales navieras operativas, rutas comerciales y estructuras tarifarias vigentes en la actualidad tienen rutas marítimas clave como la Nueva Ruta China-América Latina (Servicio AC2) que mantiene operadores con consorcio de navieras chinas siendo su trayecto Puerto de Dalian (China) → Guayaquil (Ecuador) → Callao (Perú) → Buenaventura (Colombia), con duración de 25 días 7 veces más rápido que rutas tradicionales, y su carga principal de exportación de camarones, banano y frutas tropicales a China; importación de vidrio, acero y vehículos. Otra ruta es ZIM Colibrí Express (Servicio Regional) siendo el mismo operador su trayecto es Costa Oeste Sudamérica → Costa Este EE.UU, con frecuencia de dos recaladas semanales a Guayaquil y capacidad de 1,700 TEUs por buque exportando productos estratégicos como el banano (45% de la carga), camarón (30%), madera de balsa (15%). También, la ruta Maersk ECUMED con su línea operadora con cobertura Ecuador → Mediterráneo (España, Italia, Grecia) y buques de clase triple-E con capacidad para 18,000 TEUs. (MMTTOOPP, 2024).

Tabla 1. Principales Líneas Navieras Internacionales en Ecuador

Naviera	País	Participación Mercado	Rutas Principales
Maersk	Dinamarca	34%	Asia-Pacífico, Europa, EE. UU.
CMA CGM	Francia	22%	Ruta de la Seda Marítima (China-Ecuador)
ZIM	Israel	18%	ZIM Colibrí Express (Regional)

Naviera	País	Participación Mercado	Rutas Principales
COSCO Shipping	China	15%	Nueva Ruta Dalian-Guayaquil

Importante mencionar los cargos adicionales que por ejemplo Maersk Line en destino Posorja están los *Handling Fee* en \$190/contenedor, *Free Time* en ocho días para DRY y luego \$115/día para 20', en cambio con destino Guayaquil está la *demora post-free time* \$140/día para 20' DRY desde día 22. Para este caso, se expone el ejemplo de una importación de Maquinaria desde Shanghái un contenedor 40' High Cube están en \$10,200 (flete) más \$2,300 (seguro) más \$4,800 (aranceles), con tránsito de 28 días vía COSCO Shipping. En el caso de la exportación de camarón a Hamburgo un contenedor 40' Reefer está en \$16,000 el flete + \$1,850 (certificaciones sanitarias) más tarifa ZIM 12% más económica vs CMA CGM para esta ruta. En el envío de Banano a Florida un contenedor 40' Dry \$5,600 (flete) + \$900 (logística portuaria), más el ahorro con ZIM \$1,200 vs tarifas tradicionales. Pero, no se debe dejar a un lado factores que impactan costos como la crisis del Canal de Panamá que ha reducido el tránsito diario de 36 a 24 buques (2024), incrementando fletes Asia-Ecuador en 18% a 25%, mas los tributos al comercio exterior, la seguridad logística y transporte internos. La tendencia de la inversión asiática, la digitalización y la sostenibilidad es un escenario dinámico posiciona a Ecuador como nodo estratégico en el Pacífico Sur siguiendo la gestión de optimización en sus operaciones portuarias y modernización de infraestructura (APG, 2025).

2.4.2 Transporte Aéreo: Carga Urgente, Hubs Regionales.

Ecuador ha fortalecido su infraestructura aérea para posicionarse como un nodo estratégico en el transporte internacional de carga, entre los principales aeropuertos clave están Quito y Guayaquil y una red de rutas que conectan con mercados globales. Entre los principales operadores están Avianca cargo, Latam cargo, DHL Aviation, UPS Airlines, Turkish Cargo y Aereo Express. Con destinos a Colombia, Chile, Alemania, Estados Unidos, Turquía y resto del mundo, con productos flores, camarones, comercio electrónico, courier y productos farmacéuticos. Detallando rutas de carga urgente con principales corredores Quito → Miami, con sus operadores UPS, LATAM Cargo, en un tiempo de seis a ocho horas vía Panamá o Bogotá exportando producto de flores (rosas, claveles), productos médicos urgentes; la ruta Guayaquil → Ámsterdam con los operadores KLM Cargo y Martinair en un tiempo de 14 horas con conexión en Bogotá exportando camarón y cacao premium; la ruta Quito → Panamá con frecuencia de seis vuelos semanales y capacidad de 20-30 toneladas por aeronave como el Boeing 757-200F (Quiport, 2025).

Para envío de muestras médicas desde Quito a Madrid en 48 horas vía DHL (€12.50/kg para 100 kg) se cuenta con los hubs regionales, como el aeropuerto Mariscal Sucre con una carga anual de 250,000 toneladas en el 2024 una infraestructura con una pista de 4,100 m apta para Boeing 747-8F y almacenes con una área de 42,000 m² con cámaras frigoríficas donde su temperatura oscila entre -25°C a +25°C. y, además

proyectos de ampliación de terminal de carga de 10,000 m² adicionales para 2026. Mientras, que en el aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil, con carga anual de 70,000 toneladas (2024) servicios clave que ofrece el Terminal de Cargas Ecuador (TCE) con 14,400 m² para Courier y e-commerce, además de centro de distribución de combustible con 2.1 millones de galones de almacenamiento (TAGSA, 2025).

Para estimar los costos de exportación por vía aérea, se expone el caso de las tarifas desde Madrid a Quito que de 2,2 a 3,5 euros por kilo, esto dependerán a mayor cantidad de kilos el costo disminuye, aplicando la economía de escala, a esto se debe sumar otros valores anteriormente mencionados como el despacho de aduana, traslado, certificados, empaques, seguros y demás. Otro caso puede ser las exportación rosas a Miami que puede estar el kilo en 4,20 dólares más impuestos, tramites y demás. Por este motivo, es necesario que la logística tenga otra visión, siguiendo tendencias y retos como la digitalización con el uso del lockchain para reducir tiempos de despacho en un 40%, la sostenibilidad con incentivos del 15% en tarifas para cargadores que usen biocombustibles y desafíos en disminuir la congestión aérea con retrasos del 20% en horarios pico y costos logísticos que representan el 18% del valor de las exportaciones. De esta forma, el Ecuador, consolida su posición como hub de carga en Sudamérica mediante alianzas estratégicas (DHL, Turkish Cargo) y modernización de infraestructura. Para optimizar costos, se recomienda a los exportadores utilizar servicios consolidados para envíos menores de 500 kg y negociar tarifas por volumen con operadores como LATAM Cargo o Avianca. La proyección de Quito como centro logístico regional dependerá de su capacidad para integrar tecnologías 4.0 y reducir tiempos de operación (Quiport, 2025).

2.4.3 Transporte Multimodal en el Ecuador y su Importancia para las Exportaciones.

El transporte multimodal en Ecuador es un componente crucial para el desarrollo económico y la facilitación de exportaciones. Este sistema de transporte combina diferentes modos de transporte, como el marítimo, fluvial, ferroviario y terrestre, para optimizar la logística y reducir costos. El transporte multimodal es esencial para mejorar la eficiencia logística y reducir los costos de exportación en Ecuador. La ruta Manta-Manaos, por ejemplo, sigue siendo proyecto, para conectar el puerto de Manta en el Pacífico con Manaos en Brasil a través de transporte fluvial, ofreciendo una alternativa más económica y rápida al Canal de Panamá para el transporte de productos ecuatorianos hacia Brasil y Asia. Este corredor multimodal se pensó facilitar el acceso a nuevos mercados y promover el desarrollo económico y mejora el nivel de vida de la población (Véliz, Chico-Santamarta, & Ramirez, 2022).

El desarrollo del transporte multimodal en Ecuador ha sido impulsado por la necesidad de mejorar la conectividad y la eficiencia en el transporte de mercancías. A pesar de los desafíos legales y la falta de regulaciones uniformes, el país ha avanzado en la implementación de infraestructuras y políticas que apoyan este tipo de transporte de forma lenta. La inauguración del corredor fluvial Manta-Manaos en 2011 marcó un hito importante en la evolución del transporte multimodal en Ecuador, permitiendo el transporte regular de carga seca, pero que aún no se desarrolla con el 100% que se esperaba (Piloso, 2019).

En la evolución del transporte multimodal en Ecuador concerniente al marco institucional inicial, en el 2007, con la creación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), con esfuerzos para estructurar políticas de transporte multimodal. El Plan Gestión Multimodal de Transporte (2008) buscó integrar modos de transporte bajo un sistema nacional, alineado con el Plan Nacional de Desarrollo. Pese a estos avances conceptuales, Ecuador aún carece de normativa específica y un Organismo Nacional Competente (ONC) para regular operadores de transporte multimodal (OTM), lo que limita su implementación efectiva. La infraestructura histórica tradicionalmente, Ecuador dependió del puertos marítimos de Guayaquil y una red vial de 9,997 km pavimentados un 23% de la red total, con corredores como la Ruta del Spondylus. En las vías de ferrocarriles se tienen 965 km de vías, principalmente turísticas, sin integración eficiente con otros modos. En la actualidad, se tiene proyectos emblemáticos, el terminal portuario de puerto de Posorja DP World, con inversión de USD 140 millones en su Fase II, con capacidad para 900,000 TEUs en 2024. Opera como nodo de aguas profundas para buques Post-Panamax. Mas la hoja de ruta logística 2019 con inversión de USD 4,250 millones hasta 2030, enfocada en nodos logísticos como Santo Domingo y Quevedo para consolidar carga y la digitalización de implementación de blockchain para reducir tiempos de despacho aduanero en 40% (Véliz et al., 2022).

La infraestructura operativa están los terminales portuarios de Guayaquil con el 85% de carga no petrolera y Posorja lideran las exportaciones de banano, camarón y flores. El aeropuertos Mariscal Sucre (Quito) y José Joaquín de Olmedo (Guayaquil) manejan 250,000 y 70,000 toneladas de carga anual, respectivamente. La red vial tiene 57 corredores nacionales, aunque solo el 12.98% son primarios. De esta forma, el transporte multimodal es importante para las exportaciones porque impacta directamente en la competitividad con la reducción de costos logísticos, donde actualmente representan 17.9% de las ventas totales vs. 14.5% en Latinoamérica. Un ejemplo práctico es la exportación de banano a Europa donde el uso combinado camiones, que va de Guayaquil a Posorja y buques refrigerados reduce costos en 20% frente a métodos tradicionales. Esto es un tema para la atracción de inversiones con líneas navieras CMA CGM y Maersk han expandido rutas a Ecuador, aprovechando su ubicación geoestratégica en el Pacífico (CAMA E, 2025).

Con todos estos punto, existe desafíos persistentes, como en el ámbito regulatorio la ausencia de leyes que regulen a los OTM y un ONC para supervisar operaciones, también se de sumar la fragmentación aduanera entre regiones, con trámites que demoran hasta 48 horas. La infraestructura de ferrocarriles con solo el 15% de las vías están operativas para carga y conexiones intermodales que limitan la integración entre puertos, aeropuertos y centros de producción. No debe pasar por alto, los costos elevados en la operación y total de los contenedores vacíos y llenos (Figueroa, Lerma, Fuentes, & Ojeda, 2019).

El transporte multimodal sigue siendo tema de oportunidad al contar con el TLC con China en manejar un potencial para exportar 500,000 toneladas adicionales de camarón y banano usando rutas directas como Dalian-Guayaquil. La tecnologías con plataforma digitales para consolidar cargas PYME y reducir tiempos de tránsito y la sostenibilidad con en fletes para uso de biocombustibles en transporte marítimo y aéreo. Por esto, es importante, fortalecer normativa creando una ley de transporte multimodal y establecer el ONC en 2026, invertir en ferrocarriles reactivando vías como Quito-Guayaquil

para carga pesada y la integración regional para mejorar los corredores bioceánico (Piloso, 2019).

El transporte multimodal en Ecuador enfrenta varios desafíos, incluyendo la necesidad de mejorar la infraestructura y la conectividad entre diferentes modos de transporte. La optimización de redes de transporte, como se ha demostrado en estudios de casos en regiones amazónicas, puede ofrecer ahorros significativos en costos y mejorar la eficiencia logística. Además, es crucial desarrollar un marco regulatorio más sólido que facilite la resolución de conflictos y promueva el crecimiento del transporte multimodal. El transporte multimodal en Ecuador es vital para potenciar las exportaciones y el desarrollo económico del país. Aunque se han logrado avances significativos, es necesario continuar mejorando la infraestructura y las regulaciones para maximizar los beneficios de este sistema de transporte (Figuerola et al., 2019).

2.5 Normativas y Regulaciones del Comercio Exterior: - Proceso Aduanero, Requisitos Fitosanitarios y Certificaciones.

Ecuador cuenta con un marco regulatorio integral que garantiza la seguridad, eficiencia y cumplimiento de las operaciones de comercio exterior. Para ello, dispone de una gama de organismos gubernamentales y leyes que regulan los procesos clave, los requisitos y las certificaciones, en concordancia con normativas nacionales e internacionales. Entre los principales aspectos que se aplican en la logística y el comercio internacional se encuentran los procesos aduaneros, los requisitos fitosanitarios, las certificaciones y otros elementos fundamentales (MIPRO, 2025).

Los procesos aduaneros en Ecuador están regulados principalmente por el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI) y por las normativas emitidas por el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE). Estas regulaciones permiten controlar, verificar y autorizar la entrada y salida de mercancías del país. Entre las principales fases se encuentran el registro de importadores y exportadores, tanto personas naturales como jurídicas, quienes deben inscribirse en el sistema ECUAPASS del SENAE para ser calificados como Operadores de Comercio Exterior (OCE). Otro aspecto clave es la clasificación arancelaria, que determina la nomenclatura de las mercancías según el Sistema Armonizado de Codificación, con el fin de identificar los tributos aplicables y las medidas no arancelarias correspondientes. La declaración aduanera se realiza de forma electrónica mediante ECUAPASS e incluye información detallada sobre la mercancía, su valor, origen y documentos de respaldo. A esto le sigue la inspección y aforo, que puede ser documental, físico o automático, según el perfil de riesgo asignado por el SENAE. Asimismo, se deben efectuar los pagos correspondientes a aranceles, IVA, FODINFA, entre otros tributos, antes de proceder con el levante de mercancía, que constituye la autorización final para la entrada o salida de la carga desde las aduanas (COPCI, 2012).

En cuanto a los requisitos fitosanitarios, estos están regulados por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (AGROCALIDAD), la cual establece las condiciones para que los productos agrícolas, pecuarios y forestales cumplan con normas sanitarias y no representen riesgos para la salud pública o el medio ambiente. Entre los requisitos principales se encuentra el certificado fitosanitario de exportación, necesario para productos vegetales, el cual se obtiene en AGROCALIDAD. También se requieren

permisos de importación previos al embarque para productos agropecuarios. Las inspecciones en fronteras permiten verificar la ausencia de plagas, enfermedades o contaminación, siguiendo protocolos bilaterales establecidos con países como Estados Unidos o miembros de la Unión Europea. Estas disposiciones buscan asegurar la trazabilidad, el control de la cadena de producción y la garantía de calidad e inocuidad (COMEX, 2020).

Las certificaciones juegan un papel fundamental para acceder a mercados internacionales, cumplir con exigencias del país de destino y demostrar buenas prácticas empresariales. Entre las más destacadas están las certificaciones de gestión de calidad (ISO 9001), medio ambiente (ISO 14001), seguridad alimentaria (ISO 22000), responsabilidad social (SA 8000), entre otras. Asimismo, existen certificaciones específicas como la Kosher o Halal, requeridas para acceder a mercados con requisitos religiosos. Los certificados de origen, emitidos por las Cámaras de Comercio, COMEXPORT o el MIPRO, permiten acceder a beneficios arancelarios en el marco de acuerdos comerciales. La certificación orgánica avala que el producto ha sido cultivado sin químicos ni pesticidas sintéticos, mientras que las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son exigidas especialmente en el sector agroexportador. Por otro lado, la certificación de Operador Económico Autorizado (OEA), otorgada por el SENA, otorga a las empresas confiables beneficios en la facilitación de procesos aduaneros (SENA, 2025).

Existen también otras certificaciones y regulaciones de carácter público que influyen en el comercio exterior, emitidas por entidades sectoriales y relacionadas con acuerdos internacionales. Las normas del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), mediante los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos, establecen requisitos obligatorios de calidad y seguridad para determinados productos. Las licencias previas de importación o exportación aplican a productos sensibles como medicamentos, alcohol, sustancias químicas o tecnología, y son emitidas por instituciones como ARCOSA, ARCOTEL, entre otras. Estas normas también permiten al gobierno ejercer control de precios o establecer cupos en sectores estratégicos. En el ámbito internacional, Ecuador es parte de tratados como la CAN, ALADI, el TLC con Chile, el acuerdo con la EFTA, con el Reino Unido y el Acuerdo Multipartes con la Unión Europea. Cada uno de estos instrumentos establece reglas específicas de origen, documentación y preferencias arancelarias.

De esta forma, comercio exterior ecuatoriano opera dentro de un sistema normativo complejo, pero bien estructurado, que busca equilibrar el control estatal con la facilitación del comercio. La política pública en esta materia es definida por el Comité de Comercio Exterior (COMEX), responsable de establecer regulaciones, contingentes arancelarios y salvaguardias. En este contexto, es fundamental que los Operadores de Comercio Exterior cumplan con todos los requisitos legales, con el fin de evitar sanciones, demoras o pérdidas económicas. Para las empresas importadoras y exportadoras, el cumplimiento normativo no solo asegura la legalidad de sus operaciones, sino que además puede convertirse en una ventaja competitiva estratégica (MIPRO, 2025).

2.6 Análisis Comparativo del Tráfico Marítimo de Contenedores entre Ecuador, Perú y Colombia.

El tráfico marítimo de contenedores es un indicador clave de la eficiencia logística, el dinamismo comercial y la competitividad portuaria de un país. En América del Sur, Ecuador, Perú y Colombia compiten regionalmente por atraer mayores volúmenes de carga contenerizada, mejorar su infraestructura y optimizar sus procesos portuarios. La comparación del desempeño de estos tres países en cuanto al movimiento de contenedores, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades estratégicas.

2.6.1 Infraestructura Portuaria y Principales Terminales

Ecuador concentra su tráfico marítimo en el Puerto de Guayaquil, especialmente en las terminales privadas como Contecon Guayaquil y DP World Posorja. A pesar de limitaciones en calado y accesibilidad fluvial en Guayaquil, la incorporación de nuevas tecnologías y concesiones privadas ha mejorado la eficiencia operativa. El puerto de Posorja, por su parte, ofrece calado profundo y conexión directa al mar abierto. Para Perú se destaca con el Puerto del Callao, que ha recibido importantes inversiones privadas en modernización (como APM Terminals y DP World Callao). Su ubicación estratégica y conexión vial a Lima y el resto del país fortalecen su rol como hub regional. También se está desarrollando el megaproyecto del Puerto de Chancay, con participación de capital chino, lo cual promete posicionar al país como punto clave del comercio transpacífico. En tanto, Colombia posee puertos competitivos tanto en el Caribe como en el Pacífico. En el Caribe se encuentran los puertos de Cartagena y Barranquilla, mientras que en el Pacífico destaca el Puerto de Buenaventura. Cartagena se consolida como uno de los principales hubs logísticos de la región, gracias a sus profundidades, tecnología y conectividad internacional (CAMA E, 2025).

2.6.2 Factores que Impacta en la Competitividad Portuaria

Hasta años recientes, Colombia ha liderado el tráfico de contenedores en la región andina, especialmente desde Cartagena, seguido por Perú y finalmente Ecuador. Sin embargo, Ecuador ha mostrado mejoras sostenidas en la eficiencia operativa de sus terminales, pese a limitaciones físicas y regulatorias. Según información de la Banco Mundial (BM) en la actualidad el movimiento de TEUs está en Colombia con 3,5 millones, Perú con 2,7 millones y Ecuador 1,9 millones respectivamente. De esta forma, los factores que impactan la Competitividad Portuaria están las políticas regulatorias y facilitación del comercio, como es el caso de Perú y Colombia han avanzado en procesos de digitalización aduanera e integración con sistemas logísticos internacionales. Ecuador, con ECUAPASS, ha realizado esfuerzos similares, aunque aún enfrenta críticas por tiempos de despacho y burocracia. Además, Ecuador tiene los costos logísticos y tarifas portuarias más altos de la región, lo que afecta la competitividad exportadora. En contraste, Colombia y Perú han logrado atraer más carga en tránsito por sus tarifas competitivas y acuerdos bilaterales. También se debe mencionar la inversión en infraestructura donde lo privado han aportado para el desarrollo portuario, aquí se debe mencionar el caso de Perú que ha sido más agresivo en los últimos años, especialmente con Chancay, que busca posicionarse como un mega puerto regional (Gplogistic, 2025).

El análisis comparativo evidencia que Ecuador ha logrado importantes avances, pero que aún enfrenta desafíos estructurales y regulatorios que limitan su competitividad frente a Perú y Colombia. La diversificación de terminales portuarios como en Posorja, la reducción de costos logísticos, la mejora de conectividad terrestre y la modernización de procesos aduaneros son claves para que Ecuador incremente su participación en el tráfico regional de contenedores. Es necesario que se fortalezca las alianzas público-privadas, promover incentivos para la inversión portuaria sostenible y avanzar hacia un sistema logístico nacional más integrado y competitivo. El desarrollo equilibrado de los corredores logísticos en todas las regiones también será esencial para mejorar el desempeño general del comercio exterior ecuatoriano (Naportec, 2025).

CAPÍTULO 3

SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La sostenibilidad en la cadena de suministro es un tema crucial para el desarrollo económico y social de Ecuador, especialmente en sectores agrícolas como el cacao y la floricultura. En la cadena de suministro del cacao en Ecuador, se identifican la lógica comercial, que se centra en el acceso al mercado y la trazabilidad del producto, y la lógica de sostenibilidad, que valora el desarrollo local y las tradiciones culturales. Estas lógicas influyen en el desempeño de sostenibilidad de los proveedores, siendo el desarrollo de proveedores el subproceso más relevante en este contexto. Los productores de cacao en Ecuador, especialmente los kichwas en la región amazónica, enfrentan desafíos significativos debido a la falta de capital físico y financiero, y el acceso limitado a mercados internacionales. Esto limita su capacidad para realizar mejoras significativas y aprovechar su potencial, incluyendo su sistema de producción natural y capital social. Un estudio sobre 103 empresas ecuatorianas revela una relación significativa entre la adopción de prácticas sostenibles y el tamaño de las empresas. Las grandes corporaciones tienden a alinear sus informes de sostenibilidad con la Iniciativa de Reporte Global (GRI), destacando la importancia de los derechos laborales y el bienestar de los empleados como dimensiones sociales prominentes (Pilacuan, et al., 2024).

La industria florícola de Ecuador, una de las mayores productoras de flores a nivel mundial, enfrenta el desafío de gestionar residuos ambientales perjudiciales. Se enfatiza la necesidad de implementar prácticas sostenibles para reducir el impacto ambiental, como minimizar el uso de agua y desarrollar tecnologías energéticamente eficientes. La implementación de la economía circular en la cadena agroalimentaria de la pitahaya en Ecuador es baja, lo que requiere mejoras en la gestión agroalimentaria y el procesamiento de frutas. Se proponen estrategias para aumentar la competitividad y mejorar el desempeño ambiental, promoviendo la economía circular en esta cadena de producción. Por lo tanto, la sostenibilidad en las cadenas de suministro ecuatorianas enfrenta múltiples desafíos, desde la integración de productores ancestrales en el mercado global hasta la implementación de prácticas sostenibles en industrias clave. Existen oportunidades significativas para mejorar la sostenibilidad a través de la adopción de prácticas innovadoras y la promoción de la economía circular, lo que podría contribuir al desarrollo económico y social del país (Bravo, 2021).

3.1 Conceptos Clave de la Logística Sostenible

En un contexto donde la sostenibilidad se ha convertido en prioridad global, el sector logístico emerge como un actor fundamental en la transición hacia modelos de negocio más responsables con el entorno social y ambiental. La logística sostenible representa un cambio de paradigma que trasciende la tradicional búsqueda de eficiencia operativa para incorporar consideraciones medioambientales y sociales en toda la cadena de suministro. La logística sostenible constituye un enfoque integral para la gestión de la cadena de suministro que busca optimizar los procesos logísticos considerando simultáneamente el impacto ambiental, social y económico de todas las actividades involucradas en el proceso. Este modelo trata de la eficiencia operativa tradicional para incorporar prácticas que permitan reducir el consumo de recursos naturales, minimizar los residuos

generados y las emisiones contaminantes, así como mejorar la eficiencia global de la cadena de suministro, sin comprometer la calidad del servicio al cliente. Desde una perspectiva más amplia, la logística sostenible puede entenderse como un método de diseño e implementación de la gestión de la Cadena de Suministro que respeta las razones económicas mientras minimiza la carga ambiental en la red de distribución. Esta conceptualización refleja la triple dimensión de la sostenibilidad corporativa: medio ambiente, sociedad y economía, reconociendo que estos tres pilares deben estar en equilibrio para lograr una verdadera sostenibilidad (Lazar et al., 2021).

3.1.1 Diferenciación entre Conceptos Relacionados

Es importante distinguir entre varios conceptos que, aunque relacionados, tienen enfoques y objetivos diferentes. La Logística sostenible abarca el conjunto integral de prácticas que buscan equilibrar los aspectos económicos, ambientales y sociales de toda la cadena de suministro. La logística medioambiental o verde se centra específicamente en reducir el impacto ambiental de las actividades logísticas, desde la producción y el almacenamiento hasta la distribución y el transporte; algunas estrategias en este ámbito incluyen el uso de vehículos menos contaminantes, la optimización de rutas y la reducción de emisiones. Mientras que la Logística inversa es complementaria a las anteriores, se enfoca en aspectos particulares como la gestión de devoluciones, reciclaje y reutilización de materiales al final de la cadena logística. La comprensión de estas diferencias es fundamental para implementar una estrategia logística verdaderamente sostenible que incorpore elementos de cada uno de estos enfoques (Richnák & Fidlerová, 2022).

Logística Sostenible se centra en integrar prácticas que consideren los impactos sociales, económicos y ambientales en toda la cadena de suministro, su objetivo es minimizar el impacto ambiental mientras se mantienen los beneficios económicos y sociales. La logística verde se enfoca específicamente en reducir el impacto ambiental de las actividades logísticas, esto incluye la implementación de prácticas que disminuyan las emisiones de CO₂, el uso de energías renovables y la mejora de la eficiencia en el uso de recursos, además es una parte integral de la logística sostenible, ya que contribuye directamente a los objetivos de sostenibilidad ambiental. La logística inversa se refiere al proceso de gestionar el retorno de productos desde el consumidor final hacia el fabricante para su reciclaje, reutilización o disposición final, este proceso ayuda a recuperar valor económico y reduce el impacto ambiental al minimizar los desechos y es un componente crucial tanto de la logística verde como de la logística sostenible, ya que promueve la reutilización y el reciclaje (Ju et al., 2023).

La logística verde y la logística inversa son componentes de la logística sostenible, ambas buscan reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia de recursos. La logística inversa puede ser vista como una extensión de la logística verde, enfocándose en el retorno y reciclaje de productos. La implementación de prácticas de logística verde e inversa contribuye significativamente a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Por lo tanto, la logística sostenible abarca un enfoque holístico que incluye tanto la logística verde como la inversa. Mientras que la logística verde se centra en reducir el impacto ambiental de las operaciones logísticas, la logística inversa se ocupa de la gestión eficiente de los productos al final de su ciclo de vida. Juntas, estas prácticas contribuyen a una cadena de suministro más sostenible y responsable (Wu & Zhao, 2022).

3.1.2 Objetivos y Principios de la Logística Sostenible

La logística sostenible persigue objetivos específicos que equilibran las consideraciones económicas, ambientales y sociales:

a. Reducción del impacto ambiental

Uno de los principales objetivos es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes derivados del transporte, almacenamiento y manejo de mercancías⁵. Esto se logra mediante el uso de energías renovables, vehículos eficientes, diseño de rutas óptimas y sistemas de reciclaje. La implementación de modalidades alternativas de transporte como la electrificación, el hidrógeno verde, los combustibles sintéticos o el gas natural refleja el compromiso del sector con la descarbonización (Richnák & Fidlerová, 2022).

b. Optimización de recursos

La gestión sostenible busca optimizar el uso de recursos naturales y materiales, evitando el desperdicio y la sobreproducción. Esto implica fomentar la economía circular, el ecodiseño y la reutilización de envases para minimizar el impacto ambiental a lo largo de toda la cadena de valor (Lazar et al., 2021).

c. Mejora de condiciones sociales

Un aspecto fundamental es la mejora de las condiciones laborales y sociales de los trabajadores y comunidades involucradas en la cadena de suministro⁵. Esto incluye garantizar el cumplimiento de los derechos humanos, la seguridad y salud ocupacional, así como la participación e inclusión de grupos vulnerables (Ju et al., 2023).

d. Rentabilidad y competitividad

La logística sostenible no sacrifica la viabilidad económica, sino que busca aumentar la rentabilidad y competitividad de las empresas mediante la oferta de productos y servicios de calidad, innovadores y diferenciados. Este enfoque genera valor añadido para todos los actores de la cadena, demostrando que sostenibilidad y rentabilidad pueden y deben coexistir (Richnák & Fidlerová, 2022).

3.1.3 Relación entre la Logística Sostenible y los ODS

El marco general de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen una agenda global adoptada por la ONU en 2015 con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la paz y prosperidad para todos. Esta hoja de ruta global abarca 17 objetivos y 169 indicadores específicos que deben alcanzarse para el año 2030. Para la industria logística, estos objetivos representan no solo una responsabilidad, sino también una oportunidad para transformar su modelo operativo y contribuir activamente a la sostenibilidad global⁶. La cadena de suministro, con su intrincada red de actores y procesos, tiene un impacto significativo en el consumo de recursos, las emisiones de carbono y las condiciones sociales a lo largo de su recorrido (ONU, 2015).

Varios objetivos están directamente relacionados con los servicios de transporte y logística:

- a. ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura): La optimización de infraestructuras logísticas y la incorporación de innovaciones tecnológicas contribuyen directamente a este objetivo.
- b. ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles): La logística urbana sostenible juega un papel crucial en la creación de entornos urbanos más habitables y menos contaminados.
- c. ODS 12 (Producción y consumo responsables): La gestión eficiente de recursos, la minimización de residuos y la promoción de prácticas circulares en la cadena de suministro son esenciales para este objetivo.
- d. ODS 13 (Acción por el clima): La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las operaciones logísticas contribuye directamente a la lucha contra el cambio climático.

3.1.4 Implementación en el Sector Logístico y los ODS

La alineación del sector logístico con los ODS es una tendencia creciente. Según el Barómetro del Círculo Logístico, el 94,5% de los departamentos de logística de la industria española afirma realizar prácticas encaminadas a lograr la consecución de dichos objetivos. Este dato refleja el compromiso generalizado del sector con la agenda de sostenibilidad. De esta forma, las estrategias de Implementación de la Logística Sostenible están en la transición hacia una logística verdaderamente sostenible requiere la adopción de estrategias específicas en diversas áreas:

a. Innovación tecnológica

La incorporación de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), el Machine Learning o el Internet de las Cosas (IoT) contribuye significativamente a ofrecer un transporte más eficiente y a reducir su impacto ambiental. Estas herramientas permiten optimizar rutas, predecir demandas y gestionar inventarios de forma más precisa, reduciendo desperdicios y emisiones innecesarias (Bailey, 2022).

b. Reducción de la huella de carbono

La industria logística puede reducir su huella de carbono mediante diversas iniciativas, incluyendo la electrificación de flotas, la optimización de rutas y la adopción de combustibles alternativos. El transporte, como elemento central de la logística sostenible, representa el área donde los cambios serán más visibles e inmediatos, particularmente en la reducción de emisiones de CO₂ y gases de efecto invernadero (Lazar et al., 2021).

c. Diseño de instalaciones sostenibles

Los almacenes y centros de distribución sostenibles constituyen otro pilar fundamental. Las decisiones sobre número, ubicación y capacidad de las instalaciones logísticas determinan en gran medida la intensidad del transporte en la red logística

general⁴. Un diseño adecuado puede reducir significativamente las distancias de transporte, mejorar la utilización de recursos y facilitar el acceso a modos de transporte menos intensivos en energía (Richnák & Fidlerová, 2022).

d. Colaboración con socios estratégicos

El compromiso con la sostenibilidad debe extenderse más allá de las operaciones internas, abarcando toda la cadena de valor. La selección de socios y proveedores que comparten políticas ecológicas similares y el desarrollo económico de las comunidades locales son aspectos cruciales de una estrategia logística verdaderamente sostenible (Ju et al., 2023).

La logística sostenible representa un cambio paradigmático en la gestión de la cadena de suministro, integrando consideraciones ambientales, sociales y económicas en todas las operaciones logísticas. Su alineación con los ODS responde a imperativos éticos y regulatorios y también ofrece oportunidades significativas para la innovación, la eficiencia y la competitividad empresarial. La transición hacia modelos logísticos más sostenibles requiere un enfoque integral que considere todos los aspectos de la cadena de suministro, desde el diseño y ubicación de instalaciones hasta la selección de modos de transporte y la gestión de residuos. Las empresas que logren implementar efectivamente estrategias de logística sostenible no solo contribuirán a la consecución de los ODS, sino que también estarán mejor posicionadas para responder a las demandas de consumidores cada vez más conscientes del impacto ambiental de sus decisiones de compra. En un futuro próximo, la implementación de soluciones logísticas respetuosas con el medio ambiente podría pasar de ser una ventaja competitiva para convertirse en un requisito obligatorio. Esta realidad subraya la importancia estratégica de integrar la sostenibilidad en el núcleo de todas las operaciones logísticas, preparando a las empresas para prosperar en un entorno empresarial cada vez más consciente de su responsabilidad con el planeta y la sociedad (Dovbischuk, 2021).

3.2 Prácticas Sostenibles en la Cadena de Suministro

La cadena de suministro sostenible ha emergido como un pilar fundamental para las empresas que buscan equilibrar la eficiencia operativa con la responsabilidad ambiental y social. Este enfoque integral considera los costos tradicionales e incorpora variables como las condiciones laborales, el tratamiento de residuos, las emisiones de carbono y el impacto en comunidades locales. Entre las estrategias más relevantes destacan el transporte intermodal, la adopción de energías limpias y la reducción sistemática de la huella de carbono. Estas prácticas mitigan riesgos operativos y reputacionales y generan ahorros, fomentan la innovación y responden a las demandas de clientes e inversores. De esta manera, el marco conceptual de la sostenibilidad en la cadena de suministro trasciende muchas más que la optimización de costos y plazos de entrega. Según el pacto mundial de Naciones Unidas, este concepto se articula en tres dimensiones: reducción de riesgos asociados a prácticas insostenibles, mejora de la eficiencia productiva y creación de ventajas competitivas a través de la innovación. Por ejemplo, las interrupciones causadas por proveedores que incumplen estándares laborales o ambientales pueden generar pérdidas millonarias, mientras que la implementación de tecnologías limpias reduce la dependencia de combustibles fósiles y sus fluctuaciones de precios. Un aspecto crítico es la medición del impacto ambiental, particularmente a través de la huella de

carbono. Las emisiones de la cadena de suministro representan hasta el 92% del total de gases de efecto invernadero (GEI) generados por una empresa, superando en 11.4 veces las emisiones operativas directas. Esta realidad ha impulsado marcos normativos como los estándares del Consejo Internacional de Normas de Sostenibilidad, que exigen reportar las emisiones de Alcance 3, aquellas indirectas derivadas de actividades como la adquisición de materiales o la distribución de productos (Abuzawida et al., 2023).

3.2.1 Transporte Intermodal: Eficiencia Logística con Bajo Impacto Ambiental

El transporte intermodal ha surgido como una solución clave para descarbonizar la logística. Este sistema combina múltiples modos de transporte como el ferrocarril, barco y camión manteniendo la carga en contenedores estandarizados ISO durante todo el trayecto. La principal ventaja radica en su eficiencia como por ejemplo el ferrocarril emite hasta un 75% menos CO₂ por tonelada-kilómetro que el transporte por carretera, mientras que las rutas marítimas son aún más eficientes en distancias transcontinentales (Centobelli et al., 2023).

La intermodalidad aprovecha las fortalezas de cada modo de transporte, por ejemplo, el ferrocarril se utiliza para tramos largos entre hubs logísticos, mientras que los camiones cubren la última milla hacia destinos sin acceso directo a vías férreas. Este enfoque reduce los tiempos de carga/descarga, minimiza daños a la mercancía y disminuye los costos de combustible hasta un 40% en comparación con el transporte unimodal por carretera. Además, la previsibilidad de los horarios ferroviarios mejora la planificación de inventarios, reduciendo la necesidad de almacenamiento intermedio. Desde la perspectiva ambiental, un estudio de la Comisión Europea estima que sustituir el 30% del transporte de mercancías por carretera con ferrocarril reduciría las emisiones del sector logístico en 290 millones de toneladas de CO₂ anuales para 2030. Empresas como DB Schenker y Maersk ya han implementado corredores intermodales en Europa y Asia, logrando reducciones del 25-30% en su huella de carbono logística (Sánchez et al., 2020).

La adopción de energías renovables está transformando las operaciones logísticas, las fuentes limpias como la solar, eólica, hidráulica y biomasa ofrecen ventajas como estabilidad de precios, independencia energética y cumplimiento de normativas ambientales. En 2024, el costo nivelado de la energía solar fotovoltaica cayó a \$0.048/kWh, haciéndola competitiva frente a los combustibles fósiles en el 90% de los países (Al-Okaily, 2024).

3.2.2 Aplicaciones Prácticas en Almacenamiento y Distribución

Los centros logísticos están instalando paneles solares en techos y estacionamientos para alimentar sistemas de automatización, iluminación LED y vehículos eléctricos (EVs). Amazon, por ejemplo, opera más de 150 instalaciones solares a nivel global, generando 1.1 GW de capacidad renovable. Paralelamente, la energía eólica se integra en puertos y hubs intermodales: el Puerto de Rotterdam cuenta con aerogeneradores que cubren el 40% de su demanda eléctrica. En el transporte de última milla, la electrificación de flotas avanza rápidamente. Los EVs comerciales reducen las emisiones operativas a cero y tienen costos de mantenimiento un 60% menores que los diésel. Empresas como

DHL han desplegado más de 27,000 vehículos eléctricos en 2025, evitando 350,000 toneladas de CO₂ anuales. Sin embargo, persisten desafíos como la autonomía limitada (200-300 km por carga) y la necesidad de infraestructura de recarga rápida (Wu & Zhao, 2022).

En Ecuador, las prácticas sostenibles en almacenamiento y distribución pueden aplicarse de varias maneras, aprovechando estrategias que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la eficiencia operativa. Para esto, se presentan la optimización de almacenamiento con implementación de manuales de Buenas Prácticas en el sector farmacéutico, donde las farmacias han elaborado manuales para garantizar el correcto almacenamiento y distribución de medicamentos, reduciendo pérdidas económicas por deterioro y caducidad. La gestión eficiente de espacio para utilizar sistemas de almacenamiento vertical y automatizado puede maximizar el uso del espacio, reducir costos y mejorar la trazabilidad de productos. Las energías renovables en almacenes con el uso de energía solar instalando paneles solares en techos de almacenes para alimentar sistemas de iluminación LED y equipos de refrigeración, reduciendo la dependencia de la red eléctrica y las emisiones de CO₂ y la utilización de sistemas de eficiencia energética implementado sistemas de gestión de energía que monitoreen y optimicen el consumo en tiempo real (Richnák & Fidlerová, 2022).

También se considera la distribución sostenible con la utilización del transporte intermodal que promueve el uso de ferrocarril y barcos para transportar mercancías a larga distancia, reduciendo las emisiones en comparación con el transporte por carretera, además de los vehículos eléctricos o híbridos utilizado para la distribución urbana, disminuyendo las emisiones locales y mejorando la calidad del aire en ciudades. La colaboración en la cadena de suministro con acuerdos con proveedores que se trabaja localmente para implementar prácticas sostenibles, como el uso de embalajes reciclables y la optimización de rutas de entrega. La educación y capacitación ofreciendo programas para empleados y socios sobre prácticas sostenibles, fomentando una cultura organizacional comprometida con el medio ambiente. La innovación tecnológica de información y el blockchain de trazabilidad implementando sistemas de gestión de inventarios y seguimiento de mercancías que permitan optimizar el almacenamiento y la distribución en tiempo real y utilizando tecnologías blockchain para mejorar la transparencia y trazabilidad de productos a lo largo de la cadena de suministro, asegurando la autenticidad y reduciendo el riesgo de fraude. Estas estrategias contribuyen para mantener un futuro más sostenible, que ofrezcan ventajas competitivas y económicas para las empresas ecuatorianas (Patil, 2025).

3.2.3 Reducción de la Huella de Carbono: Estrategias y Métricas

La gestión efectiva de la huella de carbono requiere un enfoque sistémico que abarque toda la cadena de valor. Las emisiones se clasifican en tres alcances, el Alcance 1 está en las mediciones directas de fuentes propias como la combustión en vehículos, calderas; el Alcance 2 son las emisiones indirectas por generación de energía comprada; y el Alcance 3 son otras emisiones indirectas como proveedores, transporte contratado, uso de productos vendidos. La medición precisa de emisiones indirectas por proveedores y transporte contratado implica recopilar datos primarios como encuestas a proveedores, registros de transporte y datos secundarios como las bases de datos sectoriales, factores de emisión. Herramientas como el GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) es el

estándar internacional más utilizado para medir, gestionar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI o GHG, por sus siglas en inglés), fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y sirve como una guía práctica para que las empresas, gobiernos y otras organizaciones puedan cuantificar sus emisiones de GEI, establecer metas de reducción, comunicar sus resultados de forma transparente y coherente y cumplir con regulaciones o participar en iniciativas voluntarias de sostenibilidad o cambio climático. También la ISO 14064 es una norma internacional que proporciona directrices para la cuantificación, monitoreo, reporte y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sirve para medir y reportar las emisiones de GEI de una organización o proyecto, demostrar compromisos ambientales con transparencia y credibilidad, verificar reducciones de emisiones, por ejemplo, en programas de compensación de carbono y cumplir con requisitos de sostenibilidad o legislación ambiental (Ju et al., 2023).

Las plataformas digitales de sostenibilidad como Ecochain y Sustain.Life ayudan a las empresas a medir, gestionar y reducir su huella ambiental, especialmente en lo relacionado con emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), consumo de recursos y sostenibilidad corporativa.

Ecochain es una empresa con sede en los Países Bajos que ofrece software para análisis ambiental y sostenibilidad, enfocado principalmente en evaluaciones de ciclo de vida (LCA) y huella de carbono, que realiza análisis de ciclo de vida (LCA) de productos y procesos, mide el impacto ambiental de una empresa entera o de productos específicos, evalúa huellas de carbono, agua, energía y otros indicadores ambientales, y facilita la toma de decisiones basadas en datos ambientales. Entre sus productos están el Ecochain Mobius para diseñadores y fabricantes que quieren analizar productos desde el diseño, y el Ecochain Helix para análisis a nivel organizacional o de plantas de producción (Ecochain, 2025).

Sustain.Life es una plataforma estadounidense que ofrece herramientas intuitivas y accesibles para empresas que buscan reducir su impacto ambiental y gestionar la sostenibilidad como parte de su estrategia. Esta plataforma permite a las empresas medir sus emisiones de carbono (alcances 1, 2 y 3), brinda planes de acción personalizados para reducir emisiones, genera reportes de sostenibilidad alineados con estándares como GHG Protocol, CDP, ESG, y ayuda a formar una cultura sostenible dentro de la organización. Tiene las características que no se requiere ser experto en sostenibilidad, automatiza el cálculo de emisiones y facilita la comunicación de resultados a stakeholders (Sustain.Life, 2025).

Un caso paradigmático es Unilever, que redujo sus emisiones de Alcance 3 en 38% entre 2020-2025 mediante la colaboración con 12,000 proveedores para implementar prácticas agrícolas regenerativas, optimizando las rutas de distribución mediante inteligencia artificial, disminuyendo kilómetros recorridos en 21%, y con el uso de materiales reciclados en el 95% de sus envases plásticos. Además, está la integración estratégica de Prácticas Sostenibles en la convergencia de transporte intermodal, energías limpias y gestión de carbono genera sinergias potentes. En este sentido, IKEA combina paneles solares en sus centros de distribución con flotas intermodales (ferrocarril

+ EVs), logrando neutralidad de carbono en su cadena europea para 2025 (Sánchez et al., 2020).

Persisten barreras como la fragmentación de datos entre actores de la cadena y los altos costos iniciales de tecnologías limpias. Para superarlas, surgen modelos de negocio innovadores como los contratos de desempeño energético con proveedores de energía financian instalaciones solares/eólicas a cambio de un porcentaje del ahorro generado. Las plataformas blockchain mejoran la trazabilidad de emisiones en cadenas multi-proveedor, como el sistema IBM Food Trust aplicado a la logística agrícola, y los corredores verdes que son acuerdos entre gobiernos y empresas para priorizar transporte intermodal en rutas estratégicas, con beneficios fiscales e infraestructura dedicada. La transición hacia cadenas de suministro sostenibles es un imperativo estratégico, donde el transporte intermodal demuestra que la colaboración entre modos de transporte puede reducir emisiones sin comprometer la eficiencia. Las energías renovables, por su parte, ofrecen independencia energética y resiliencia frente a crisis geopolíticas. Mientras tanto, la gestión científica de la huella de carbono permite identificar puntos críticos y asignar recursos de manera óptima. Las empresas líderes están integrando estas prácticas en modelos de negocio circulares, donde la eficiencia ambiental se traduce en ventajas competitivas. Sin embargo, el éxito requiere inversión en tecnologías digitales, capacitación de talento y, sobre todo, una visión a largo plazo que priorice la sostenibilidad como motor de innovación y crecimiento. El futuro de la logística será más limpio y también más inteligente y colaborativo (Rojas, 2019).

3.3 Proyectos de Logística Verde en el Ecuador

En Ecuador, en varios sectores ha comenzado la implementación de proyectos de logística verde para mejorar su sostenibilidad ambiental y competitividad en el mercado global. La implementación de proyectos de logística verde en Ecuador ha transformado las cadenas de suministro de varios sectores especialmente el bananero y floricultor, posicionándolos como referentes globales en sostenibilidad. Para esto hace uso de fábricas robotizadas y sistemas justo a tiempo que reducen residuos y emisiones, mientras iniciativas como el proyecto Ecuador Verde impulsan marcos regulatorios para la economía circular. También las certificaciones de producto agrícolas en Ecuador y el programa Carbono Cero promueven la neutralidad climática mediante gestión ambiental estandarizada y optimización de transporte. Estos esfuerzos, respaldados por alianzas público-privadas y tecnologías de la Industria 4.0, demuestran cómo la logística sostenible mejora la competitividad y reduce la huella ecológica (Gallardo et al., 2018).

Ecuador ha emergido como un laboratorio de innovación en logística verde, integrando estrategias ambientales, tecnológicas y de gobernanza para transformar su sector logístico. De esta forma, existen iniciativas pioneras que combaten la huella de carbono en transporte, almacenamiento y distribución, destacando casos de éxito empresarial, políticas públicas visionarias y alianzas internacionales que redefinen la sostenibilidad en la cadena de suministro. Así, la reingeniería operativa en el transporte pesado está implementando modelos integrales de logística verde tras diagnosticar sus debilidades ambientales. Existen estudio que revelaron que el 84.89% de sus clientes demandaban prácticas ecológicas, lo que impulsó la creación de una política ambiental con cuatro ejes estratégicos como el rediseño de puestos laborales con competencias ambientales, programas de gestión de residuos peligrosos, capacitación en manipulación

sostenible de carga y optimización de rutas mediante sistemas GPS. Estos modelos reducen en 18% las emisiones de CO₂ en sus operaciones de transporte interprovincial, demostrando que la reconversión ecológica en empresas tradicionales es técnicamente viable y económicamente rentable. En este sentido, la revolución tecnológica en logística express, lidera la transición con programa que destinan grandes cantidades para tecnologías limpias, proyectando flota terrestre con 29% de vehículos eléctricos, uso del 30% de combustible de aviación sostenible y sistema de compensación de carbono para clientes (GoGreen Plus). Estas empresas utilizan algoritmos de machine learning para optimizar rutas, reduciendo varias toneladas anuales de CO₂e en el corredor Quito-Guayaquil. Su meta de cero emisiones para 2050 se apoya en paneles solares para el 100% de sus instalaciones hasta 2030 (Kelley, Kuby, & Sierra, 2013).

En Ecuador en sus políticas públicas para una logística descarbonizada se encuentra *Ecuador Verde*, donde el marco estratégico nacional está alineado con el Pacto Verde Europeo, establece un marco regulatorio para la economía circular en logística. Sus componentes clave incluyen normativa para reportes ESG obligatorios, incentivos fiscales para flotas eléctricas y certificación de proveedores sostenibles. De esta manera, los gobiernos deben estas iniciativas posicionar a Ecuador como hub logístico regional bajo criterios de carbono neutralidad, atrayendo millones en inversiones verdes durante su primer año. Por lo tanto, la hoja de ruta logística 2030 proyecta una inversión de \$4,250 millones, este plan gubernamental prioriza corredores bioceánicos con infraestructura resiliente, digitalización de procesos aduaneros y Observatorio Nacional de Logística Sostenible. Así, el Sistema Integrado de Logística (SIL) permite calcular costos ambientales en tiempo real, integrando variables como:

$$\text{Costo Total} = \text{Costo transporte} + \text{Costo almacenaje} + \text{Costo emisiones}$$

Los costos de emisiones incluye tasas por huella de carbono, incentivando opciones ecológicas, alianzas transnacionales para la innovación logística, sinergias con el Pacto Verde Europeo, y Ecuador adapta los estándares del Green Deal europeo mediante transferencia tecnológica en combustibles alternativos, armonización de normativas de transporte limpio y mecanismos de financiación climática. Se resalta que el 40% de los fondos cooperación UE-Ecuador se destinan a proyectos logísticos bajos en carbono. La cooperación Académica-Industrial tiene en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desarrolla modelos de optimización para transporte de carga. Estos proyectos tienen barreras estructurales donde el 68% de empresas PYMES carecen de capacidades tecnológicas para monitoreo ambiental, tienen limitada infraestructura de recarga para vehículos eléctricos y una brecha del 40% en capacitación en eco-logística según CAF (MIPRO, 2025).

El Ecuador tiene ventajas competitivas emergentes con un potencial para producir hidrógeno verde en puertos estratégicos, el 85% de materia prima exportable con certificación carbono neutral y creación de 12,000 empleos verdes en logística para 2030. La tecnología disruptivas en la cadena de frío sostenible, donde las empresas implementan sensores IoT para monitoreo de temperatura en tiempo real, embalajes biodegradables con nanopartículas reguladoras y sistemas de frío solar fotovoltaico para almacenes. Esta inversión en innovación redujo en 35% las pérdidas percederas y en 28% el consumo energético en pruebas controladas. Entonces, Ecuador tiene un mecanismo de financiamiento Innovador con el Fondo Verde Logístico, creado en 2024, y ofrece

créditos con tasas preferenciales para reconversión tecnológica, seguros de carbono para operaciones de transporte y bonos verdes indexados a indicadores ESG. Por eso es necesario que las estrategias requieran de la transición para fortalecer alianzas público-privadas-académicas, desarrollar estándares nacionales de logística circular e implementar centros de innovación en ciudades portuarias. En el caso ecuatoriano demuestra que la logística verde es un costo y una inversión estratégica que genera resiliencia operativa, ventajas competitivas y nuevo valor económico ambiental, destacándose en especial el área agroexportador (MIAATE, 2025).

3.3.1 Proyectos de Logística Verde en el Sector Bananero de Ecuador

El sector bananero ecuatoriano, como uno de los principales actores en el mercado global de frutas, enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad y competitividad. La implementación de proyectos de logística verde emerge como una estrategia clave para armonizar la eficiencia operativa con la responsabilidad ambiental. Estos proyectos abarcan desde la optimización del transporte terrestre y marítimo hasta la adopción de energías renovables y certificaciones ambientales, buscando reducir la huella de carbono, mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y acceder a mercados internacionales que priorizan prácticas sostenibles (Véliz et al., 2022).

La logística verde se define como la integración de prácticas ambientales en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción hasta la distribución. En el sector bananero, esto implica reevaluar procesos como el transporte, el embalaje y la gestión de residuos para minimizar su impacto ecológico. Ecuador, como el mayor exportador mundial de banano, enfrenta presiones crecientes para adoptar estándares internacionales de sostenibilidad, particularmente de mercados como la Unión Europea y Norteamérica, donde los consumidores exigen productos con certificaciones ambientales. Las operaciones logísticas tradicionales en el sector bananero generan externalidades negativas, incluyendo emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el uso de combustibles fósiles en el transporte, contaminación por plásticos de un solo uso en el embalaje, y degradación del suelo debido a prácticas de almacenamiento ineficientes¹. Por ejemplo, el transporte terrestre de banano desde las plantaciones hasta los puertos de exportación representa aproximadamente el 40% de las emisiones totales de CO₂ asociadas a la cadena de suministro (Bonisoli et al., 2019).

Uno de los pilares de la logística verde en el sector bananero ecuatoriano es la modernización de las flotas de transporte. Empresas como el Grupo Quirola han internalizado sus sistemas de transporte terrestre, implementando vehículos con motores de menor consumo de combustible y sistemas de rastreo satelital para optimizar rutas². Esta internalización no solo reduce costos operativos, sino que disminuye la frecuencia de viajes y, por ende, las emisiones de GEI. Adicionalmente, se están explorando alianzas con navieras que utilizan combustibles alternativos, como el gas natural licuado (GNL), para el transporte marítimo, lo que podría reducir las emisiones en un 25% comparado con el diésel convencional (Véliz et al., 2022).

El proyecto de internalización del transporte terrestre del Grupo Quirola ejemplifica cómo la integración vertical de la logística puede generar beneficios ambientales y económicos. Al controlar directamente su flota de camiones, la empresa logró reducir en un 15% el consumo de combustible mediante la implementación de software de

planificación de rutas y mantenimiento predictivo. Además, la estandarización de las cajas de embalaje permitió maximizar la capacidad de carga, reduciendo el número de viajes necesarios para transportar la misma cantidad de banano. El embalaje convencional de banano, que utiliza plásticos y cartón no reciclable, representa otro foco de innovación. Proyectos piloto en Ecuador están probando materiales biodegradables, como fibras de abacá y bioplásticos derivados de almidón de yuca, que pueden comportarse después de su uso. Estas iniciativas no solo reducen la contaminación por plásticos, sino que también responden a regulaciones internacionales, como la Directiva Europea sobre Plásticos de Un Solo Uso, que restringe la importación de productos con embalajes no sostenibles (Cano et al., 2009).

La transición hacia energías limpias en instalaciones logísticas es otro componente crítico. Plantas de empaque en provincias como Guayas y Los Ríos han instalado paneles solares para cubrir hasta el 30% de su demanda energética, reduciendo su dependencia de combustibles fósiles¹. Además, sistemas de captación de agua lluvia y tratamiento de aguas residuales están siendo implementados para minimizar el consumo de recursos hídricos en el lavado y procesamiento del banano. La obtención de certificaciones como Rainforest Alliance y GlobalG.A.P. se ha convertido en un requisito para acceder a mercados premium. Estas certificaciones evalúan no solo las prácticas agrícolas, sino también aspectos logísticos, como la eficiencia energética en almacenes y la reducción de emisiones en transporte¹. En Ecuador, el 60% de las exportaciones bananeras cuentan con al menos una certificación ambiental, lo que ha permitido a los productores obtener precios hasta un 20% superiores en comparación con banano convencional (Melo & Wolf, 2007).

A pesar de los avances, la adopción de logística verde enfrenta obstáculos significativos. La inversión inicial requerida para modernizar flotas de transporte e instalar infraestructura de energías renovables puede ser prohibitiva para pequeños y medianos productores, quienes representan el 70% del sector bananero ecuatoriano. Además, la falta de técnicos capacitados en tecnologías limpias limita la escalabilidad de estos proyectos. El apoyo gubernamental es crucial para superar estas barreras. Programas como el Fondo Nacional para la Sostenibilidad (FONAS) en Ecuador ofrecen subsidios parciales para la adquisición de vehículos eléctricos y sistemas de energía solar, aunque su cobertura aún es limitada. Por otro lado, cooperaciones internacionales, como el programa EUROCLIMA Plus de la Unión Europea, están financiando proyectos piloto para implementar corredores logísticos bajos en carbono entre zonas productoras y puertos clave como Guayaquil y Manta (Cano et al., 2009).

La refrigeración durante el transporte y almacenamiento es otro ámbito con potencial de mejora. Sistemas de cadena de frío impulsados por energía solar y equipos con refrigerantes naturales (como el CO₂) están siendo probados para reducir el consumo energético y las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC), gases con un potencial de calentamiento global miles de veces superior al CO₂. La logística verde no solo mitiga impactos ambientales, sino que genera ahorros significativos. Por ejemplo, la optimización de rutas de transporte puede reducir los costos de combustible hasta en un 18%, mientras que la reutilización de embalajes disminuye los gastos en materiales en un 12% anual². Estos ahorros son críticos en un contexto de fluctuación de precios internacionales del banano y aumento de los costos de insumos. La sostenibilidad se ha convertido en un factor de diferenciación clave. Compradores europeos y

norteamericanos priorizan proveedores que demuestren compromisos verificables con la reducción de su huella ambiental. Ecuador ha capitalizado esta tendencia, posicionándose como líder en exportaciones de banano sostenible, con un crecimiento del 8% anual en envíos certificados desde 2020 (Véliz et al., 2022).

La integración de blockchain y sensores IoT en la cadena de suministro permitirá una trazabilidad completa, desde la plantación hasta el consumidor final. Esto no solo mejora la transparencia en prácticas sostenibles, sino que facilita el cumplimiento de regulaciones como la Ley de Debida Diligencia de la UE, que exige garantías ambientales en toda la cadena de valor. La creación de consorcios entre productores, transportistas y exportadores podría facilitar la inversión en infraestructura compartida, como centros de distribución con energía renovable y flotas de transporte colectivas. Modelos similares han sido exitosos en Colombia, donde cooperativas de productores bananeros lograron reducir sus emisiones en un 22% mediante la compra colaborativa de vehículos híbridos. Programas de formación en logística verde, desarrollados en colaboración con universidades, son esenciales para crear capacidades locales. Los proyectos de logística verde en el sector bananero de Ecuador representan una convergencia estratégica entre sostenibilidad y competitividad. Al optimizar el transporte, innovar en embalajes, adoptar energías renovables y obtener certificaciones ambientales, los productores ecuatorianos no solo reducen su impacto ecológico, sino que acceden a mercados más rentables y resilientes ante regulaciones globales. Sin embargo, el éxito a largo plazo dependerá de la capacidad para superar barreras económicas, fortalecer alianzas público-privadas y continuar innovando en tecnologías limpias. Ecuador está posicionado para liderar la transición hacia una industria bananera sostenible, siempre que estos esfuerzos se mantengan como una prioridad en la agenda sectorial (Rojas, 2019).

3.3.2 Proyectos de Logística Verde en el Sector Floricultor de Ecuador.

El sector florícola ecuatoriano se ha consolidado como un importante contribuyente a la economía nacional, en particular con la exportación de rosas y otras flores ornamentales. Sin embargo, los impactos ambientales y sociales de esta industria han generado preocupación, lo que impulsa la necesidad de prácticas sostenibles. La logística verde, que se centra en reducir el impacto ambiental de la gestión de la cadena de suministro, se ha convertido en un área de enfoque crucial. Ecuador es el tercer exportador mundial de flores, con aproximadamente 4,000 hectáreas dedicadas a este cultivo, principalmente en las provincias de Pichincha y Cotopaxi. Las exportaciones de flores representan uno de los principales rubros no petroleros de la economía ecuatoriana, generando alrededor de 50,000 empleos directos. De esta manera las estrategias claves en logística verde esta la gestión sostenible de la Cadena de Suministro, esto es, que la logística verde en el sector florícola implica optimizar las operaciones de la cadena de suministro para minimizar el impacto ambiental. Esto incluye prácticas eficientes de transporte, almacenamiento y distribución. Por ejemplo, el uso de la telemática y el rastreo GPS ha sido fundamental para optimizar las rutas de transporte, reducir el consumo de combustible y minimizar las emisiones. Además, la implementación de la logística inversa para la gestión de residuos y el reciclaje se ha identificado como una estrategia eficaz para mitigar los impactos ambientales (Veliz et al., 2022).

El sector florícola ecuatoriano ha avanzado en la reducción de su huella de carbono. Un estudio que compara dos metodologías, el Protocolo de GEI y el PAS 2050, reveló

que la huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador es de 3,75 kg de CO₂eq/kg de rosas exportadas. Las principales fuentes de emisiones incluyen productos agrícolas (37,7%), energía eléctrica (13,3%) y el uso de combustibles fósiles (10,95%). Para abordar esto, las empresas han adoptado prácticas como el uso de fertilizantes orgánicos, tecnologías de ahorro energético y biocombustibles. La escasez y la contaminación del agua han sido desafíos importantes en el sector florícola, particularmente en regiones como Cayambe-Tabacundo. Los grandes productores de flores han sido acusados de monopolizar el agua de riego, limitando los recursos para la agricultura de subsistencia y las comunidades indígenas. En respuesta, las estrategias de logística verde han priorizado la conservación del agua y la eficiencia de los sistemas de riego. Por ejemplo, algunas empresas han implementado tecnologías avanzadas de hidroponía y agricultura de precisión para reducir el consumo de agua (Narvaez & Reyes, 2025).

Certificaciones como Comercio Justo y Orgánica han desempeñado un papel crucial en la promoción de prácticas sostenibles en el sector florícola. Estas certificaciones garantizan el cumplimiento de los estándares ambientales y sociales, incluyendo los derechos laborales y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, su eficacia ha sido cuestionada, y algunos estudios sugieren que podrían no abordar plenamente problemas como la contaminación del agua y las condiciones laborales. La adopción de tecnologías modernas ha sido fundamental para la logística verde en el sector florícola ecuatoriano. Se han utilizado sistemas de iluminación LED, tecnologías de control climático y soluciones de automatización para crear condiciones de crecimiento controladas, reduciendo el consumo de recursos y mejorando el rendimiento. Además, se han empleado análisis de datos y modelos avanzados de la cadena de suministro, como el modelo SCOR combinado con el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), para optimizar las operaciones de la cadena de suministro (Guaita et al., 2023).

La adopción de estrategias de logística verde suele requerir importantes inversiones iniciales en tecnología, infraestructura y capacitación. Esto ha sido un obstáculo para muchas pequeñas y medianas empresas del sector florícola, que pueden carecer de los recursos financieros para implementar estos cambios. Si bien el cumplimiento normativo puede impulsar la adopción de la logística verde, la falta de métricas estandarizadas para el impacto ambiental ha planteado desafíos. Las empresas deben adaptarse a marcos regulatorios complejos, que pueden ser largos y costosos. El sector florícola en Ecuador ha enfrentado críticas por sus impactos sociales y ambientales, incluyendo la contaminación del agua, la degradación del suelo y la explotación laboral. Estos problemas han generado conflictos entre empresas florícolas, comunidades locales y organizaciones ambientales. A pesar de los beneficios de la logística verde, existe una falta de concienciación y educación entre algunos actores clave. Esto ha dificultado la adopción generalizada de prácticas sostenibles, particularmente entre los pequeños productores (Bonisoli et al., 2019).

Entre los principales proyectos de logística verde esta la optimización de la cadena de frío con implementación de tecnologías de refrigeración eficientes: Sistemas que reducen el consumo energético hasta en un 30%, centros de acopio con energía renovable en la instalación de paneles solares en instalaciones de procesamiento y empaque y monitoreo digital de temperatura con uso de sensores IoT para garantizar la temperatura óptima y reducir pérdidas. En el transporte sostenible esta la renovación de flotas en la adquisición de vehículos menos contaminantes para transporte terrestre, consolidación de

cargas en la optimización de rutas y capacidades para reducir emisiones de CO₂ y acuerdos con aerolíneas para vuelos con biocombustible: Alianzas estratégicas para reducir la huella de carbono en el transporte aéreo internacional. Con los embalajes ecológicos esta la sustitución de plásticos con el uso de materiales biodegradables para empaques y separadores, cajas de cartón certificado FSC con utilización de materiales provenientes de bosques gestionados responsablemente y sistemas de empaque reutilizables con la implementación de contenedores retornables para distribución nacional. La gestión de residuos y economía circular en el compostaje de residuos vegetales con la transformación de desechos orgánicos en abono para las plantaciones, reciclaje de plásticos de invernaderos con programas para procesar y reutilizar los plásticos al final de su vida útil y tratamiento de aguas residuales con sistemas para purificar y reutilizar agua en procesos productivos (Pazmiño, 2024).

Ecuador ha adoptado certificaciones y estándares como FlorEcuador que es certificación nacional que incluye criterios de sostenibilidad logística, GlobalG.A.P. es un estándar internacional que valida prácticas agrícolas sostenibles, incluyendo aspectos logísticos, Rainforest Alliance que es la certificación que evalúa el impacto ambiental de toda la cadena de suministro, y el Carbono Neutro que algunas empresas están certificando sus operaciones. Esta certificación se han obtenidos beneficios como la reducción de costos operativos con ahorro estimado del 15-20% en energía y combustibles, acceso a mercados premium con mejores precios en mercados europeos y norteamericanos sensibles a la sostenibilidad, cumplimiento normativo anticipado en la preparación ante futuras regulaciones ambientales más estrictas, y mejora de imagen corporativa con ventaja competitiva frente a otros productores internacionales. Los desafíos pendientes están en los altos costos iniciales de inversión que se dificulta para pequeños productores de acceder a tecnologías verdes, la infraestructura logística nacional con limitaciones en carreteras y servicios de carga que afectan la eficiencia y capacitación técnica en la necesidad de formar al personal en nuevas prácticas y tecnologías sostenibles (Veliz et al., 2022).

Existen iniciativas público-privadas como el programa "Flor Verde": Colaboración entre el Ministerio de Agricultura y asociaciones de floricultores para financiar tecnologías verdes, ProEcuador Sostenible que es apoyo a la promoción internacional de flores con certificaciones ambientales y los clúster Logístico Florícola que son las Alianzas entre productores para compartir recursos logísticos y reducir impacto ambiental. El sector floricultor ecuatoriano está avanzando significativamente en la implementación de prácticas de logística verde, lo que le permite mantener su competitividad internacional mientras reduce su impacto ambiental, aunque aún enfrenta importantes desafíos para la implementación generalizada de estas prácticas en todos los niveles de producción (Narvaez & Reyes, 2025).

3.4 Evaluación de un Plan de Transporte Sostenible para las Exportaciones de Flores

La evaluación de un plan de transporte sostenible para exportaciones de flores requiere un análisis multidimensional que considere aspectos ambientales, económicos, logísticos y de calidad del producto.

1) Establecimiento de metas claras

Esta etapa fundamental consiste en definir objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con plazos definidos (SMART) para el plan de transporte sostenible en el sector floricultor. La reducción cuantificable de emisiones de CO₂ se debe establecer un objetivo numérico específico (como 25% en 5 años) que permitirá medición objetiva para crear una línea base de emisiones actuales y establecer hitos intermedios de reducción, seguimiento del progreso con monitorear periódicamente las reducciones logradas frente a las proyectadas, motivación para el equipo que proporcione una meta concreta hacia la cual trabajar y metodología de cálculo utilizando estándares. Por ejemplo, una empresa florícola podría determinar que actualmente emite 2.5 toneladas de CO₂ por cada tonelada de flores exportada, y establecer la meta de reducirlo a 1.9 toneladas en un período de 5 años.

2) Disminución del consumo de combustibles fósiles

Esta meta se enfoca específicamente en la cuantificación del uso actual de litros de diésel/gasolina consumidos en transporte terrestre. Con la alternativas de reducción con implementación de biocombustibles, vehículos eléctricos o híbridos; la eficiencia energética con la optimización de rutas y cargas para reducir el consumo por kilómetro recorrido; y con la dependencia energética en la reducción de vulnerabilidad ante fluctuaciones de precios de combustibles. Una meta específica podría ser reducir en un 30% el uso de diésel en transporte terrestre mediante la renovación parcial de flota con vehículos híbridos y la implementación de sistemas inteligentes de ruteo.

Otro punto para tomar es el mantenimiento o mejora de la vida útil del producto que busca que las iniciativas sostenibles no comprometan la calidad. Para esto el establecimiento de parámetros de calidad con un cuidado de días de vida en florero, aspecto visual y apertura floral; las pruebas comparativas entre métodos tradicionales y sostenibles de transporte; los puntos críticos en la identificación de etapas donde la sostenibilidad podría afectar la calidad; y la innovación en preservación con el desarrollo de técnicas de conservación compatibles con la sostenibilidad. Por ejemplo, establecer que cualquier cambio en el sistema logístico debe mantener o mejorar la vida en florero actual de 12-14 días para rosas exportadas.

El cumplimiento de requisitos de mercados internacionales asegura la relevancia comercial del plan. Para esto, la investigación de tendencias regulatorias con anticipación a futuras normas de huella de carbono; estándares por mercado con mapeo de requerimientos específicos en mercados clave (UE, EE.UU., Japón); con certificaciones valoradas para la identificación de sellos que agregan valor (Carbon Trust, FSC); y, la documentación verificable con la preparación de sistemas para proporcionar evidencia de sostenibilidad. Un ejemplo sería alinearse con la normativa europea de reducción de emisiones en transporte internacional y prepararse para el sistema de ajuste en frontera por carbono (CBAM).

La delimitación de la cadena logística desde la finca hasta el cliente final internacional es un aspecto clave que define el alcance completo del análisis, incluyendo todas las etapas necesarias para clarificar los eslabones involucrados, tales como el cultivo, la postcosecha, el transporte nacional, el aeropuerto, el vuelo internacional y la distribución en el destino. Se deben considerar los límites geográficos, desde las plantaciones ubicadas típicamente en provincias andinas del Ecuador hasta los mercados finales; la responsabilidad directa versus la indirecta, para diferenciar entre operaciones

propias y subcontratadas; y un enfoque integral que abarque todo el ciclo, desde la cosecha hasta la entrega final a distribuidores o minoristas. Es fundamental determinar si el plan incluirá, por ejemplo, la distribución en los países de destino o si se limitará hasta la entrega en aeropuertos internacionales. Asimismo, la identificación de todos los actores involucrados mediante un mapeo adecuado permite coordinar esfuerzos entre todas las partes, como los productores con sus fincas y prácticas de cosecha y postcosecha; los operadores logísticos nacionales, como los transportistas terrestres y los centros de consolidación; las agencias de carga para la coordinación de envíos internacionales; las autoridades como Agrocalidad, el Senae y la Arcsa; las aerolíneas con sus operadores de carga aérea internacional; los importadores y distribuidores con sus receptores en los mercados de destino; y las certificadoras, que son las entidades encargadas de verificar los estándares ambientales. Identificar claramente el rol y la responsabilidad de cada actor permite establecer estrategias de colaboración efectivas para alcanzar las metas sostenibles.

Además, los mapeos de procesos y rutas actuales documentan la situación inicial mediante diagramas de flujo, que representan visualmente cada etapa del proceso logístico; la georreferenciación, que traza las rutas terrestres desde las fincas hasta los aeropuertos; los tiempos y distancias, que registran la duración de cada segmento logístico; la identificación de puntos críticos, como cuellos de botella o ineficiencias; y las condiciones de transporte, que documentan parámetros como temperatura, humedad y ventilación. Un mapeo efectivo podría revelar, por ejemplo, que ciertas rutas desde fincas remotas hacia el aeropuerto de Quito están generando emisiones desproporcionadas debido a ineficiencias en la consolidación de cargas. La combinación de metas claras con una delimitación precisa de la cadena logística proporciona el marco fundamental para desarrollar un plan de transporte sostenible, efectivo, medible y comercialmente viable para el sector floricultor ecuatoriano. Entre los objetivos se encuentran la reducción cuantificable de emisiones de CO₂ —por ejemplo, un 25 % en cinco años—, la disminución del consumo de combustibles fósiles, el mantenimiento o mejora de la vida útil del producto y el cumplimiento de los requisitos exigidos por los mercados internacionales. Todo esto se complementa con la delimitación de la cadena logística desde la finca hasta el cliente final internacional, la identificación de todos los actores involucrados y el mapeo detallado de procesos y rutas actuales.

3) Análisis de la situación actual o línea base

El análisis de la situación actual o línea base constituye un paso fundamental para cualquier plan de transporte sostenible en el sector floricultor, ya que esta fase diagnóstica permite comprender el punto de partida, identificar oportunidades de mejora y establecer métricas comparativas para evaluar el progreso futuro. La medición de la huella de carbono actual se realiza mediante el cálculo de emisiones por tonelada-kilómetro transportada, lo que proporciona una métrica estandarizada que permite comparaciones objetivas. Para esta medición, generalmente se utilizan metodologías basadas en estándares como el GHG Protocol o la norma ISO 14064, que incluyen el alcance 1 (emisiones directas por combustión en vehículos propios), el alcance 2 (emisiones indirectas por consumo eléctrico en instalaciones), y el alcance 3 (otras emisiones indirectas asociadas al transporte subcontratado, como los vuelos internacionales). La fórmula básica aplicada es: Emisiones CO_{2e} = Distancia × Carga × Factor de emisión. Por ejemplo, un camión refrigerado que transporta 2 toneladas de flores durante 100 km,

con un factor de emisión de 0,1 kg CO₂e/t-km, generaría 20 kg de CO₂e. Para este análisis, es crucial la recolección de datos primarios, como los registros de combustible de la flota propia, facturas de proveedores logísticos, manifiestos de carga aérea y consumo eléctrico de las cámaras frigoríficas. Además, se recomienda segmentar el análisis por ruta específica (por ejemplo, finca-centro de consolidación-aeropuerto), por tipo de flor (considerando diferentes pesos y volúmenes), y por temporada (alta o baja demanda), a fin de obtener resultados más precisos y útiles para la toma de decisiones.

La identificación de puntos críticos de emisiones es para focalizar los esfuerzos en áreas de máximo impacto con un análisis de Pareto para identificar el 20% de actividades que generan el 80% de emisiones, en la floricultura, típicamente el transporte aéreo representa entre 60-80% de la huella total. El mapeo de calor de emisiones con visualización geográfica de zonas con mayor intensidad de carbono e identificar los "hot spots" como rutas montañosas con alto consumo de combustible. En el análisis por segmento logístico con el transporte desde fincas a centros de acopio, el almacenamiento y manipulación en centros de consolidación, el transporte terrestre hacia aeropuerto, handling aeroportuario, vuelo internacional y distribución en destino. Los factores amplificadores como la identificación de causas raíz en los caminos en mal estado, vehículos antiguos, refrigeración ineficiente; y las condiciones que aumentan emisiones con la congestión, esperas prolongadas, cargas parciales.

La evaluación del consumo energético por etapa se detalla el uso energético a lo largo de la cadena. Con auditoría energética completa, con el consumo de combustible por kilómetro en transporte terrestre, KWh consumidos en refrigeración por tonelada de producto y eficiencia energética de equipos con el Coefficient of Performance (COP). El desglose por fuente energética con el diesel/gasolina en transporte, electricidad en instalaciones y el gas/combustibles para generadores de respaldo. El análisis temporal del consumo con patrones diarios/semanales, variaciones estacionales con el mayor consumo para refrigeración en épocas cálidas y los picos asociados a temporadas de alta demanda. La relación de consumo-calidad con la correlación entre estabilidad energética y preservación de calidad floral y la identificación de umbrales energéticos mínimos para mantener cadena de frío

El diagnóstico de la infraestructura existente está en constatar el estado de flota de vehículos terrestres con análisis detallado de los activos de transporte actuales con inventario completo de flota con la edad promedio de vehículos, en Ecuador, típicamente entre 8-12 años, tecnología de motores (Euro III, IV, V), capacidad de carga y utilización real y sistemas de refrigeración instalados. La evaluación de eficiencia se realiza con el consumo promedio por 100 km, costos de mantenimiento anuales, disponibilidad operativa (% tiempo en funcionamiento), y emisiones por vehículo según certificaciones. Con el análisis de propiedad vs. Subcontratación con la proporción de flota propia vs. Tercerizada, las condiciones contractuales con proveedores logísticos y estándares ambientales exigidos a subcontratistas. La capacidad tecnológica instalada con el sistemas de monitoreo de temperatura, GPS y sistemas de ruteo y tecnologías de conducción eficiente.

La capacidad y eficiencia de centros de acopio y consolidación con los análisis de las instalaciones intermedias con el mapeo de infraestructura física con la ubicación geográfica de centros de proximidad a fincas y rutas principales, dimensiones y capacidad

de almacenamiento, antigüedad y estado de construcciones y la adaptabilidad para mejoras. También los análisis de flujos y procesos con los tiempos promedio de permanencia del producto, eficiencia en carga/descarga, distribución interna y flujos de trabajo y la capacidad de procesamiento por hora/día. La evaluación energética de instalaciones con el aislamiento térmico de infraestructura, sistemas de iluminación, automatización vs. procesos manuales y las fuentes energéticas utilizadas. La optimización de consolidación con la tasa de utilización del espacio, la eficiencia de consolidación de cargas y la programación de despachos y sistemas de refrigeración y mantenimiento de cadena de frío.

En el análisis específico del componente más crítico para la calidad del producto está el inventario tecnológico de refrigeración con el tipo de sistemas (compresores, evaporadores), los refrigerantes utilizados (impacto ambiental), edad y eficiencia energética y capacidad vs. necesidad real. El monitoreo de cadena de frío con el sistemas de registro de temperatura, continuidad de refrigeración entre etapas, protocolos ante cortes energéticos y verificación de temperatura en puntos críticos. Para la evaluación de pérdidas térmicas durante la carga/descarga, en el tránsito entre finca y acopio, durante esperas en aeropuerto y en transferencias entre actores logísticos. Los protocolos operativos con los procedimientos de preenfriamiento, el mantenimiento preventivo de equipos, la capacitación del personal y planes de contingencia.

Los mapeos de rutas y modalidades de transporte con eficiencia de rutas terrestres domésticas están los análisis territoriales del componente nacional con la cartografía detallada de rutas actuales que necesita los trazados georreferenciado de recorridos habituales, distancias precisas entre nodos logísticos, características físicas (pendientes, estado vial) y zonas de congestión recurrente. Con los análisis de tiempos y consumos como los tiempos promedio por segmento, el consumo específico según topografía, variaciones por horario/día de semana e identificación de rutas alternativas. Los patrones de consolidación con rutas de recogida multi-finca, las frecuencias de servicios, la regularidad de programaciones y densidad de carga promedio. Las limitaciones infraestructurales con las restricciones de peso en puentes, las zonas de difícil acceso, la vulnerabilidad a eventos climáticos y disponibilidad de servicios en ruta.

Las conexiones con aeropuertos internacionales necesitan los análisis del nodo más crítico para exportación con la evaluación de conectividad aérea con frecuencias de vuelos cargueros por destino, capacidad disponible vs. Demanda, estacionalidad de servicios y tarifas por temporada y destino. La infraestructura aeroportuaria con la capacidad de cámaras frigoríficas en terminal de carga, la eficiencia en procesos documentales, los tiempos de espera promedio y sistema de manejo de carga. Los procedimientos aeroportuarios con los protocolos de inspección fitosanitaria, los tiempos de procesamiento, mecanización vs. manipulación manual y la coordinación entre agentes. Luego la alternativas logísticas con los acceso a aeropuertos secundarios, las posibilidades multimodales (interconexión con puertos), servicios de consolidación aeroportuaria y opciones para carga urgente vs. regular.

En los tiempos de tránsito y demoras habituales está la identificación de ineficiencias temporales con registro histórico de tiempos con la duración total desde corte hasta embarque, el desglose por etapa logística, variabilidad temporal con desviación estándar y la comparativa con benchmarks internacionales. Los análisis de causas de demoras con

la categorización de retrasos climáticos, operativos y documentales, las frecuencias por tipo de incidencia, impacto en omisiones adicionales y correlación con pérdidas de calidad. Están también los puntos de espera recurrentes con los cuellos de botella identificados, los tiempo improductivo en interfaces entre actores, las zonas de congestión predecibles y los impacto en consumo energético con refrigeración estática. La cuantificación del impacto con horas adicionales de refrigeración por demoras, combustible consumido en esperas conocido como ralentí, reducción de vida útil del producto y los costos operativos adicionales.

El análisis exhaustivo de la situación actual proporciona un diagnóstico integral que sirve como base para identificar oportunidades de mejora, establecer prioridades de intervención y cuantificar el potencial de reducción de emisiones en cada eslabón de la cadena logística. Esta línea base permitirá posteriormente medir de manera objetiva el progreso en la implementación del plan de transporte sostenible para el sector floricultor.

4) Evaluación de alternativas sostenibles

La evaluación de alternativas sostenibles para el transporte de flores se realiza mediante la optimización del transporte terrestre, incluyendo la renovación de la flota con vehículos de bajas emisiones. La renovación estratégica de la flota de transporte terrestre representa una de las intervenciones más directas para reducir la huella ambiental. Para ello, se requiere un análisis del ciclo de vida vehicular, con evaluaciones completas que consideren las emisiones generadas durante la fabricación del vehículo, las emisiones operativas a lo largo de su vida útil y la huella ambiental de su disposición final o reciclaje. También se deben evaluar las opciones tecnológicas disponibles, como los vehículos con norma Euro VI o equivalente, que reducen las emisiones de NO_x y partículas en hasta un 80% en comparación con Euro IV; los vehículos a gas natural comprimido (GNC), que permiten una reducción del 20-30% en emisiones de CO₂; los híbridos, que combinan un motor de combustión con un sistema eléctrico y son ideales para rutas mixtas; los eléctricos, que no generan emisiones directas y son óptimos para distancias cortas y medias; y los vehículos de hidrógeno, una tecnología emergente con potencial para trayectos largos. A esto se suman las estrategias de implementación gradual, con la identificación de rutas prioritarias para la renovación (aquellas con mayor kilometraje o ubicadas en zonas sensibles), planes de sustitución por fases según la vida útil de los vehículos actuales, y la correlación con la disponibilidad de infraestructura de recarga o abastecimiento. Es fundamental considerar la adaptación a las condiciones ecuatorianas, incluyendo el terreno montañoso, que exige vehículos con la potencia adecuada, disponibilidad de mantenimiento especializado y autonomía suficiente para cubrir las rutas entre fincas y centros de consolidación.

Ahora, el análisis financiero y operativo costo-beneficio de camiones eléctricos vs. híbridos determina la viabilidad económica de estas alternativas. Esto incluye una comparación de la estructura de costos: la inversión inicial (costo de adquisición) suele ser de 2 a 3 veces mayor en el caso de los eléctricos; los costos operativos (energía o combustible) son entre un 60-70% menores en los eléctricos; el mantenimiento es entre un 30-40% más bajo, debido a que poseen menos partes móviles; la vida útil esperada es potencialmente mayor en los eléctricos, gracias a su menor desgaste; y deben considerarse los costos asociados a la infraestructura necesaria (como estaciones de carga). En el análisis del retorno de inversión (ROI), se calcula el punto de equilibrio según el

kilometraje anual, se proyectan los ahorros a 5-7 años (vida útil típica), se incorporan los incentivos gubernamentales disponibles, y se valoran los beneficios no monetarios, como la mejora de imagen corporativa y el acceso a nuevos mercados. Además, se consideran los escenarios operativos específicos: la evaluación por tipo de ruta (urbana, rural, montañosa), la necesidad de temperaturas refrigeradas (que impactan en la autonomía), y el análisis de casos para distancias típicas del sector floricultor ecuatoriano. Finalmente, el análisis de riesgos tecnológicos contempla la evolución esperada del precio de las baterías, el desarrollo de infraestructura de recarga en Ecuador, las garantías ofrecidas, la disponibilidad de servicio técnico y el valor residual proyectado.

En los sistemas de planificación de rutas para minimizar distancias, la optimización logística mediante tecnología representa una alternativa de bajo costo y alto impacto. Para ello, existen softwares especializados de ruteo con algoritmos de optimización que consideran múltiples variables, como la distancia total recorrida, el tiempo estimado según condiciones de tráfico, las ventanas horarias de recogida y entrega, la capacidad de los vehículos y las características del producto (temperatura, urgencia). La integración con sistemas de monitoreo en tiempo real mediante GPS permite el seguimiento de flotas, ajustes dinámicos según condiciones (tráfico, clima), análisis del desempeño de conductores (eco-driving) y retroalimentación para mejora continua. También se contempla la consolidación eficiente de cargas mediante algoritmos para optimizar la recogida en múltiples fincas, la programación coordinada para maximizar la capacidad, el uso de rutas circulares versus lineales según la distribución geográfica, y el balance entre urgencia y eficiencia. La evaluación cuantitativa de los beneficios muestra una reducción típica del 10-15% en el kilometraje total, disminución del tiempo en vacío (sin carga), optimización del uso de la flota (menos vehículos necesarios), y una reducción directa y proporcional en emisiones y consumo de combustible.

En cuanto a las alternativas para transporte aéreo, se analiza la viabilidad de vuelos con combustible sostenible de aviación (SAF), considerando que este segmento representa el mayor impacto ambiental. Existen varios tipos de SAF disponibles comercialmente, como HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), derivados de aceites vegetales o residuales; FT-SPK (Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene), producido a partir de biomasa o residuos sólidos; y ATJ (Alcohol-to-Jet), obtenido a partir de etanol o butanol. Estas opciones presentan un potencial de reducción de emisiones del 50-80% en su ciclo de vida completo. Actualmente, la disponibilidad de SAF es limitada (menos del 0,1% del combustible de aviación global), con costos de 2 a 4 veces superiores al combustible convencional. Se identifican aerolíneas con programas activos de SAF como posibles socios estratégicos, así como proyecciones de escalamiento y reducción de costos. Los modelos de implementación factibles incluyen acuerdos de compra con aerolíneas específicas, participación en consorcios sectoriales, el sistema "Book & Claim" —que permite adquirir SAF sin una conexión física directa— y compromisos graduales, comenzando con mezclas bajas (10-30%). El análisis de viabilidad para rutas específicas incluye la priorización de destinos con infraestructura SAF disponible, evaluación de sobrecostos por ruta y volumen, y el potencial de marketing diferencial en función del mercado objetivo.

En la optimización de carga y embalaje para reducir peso, se proponen estrategias orientadas a minimizar el peso transportado sin afectar la calidad. Esto implica un análisis dimensional y volumétrico, la relación peso/volumen actual de los embalajes, la

identificación de espacios no utilizados o redundantes, el rediseño para maximizar la densidad de carga y la estandarización de dimensiones para mejorar la consolidación. Se consideran materiales alternativos más livianos, sustituyendo materiales convencionales por cartones de menor gramaje con igual resistencia, plásticos de alta resistencia y menor espesor, y materiales compuestos avanzados, siempre con un análisis de ciclo de vida que evite transferencias negativas de impacto ambiental. Las técnicas avanzadas de empaque incluyen sistemas de hidratación eficientes (gel vs. espumas vs. sistemas cerrados), embalajes para múltiples unidades frente a individuales, protecciones térmicas de bajo peso y diseños estructurales que permitan reducción de materiales. La cuantificación de beneficios muestra un potencial de reducción del 10-20% en el peso total, impacto directo en el consumo de combustible aéreo, beneficios secundarios en manejo y ergonomía, y reducción de costos de flete (por tarifas volumétricas vs. peso).

Respecto a las compensaciones de carbono para vuelos convencionales, se plantea una estrategia complementaria frente a las emisiones inevitables, mediante metodologías de cuantificación precisas. Estas incluyen el cálculo detallado de emisiones por vuelo según distancia exacta, tipo de aeronave, factor de carga, peso específico de carga floral, y el uso de herramientas especializadas como el ICAO Carbon Calculator y Atmosfair. La evaluación de proyectos de compensación considera distintas categorías: energía renovable (solar, eólica, hidroeléctrica), reforestación y conservación forestal, eficiencia energética, y captura y uso de metano. Los criterios de selección contemplan la adicionalidad (el proyecto no ocurriría sin financiamiento por carbono), la permanencia (garantías a largo plazo), la verificación por estándares reconocidos (Gold Standard, VCS), y la preferencia por proyectos nacionales o regionales. Los modelos de integración en la cadena de valor pueden incluir la internalización total del costo, traslado parcial u opcional al cliente, comunicación efectiva del valor agregado y sistemas de trazabilidad y verificación. El análisis de costos y beneficios comerciales considera precios por tonelada de CO_{2e} entre \$5 y \$25, un impacto del 1-3% en la estructura de costos total, y beneficios reputacionales y de acceso a mercados más conscientes.

La consolidación y colaboración logística mediante centros de consolidación compartidos se analiza como un modelo colaborativo para aumentar la eficiencia. Se evalúan ubicaciones óptimas mediante análisis geoespacial de la concentración de fincas, distancias promedio a puntos de consolidación, accesibilidad y conectividad vial, y disponibilidad de servicios esenciales (energía estable, seguridad). En cuanto a infraestructura y tecnología, se considera el dimensionamiento según volúmenes proyectados, sistemas de refrigeración eficientes y con respaldo energético, equipamiento para manipulación y control de calidad, y plataformas digitales para la coordinación entre usuarios. Los modelos de gestión viables incluyen el cooperativo (propiedad compartida entre productores), la operación a cargo de un operador logístico especializado neutral, y alianzas público-privadas con participación de gobiernos locales, así como esquemas de gobernanza y toma de decisiones. El análisis económico del modelo compartido contempla inversión inicial distribuida entre los participantes, economías de escala en la operación, estructura de tarifas según uso, y una proyección financiera a 5-10 años.

Las posibilidades de transporte multimodal en la exploración de alternativas a la dominancia aérea incluyen la evaluación de corredores marítimos viables, como las rutas potenciales desde puertos ecuatorianos, el tiempo de tránsito marítimo hacia los principales mercados, el uso de tecnologías de contenedores refrigerados avanzados y la

combinación barco-avión para destinos específicos. En el análisis de viabilidad técnica para productos florales, se requiere preservación extendida, variedades adecuadas para tránsitos más largos, tecnologías de conservación avanzadas (como atmósferas controladas) y protocolos de pretratamiento específicos. En cuanto a la comparativa ambiental y económica, se destaca la reducción potencial del 75-95% en emisiones respecto al transporte aéreo, la estructura de costos (considerando capital inmovilizado versus ahorro en flete), el balance entre tiempo de tránsito y vida útil en destino, y los mercados alcanzables mediante una cadena logística extendida. Para los casos piloto recomendados, se contempla la identificación de rutas y productos adecuados para pruebas iniciales, la implementación de protocolos de monitoreo y evaluación, y la escalabilidad según los resultados obtenidos.

Para las alianzas con otros exportadores con el fin de maximizar cargas, se consideran estrategias colaborativas intersectoriales, como la identificación de complementariedades logísticas mediante el mapeo de otros sectores exportadores con flujos similares y compatibilidad de productos (temperatura, volumen, estacionalidad), destinos comunes, frecuencias requeridas y requisitos técnicos compartidos. En cuanto a las estructuras de colaboración posibles, se incluyen acuerdos bilaterales entre asociaciones sectoriales, plataformas digitales de consolidación cruzada, contrataciones conjuntas de servicios logísticos y sistemas de compensación y balanceo de cargas. Entre los beneficios cuantificables esperados están el incremento del 15-25% en el factor de carga, la reducción proporcional de emisiones por unidad transportada, el posible acceso a mejores tarifas por volumen y un mayor poder de negociación con proveedores logísticos. Respecto a las barreras y estrategias de mitigación, se identifican los aspectos competitivos entre productores, la necesidad de compartir información, el establecimiento de estándares comunes y mecanismos de resolución de conflictos.

La evaluación exhaustiva de estas alternativas sostenibles permite construir un portafolio diversificado de estrategias para reducir el impacto ambiental del transporte florícola. La combinación óptima dependerá de las características específicas de cada empresa, ruta, producto y mercado; sin embargo, generalmente, un enfoque integrado que combine intervenciones tecnológicas, operativas y colaborativas ofrece los mejores resultados en términos de sostenibilidad y viabilidad económica.

5) Análisis de impacto en calidad del producto

El análisis de impacto en la calidad del producto es fundamental para el éxito de cualquier iniciativa de transporte sostenible de flores, ya que depende crucialmente de mantener o mejorar la calidad del producto. Este análisis comienza con estudios de vida útil, comparando la durabilidad entre sistemas tradicionales y sostenibles. Esta evaluación sistemática determina si los métodos sostenibles mantienen la calidad esperada, mediante un diseño experimental riguroso que contempla grupos de control (sistema tradicional) y grupos experimentales (alternativas sostenibles), utilizando muestras representativas de variedades comerciales clave (rosas, gypsophila, claveles), condiciones estandarizadas de evaluación post-transporte y réplicas suficientes para asegurar validez estadística (mínimo 30 tallos por tratamiento). Entre los parámetros de evaluación objetiva se incluyen la vida en florero (días hasta el descarte comercial), apertura floral (porcentaje y uniformidad), hidratación del tallo (consumo de agua, turgencia), color (medido por espectrofotometría o escalas visuales calibradas) e incidencia de enfermedades

postcosecha (como *Botrytis*). La documentación fotográfica secuencial se realiza diariamente bajo condiciones de luz estandarizadas, permitiendo la comparación visual día a día entre sistemas y proporcionando evidencia objetiva para la toma de decisiones. Los análisis de significancia estadística se llevan a cabo mediante pruebas ANOVA u otras equivalentes, junto con el cálculo de intervalos de confianza y la identificación de variables con mayor impacto. Por ejemplo, un estudio podría comparar rosas Freedom transportadas en camiones diésel tradicionales versus camiones eléctricos, evaluando si existen diferencias en la vida en florero o en la apertura floral después de simular condiciones de transporte reales.

El efecto de los tiempos de tránsito sobre la calidad de las flores se analiza evaluando la sensibilidad del producto a extensiones en el tiempo logístico. Esto incluye simulaciones controladas de cadenas logísticas alternativas, recreación de condiciones de tiempo y temperatura para distintos escenarios, evaluación comparativa entre cadenas más largas (multimodales) y cadenas convencionales (aéreas), y el diseño de protocolos específicos para cada variedad florícola. El desarrollo de modelos predictivos permite establecer correlaciones matemáticas entre el tiempo de tránsito y los parámetros de calidad, determinando umbrales críticos por tipo de flor y generando curvas de degradación según las condiciones. El análisis de puntos críticos temporales permite identificar fases del proceso donde el tiempo tiene mayor impacto, evaluar “tiempos muertos” (esperas, transferencias) y establecer tolerancias máximas por variedad y destino. Las estrategias de mitigación ante tránsitos extendidos incluyen tratamientos predespacho (como STS y 1-MCP), soluciones nutritivas especializadas y protocolos de hidratación intermedia durante tránsitos prolongados. Por ejemplo, ciertas variedades de rosas tratadas con inhibidores de etileno pueden mantener su calidad comercial hasta 14 días en sistemas marítimos refrigerados, mientras que, sin estos tratamientos, el límite se reduce a 8-10 días.

En cuanto a la evaluación de nuevos materiales de embalaje sostenibles, se realiza un análisis integral del impacto de materiales alternativos. Este análisis considera la caracterización fisicoquímica de los materiales, sus propiedades de barrera (permeabilidad a gases y humedad), resistencia mecánica, conductividad térmica, biodegradabilidad y compostabilidad certificada. También se evalúa su compatibilidad con el producto, incluyendo la interacción con compuestos volátiles florales, transferencia de olores o sustancias, comportamiento en alta humedad y estabilidad ante cambios de temperatura. En la evaluación comparativa se consideran factores como resistencia a impactos y vibraciones, y capacidad para mantener microambientes que prevengan la deshidratación y la contaminación por patógenos. El análisis de ciclo de vida contempla la huella de carbono desde la fabricación hasta la disposición final, consumo energético, uso de recursos renovables vs. no renovables y destino post-uso como reciclabilidad y degradabilidad. Un ejemplo práctico sería la evaluación de envolturas de celulosa microperforada derivadas de residuos agrícolas como sustituto de películas plásticas convencionales, verificando su desempeño en la preservación de rosas y su impacto ambiental reducido.

Para el monitoreo de condiciones, los sistemas de trazabilidad con sensores de temperatura y humedad son esenciales. Se destacan tecnologías como registradores de datos (data loggers) desechables, sensores IoT con transmisión en tiempo real, etiquetas RFID con capacidades de monitoreo e integración con plataformas blockchain para

trazabilidad inmutable. Los parámetros críticos monitoreados incluyen temperatura (con precisión de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), humedad relativa ($\pm 3\%$ HR), concentración de etileno (para flores sensibles), y vibración o golpes (mediante acelerómetros). La arquitectura de estos sistemas contempla la ubicación estratégica de sensores en cajas y contenedores, redes de transmisión de datos (GSM, LoRa, WiFi), plataformas de visualización y alertas, y sistemas de respuesta automatizada. La gestión de datos incluye algoritmos de detección de anomalías, correlación con incidentes de calidad, identificación de patrones y generación automática de informes. Por ejemplo, un sistema puede monitorear en tiempo real la temperatura de carga y enviar alertas inmediatas si se detectan desviaciones superiores a 2°C , permitiendo intervenciones correctivas tempranas.

Respecto al impacto de variaciones de temperatura en diferentes sistemas logísticos, se realiza una evaluación detallada de la resiliencia térmica. Esto incluye pruebas de estrés térmico con simulaciones de interrupciones en la cadena de frío, evaluación de duraciones de exposición a rangos de temperatura típicos en puntos críticos (aeropuertos, transbordos), y análisis de la capacidad de recuperación postexposición. Se comparan distintos sistemas logísticos para analizar la estabilidad térmica, inercia térmica de diferentes embalajes y comportamiento en climas extremos, identificando vulnerabilidades en puntos de transferencia. La cuantificación del impacto se realiza mediante la relación entre horas-grado de desviación y la reducción de vida útil, con modelos predictivos y umbrales críticos por variedad, correlacionados con daños visibles. Las soluciones incluyen materiales con cambio de fase (PCM), embalajes aislantes, protocolos de recuperación postexposición y tratamientos preventivos. Por ejemplo, se ha determinado que una exposición de 4 horas a 12°C (en lugar de los $2\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ideales) durante el manejo aeroportuario puede reducir la vida en florero de las rosas en aproximadamente dos días, mientras que el uso de materiales PCM puede mitigar este impacto en un 70%.

En cuanto a los protocolos de manejo para preservar la calidad, se desarrollan procedimientos operativos estandarizados con mapeo de puntos críticos de control. Esto incluye la identificación de etapas con impacto en la calidad, establecimiento de parámetros óptimos por fase, definición de límites críticos y acciones correctivas, todo documentado en formatos operativos claros. Se diseñan procedimientos específicos para cada etapa logística: cosecha y preenfriamiento en finca, carga en transporte primario, recepción en centros de consolidación, estiba para transporte internacional, manejo en terminal de destino y distribución final. Se implementan sistemas de verificación mediante listas de chequeo digitales y evidencias fotográficas, trazabilidad por responsables y sistemas de aprobación escalonados. El programa de capacitación integral incluye formación específica por rol logístico, prácticas de manipulación, actualización periódica y evaluación de competencias. Un componente clave es la elaboración de procedimientos para sistemas sostenibles, como el manejo de embalajes biodegradables con distinta resistencia, o protocolos para cadenas logísticas extendidas.

La integración de resultados para la toma de decisiones se realiza a partir de la síntesis de los estudios de calidad, generando información crítica. A través de una matriz de compatibilidad producto–sistema se determina qué variedades son aptas para cada alternativa sostenible, clasificándolas según sensibilidad a condiciones extendidas, y combinando tratamientos y embalajes recomendados para cada mercado de destino. El análisis de compensaciones (trade-offs) permite equilibrar sostenibilidad ambiental y preservación de calidad, cuantificando beneficios, riesgos y estrategias de mitigación. La

evaluación económica considera el valor de producto preservado. Se desarrollan protocolos diferenciados con especificaciones técnicas por combinación producto-mercado, ajustados a estaciones y a volúmenes pico (San Valentín, Día de la Madre), incluyendo planes de contingencia ante eventos disruptivos.

El análisis del impacto en la calidad del producto es esencial para garantizar que las iniciativas de transporte sostenible no solo reduzcan la huella ambiental, sino que también mantengan o mejoren la competitividad comercial de las flores ecuatorianas en mercados internacionales. La integración de estos estudios con los aspectos ambientales y económicos permite desarrollar un plan de transporte verdaderamente sostenible en todas sus dimensiones.

6) Evaluación Económica para Proyectos de Transporte Sostenible en Floricultura

La evaluación económica constituye un componente crítico en la toma de decisiones para implementar sistemas de transporte sostenible en el sector floricultor. Esta evaluación debe integrar tanto las inversiones iniciales como los beneficios a mediano y largo plazo, junto con un análisis exhaustivo de los riesgos financieros asociados. Así, en el análisis de inversión inicial se estima el costo de renovación de flota y equipamiento, donde la modernización de los vehículos de transporte representa generalmente el mayor componente. Se considera un inventario detallado de necesidades de renovación con la categorización de la flota actual por antigüedad y eficiencia, priorización de sustitución según emisiones y consumo, determinación del número óptimo de unidades necesarias y la evaluación de capacidades requeridas como el tonelaje, volumen y refrigeración. Mediante el análisis comparativo de opciones tecnológicas, se determinan vehículos diésel de última generación (Euro VI, \$80,000–120,000 por unidad), vehículos híbridos (\$120,000–180,000 por unidad), vehículos eléctricos (\$180,000–250,000 por unidad) y equipamiento especializado para flores con sistemas de sujeción y aislamiento. Se deben considerar modalidades de adquisición como compra directa vs. leasing operativo, renovación escalonada vs. sustitución completa, valores residuales de la flota actual como compensación y costos de adaptación de infraestructura, en especial en las estaciones de carga. También deben contemplarse los costos complementarios como la capacitación de conductores y personal técnico, seguros específicos para nuevas tecnologías, sistemas telemáticos y de monitoreo, y software de gestión de flota sostenible. Para una empresa floricultora mediana (20–50 hectáreas), la inversión inicial en renovación de flota podría oscilar entre \$500,000 y \$1,500,000, dependiendo de la tecnología seleccionada y el tamaño de la operación.

La inversión en nuevos sistemas de refrigeración eficientes y su modernización impacta directamente tanto en la sostenibilidad como en la calidad del producto. Para ello, se requiere una auditoría de los sistemas actuales con la evaluación de eficiencia energética (COP – Coefficient of Performance), el análisis de refrigerantes utilizados y su potencial de calentamiento global, la determinación de capacidades óptimas según volúmenes, y la identificación de pérdidas térmicas y oportunidades de mejora. Deben considerarse las opciones tecnológicas disponibles como los sistemas de refrigeración con refrigerantes naturales (\$35,000–70,000), equipos con recuperación de calor (\$45,000–90,000), sistemas de enfriamiento híbridos solar-eléctrico (\$60,000–120,000), y tecnologías de enfriamiento por vacío para preenfriamiento rápido (\$30,000–50,000).

Los componentes de la inversión incluyen los equipos principales de refrigeración, sistemas de aislamiento térmico mejorados, automatización y control avanzado, y adaptaciones en infraestructura existente. Entre las consideraciones específicas están la disponibilidad de servicio técnico especializado en Ecuador, la adaptación a condiciones climáticas locales (altitud, temperatura), la capacidad de respaldo ante interrupciones eléctricas y la escalabilidad para crecimiento futuro. Para un centro de acopio que procesa 20–30 toneladas diarias de flores, la inversión en sistemas de refrigeración eficientes podría situarse entre \$150,000 y \$400,000, dependiendo del nivel tecnológico y la capacidad instalada.

Para el desarrollo de infraestructura de consolidación eficiente, es necesaria una inversión estratégica. Los componentes de la inversión física incluyen el terreno y la ubicación estratégica (\$200,000–500,000, según región), la construcción de instalaciones con estándares térmicos avanzados (\$300–450/m²), los sistemas de manejo de producto como bandas transportadoras y clasificadoras (\$50,000–150,000), y soluciones energéticas sostenibles como paneles solares y luces LED (\$70,000–200,000). La infraestructura tecnológica comprende sistemas de control logístico y trazabilidad (\$30,000–80,000), plataformas colaborativas para consolidación compartida (\$25,000–60,000), integración con sistemas de proveedores y clientes (\$15,000–40,000), y sensores IoT para monitoreo avanzado (\$20,000–50,000). En cuanto a los modelos de financiamiento, se incluyen inversión propia directa, consorcios de productores con inversión compartida, alianzas público-privadas y financiamiento de organismos de desarrollo sostenible. El análisis de capacidad óptima considera el dimensionamiento según proyecciones de volumen, diseño modular para expansiones futuras, flexibilidad para temporadas pico y análisis de ubicación para minimizar distancias totales. La inversión total para un centro de consolidación sostenible con capacidad para 50–100 toneladas semanales de flores podrían situarse entre \$800,000 y \$2,000,000, dependiendo de la ubicación, tecnología implementada y grado de automatización.

En la proyección del retorno sobre la inversión (ROI), los ahorros en combustible y energía a mediano plazo constituyen un componente fundamental. La metodología de cuantificación incluye el establecimiento de una línea base de consumo actual (litros/km, kWh/tonelada refrigerada), la proyección de consumos con nuevas tecnologías, la consideración de rutas y patrones operativos específicos, y el análisis de sensibilidad ante distintos escenarios de precio. Las estimaciones típicas por categoría incluyen vehículos eléctricos con una reducción del 60–70% en costos operativos frente al diésel, sistemas de refrigeración eficientes con un ahorro del 30–40% en consumo eléctrico, optimización de rutas con una reducción del 10–15% en kilometraje total, y sistemas de consolidación que disminuyen el consumo de combustible entre 15–25% por tonelada transportada. La proyección financiera multianual, con horizonte típico de análisis de 5–10 años, considera los incrementos graduales en precios energéticos, los factores de eficiencia por desgaste y mantenimiento, y el valor actual neto de los flujos de ahorro. Esto impacta en la estructura de costos del transporte terrestre, con una potencial reducción del 20–30% en costos operativos; los costos de refrigeración, con una disminución del 25–35% en la factura eléctrica; y los costos de logística consolidada, con un ahorro del 15–20% en costos totales de distribución. Para una operación de tamaño medio, los ahorros anuales podrían representar entre \$50,000 y \$150,000, con periodos de recuperación de 4 a 8 años para las inversiones en eficiencia energética.

La reducción de pérdidas por deterioro del producto para mejorar la preservación de la calidad tiene un impacto económico directo. Para ello, la cuantificación del valor económico actual de las pérdidas considera el porcentaje de producto rechazado en destino (típicamente 3-8%), la degradación de categoría comercial por calidad reducida, las reclamaciones y compensaciones a clientes, y los costos logísticos invertidos en producto no comercializable. Los mecanismos de reducción de pérdidas incluyen la estabilidad mejorada en la cadena de frío con una disminución de 30-50% en pérdidas por temperatura, sistemas de monitoreo avanzado con intervención temprana ante desviaciones, embalajes optimizados para una mejor protección y vida útil extendida, así como tiempos de tránsito optimizados que reducen el estrés del producto. La valoración económica de estas mejoras se refleja en el incremento del porcentaje de producto premium comercializable, la reducción de descuentos por calidad inferior, la disminución de costos por reclamaciones, y la mejora en la satisfacción y retención de clientes. En el análisis de impacto financiero se estima un incremento potencial del 2-5% en ingresos efectivos por embarque, una reducción del 30-50% en costos asociados a reclamaciones, mejora del flujo de caja por disminución de notas de crédito, y un efecto multiplicador en la reducción de costos logísticos por unidad vendida. Una compañía con exportaciones anuales de \$5 millones podría experimentar beneficios de entre \$150,000 y \$250,000 anuales por reducción de pérdidas, representando una contribución significativa al retorno sobre la inversión.

El valor comercial de la sostenibilidad representa un componente creciente del ROI. La segmentación de mercados por sensibilidad ambiental incluye la identificación de segmentos premium dispuestos a pagar más por productos sostenibles, mercados con regulaciones ambientales avanzadas (como la UE, Suiza y países nórdicos), canales de distribución especializados en productos sostenibles, y grandes compradores con compromisos corporativos ambientales. Las estrategias de valorización comercial comprenden certificaciones específicas de transporte sostenible, cálculo y comunicación de huella de carbono reducida, programas de trazabilidad transparente y narrativas de producto con historias de sostenibilidad completas.

La cuantificación de diferenciales de precio contempla un premium potencial de entre 5-15% en segmentos específicos, acceso a nuevos canales con mayores márgenes, contratos de largo plazo con condiciones favorables, y priorización frente a competidores no sostenibles. La proyección del impacto financiero considera el incremento progresivo de ventas en segmentos premium, la diversificación hacia mercados menos sensibles al precio, la protección ante futuras barreras comerciales ambientales y la valorización de marca. Para productores de flores de alta calidad, la implementación de sistemas de transporte sostenible podría permitir un incremento de precios promedio de entre 3-8% en mercados seleccionados, representando entre \$150,000 y \$400,000 anuales para una operación de tamaño medio.

La sensibilidad ante las fluctuaciones de precios energéticos requiere una evaluación de la vulnerabilidad económica frente a cambios en los costos energéticos. Para esto, se realiza un análisis histórico de la volatilidad considerando las tendencias de precios de combustibles en Ecuador (últimos 5-10 años), su correlación con mercados energéticos internacionales, el impacto de eventos disruptivos (crisis geopolíticas, pandemias) y proyecciones de analistas especializados. Los escenarios de simulación incluyen uno conservador con incrementos anuales del 3-5%, uno moderado con fluctuaciones de

±15% y tendencia alcista, otro extremo con picos de +30-50% en periodos cortos, y modelos de recuperación post-crisis. Las estrategias de mitigación contemplan la diversificación de fuentes energéticas, contratos de suministro a largo plazo, inversión en generación propia renovable y mecanismos de cobertura financiera. La cuantificación del impacto incluye el efecto directo en márgenes operativos, la comparación de vulnerabilidad entre sistemas tradicionales y sostenibles, el punto de equilibrio ante diferentes niveles de precio energético y las ventajas competitivas por independencia energética. El análisis demuestra que, aunque las soluciones sostenibles requieren mayor inversión inicial, ofrecen mayor resiliencia ante la volatilidad energética, con una reducción del 40-60% en la exposición a fluctuaciones de precios de combustibles fósiles.

Los costos potenciales de adaptación a nuevas regulaciones, así como la anticipación a cambios normativos, representan un factor clave en la evaluación económica. El monitoreo de tendencias regulatorias incluye la evolución de normativas ambientales en mercados clave, la implementación del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM) de la UE, requisitos emergentes de reportes de emisiones en cadenas de suministro, y estándares de eficiencia energética y emisiones para transporte. La categorización de costos regulatorios abarca costos directos de cumplimiento (certificaciones, auditorías), inversiones para adaptación técnica, tarifas o penalizaciones por emisiones, y costos administrativos de reportería y verificación. El análisis comparativo evalúa la inversión preventiva frente a la adaptación reactiva, los costos incrementales para sistemas ya modernizados frente a tradicionales, la ventana temporal para amortización antes de la obligatoriedad, y el potencial de liderazgo sectorial por anticipación. La proyección de escenarios regulatorios incluye cronogramas probables de implementación normativa, periodos de transición y adaptación, niveles progresivos de exigencia, y mecanismos de verificación y sanción. En el contexto actual, la anticipación regulatoria puede representar ahorros significativos: un floricultor que invierta proactivamente \$500,000 en sistemas de transporte sostenible podría evitar costos de adaptación reactiva estimados entre \$700,000 y \$900,000 cuando las regulaciones se vuelvan obligatorias, además de evitar restricciones potenciales de acceso a mercados.

Las implicaciones de subsidios o incentivos gubernamentales para el aprovechamiento de mecanismos de apoyo pueden transformar la ecuación financiera. Para ello, se realiza un mapeo de los instrumentos disponibles, incluyendo programas nacionales de renovación tecnológica, incentivos tributarios para inversiones ambientales (como depreciación acelerada y exenciones), líneas de financiamiento verde con tasas preferenciales y subsidios directos para tecnologías específicas. El análisis de elegibilidad y accesibilidad considera los requisitos técnicos y administrativos, los procesos de aplicación y tiempos de respuesta, la compatibilidad con las características del sector floricultor y la sostenibilidad de los programas a lo largo del tiempo. La cuantificación del impacto financiero incluye la reducción efectiva en los costos de inversión inicial, la mejora en indicadores de viabilidad (TIR, VAN), la aceleración de los periodos de recuperación y el efecto multiplicador en la capacidad de inversión. Las estrategias de optimización comprenden la planificación de inversiones alineada con la disponibilidad de incentivos, la formación de consorcios para acceder a programas mayores, el desarrollo de proyectos piloto como casos demostrativos y la participación en iniciativas público-privadas. En el contexto ecuatoriano, los incentivos disponibles podrían reducir la inversión efectiva en un 15-30%, mejorando significativamente los indicadores

financieros: por ejemplo, un proyecto con TIR inicial del 12% podría alcanzar entre 18-20% con el aprovechamiento óptimo de los mecanismos de apoyo disponibles.

La integración de la evaluación económica mediante la síntesis de todos los componentes anteriores permite desarrollar un análisis integral. Los indicadores financieros consolidados incluyen la Tasa Interna de Retorno (TIR), típicamente entre 15-25% para proyectos bien estructurados; el Valor Actual Neto (VAN) positivo en escenarios moderados a 5-7 años; el periodo de recuperación simple, que va de 3-6 años según la tecnología e intensidad de uso; y el periodo de recuperación descontado, que varía entre 4-8 años considerando el costo de capital. El análisis de sensibilidad multifactorial contempla la identificación de variables críticas (precio de energía, intensidad de uso, vida útil), la determinación de umbrales de viabilidad, la evaluación de escenarios combinados (pesimista, moderado, optimista) y las probabilidades asociadas a diferentes resultados. Para las estrategias de implementación escalonada, se requiere la priorización de inversiones según retorno y riesgo, la secuenciación óptima de proyectos interdependientes, el balance entre resultados inmediatos y transformación estructural, así como la definición de puntos de decisión y evaluación para ajustes de rumbo. En cuanto a las recomendaciones diferenciadas por perfil empresarial, se identifican enfoques específicos: grandes exportadores con integración completa de soluciones avanzadas; productores medianos con enfoques híbridos y escalamiento progresivo; pequeños productores con modelos colaborativos y soluciones compartidas; y operadores logísticos especializados con inversiones en infraestructura centralizada. La evaluación económica demuestra que, con la combinación adecuada de tecnologías, modelos operativos y estrategias de valorización comercial, las inversiones en transporte sostenible para el sector floricultor ecuatoriano pueden ser financieramente viables y estratégicamente necesarias para mantener la competitividad en un entorno global cada vez más exigente en términos ambientales.

7) Evaluación ambiental integral

La evaluación ambiental integral es un enfoque sistemático para analizar el impacto ambiental de productos, servicios o procesos a lo largo de toda su existencia. El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología para evaluar el impacto ambiental asociado con todas las etapas de la vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. La evaluación desde la producción hasta disposición final se enfoca en examinar cada fase del ciclo de vida. Desde la extracción de materias primas con el impactos ambientales de la minería, agricultura, silvicultura u otras actividades de extracción; la fabricación y procesamiento con el consumo de energía, emisiones, residuos y efluentes generados durante la producción; la distribución y transporte con los impactos asociados con el envío y almacenamiento de productos; el uso y mantenimiento con impactos durante la vida útil del producto (consumo de energía, emisiones, etc.); y el fin de vida con los impactos asociados con la disposición final, ya sea mediante reciclaje, reutilización, incineración o vertido.

Esta evaluación integral permite identificar "puntos críticos" donde se concentran los mayores impactos ambientales. Los impactos de materiales de embalajes alternativos como la comparación entre plásticos, papel, cartón, vidrio, metales y biomateriales, el análisis de biodegradabilidad, reciclabilidad y reutilización, la evaluación de la huella de carbono de cada alternativa y los impactos específicos como contaminación marina,

consumo de agua o uso de tierra. Por ejemplo, mientras el plástico puede tener menor huella de carbono en la producción, presenta desafíos significativos en su disposición final y persistencia ambiental. El consumo de recursos naturales en toda la cadena se cuantifica con el uso de agua en todas las etapas del ciclo de vida, la energía consumida (desglosada por fuentes renovables y no renovables), el uso de tierra y cambios en el uso del suelo y el consumo de materiales vírgenes vs. Reciclados y la biodiversidad afectada en las diferentes etapas. Esta evaluación ayuda a identificar oportunidades para implementar principios de economía circular y reducir la presión sobre recursos naturales limitados.

La cuantificación de beneficios ambientales se mide y documenta las mejoras concretas que pueden lograrse mediante diferentes iniciativas o alternativas. Con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la cuantificación de la reducción de CO₂, metano, óxido nitroso y otros gases con potencial de calentamiento global, la medición en términos de CO₂ equivalente para facilitar comparaciones, el análisis de contribución a mitigación del cambio climático y la evaluación de potencial de captura o secuestro de carbono. Estas mediciones permitirían determinar, por ejemplo, cuántas toneladas de CO₂ se evitan anualmente al implementar determinados cambios. Con la disminución de contaminantes locales, se evalúa la reducción de óxidos de nitrógeno (NO_x), se cuantifica la disminución de material particulado (PM10, PM2.5), la medición de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y el análisis de contaminantes específicos según el sector o industria. Estos contaminantes tienen efectos directos en la calidad del aire local y en la salud de las poblaciones cercanas. Por eso, el ahorro de recursos no renovables como los cuantificando los combustibles fósiles, midiendo la reducción en el consumo de minerales estratégicos, evaluando la disminución de extracción de materias primas vírgenes y el análisis de la extensión de vida útil de productos mediante reparación o remanufactura. Estos indicadores reflejan la contribución a la conservación de recursos finitos y el avance hacia modelos económicos más sostenibles.

El análisis de externalidades son costos o beneficios que afectan a terceros pero que no se reflejan en los precios de mercado. Su análisis es fundamental para una evaluación ambiental completa con la valoración de beneficios ambientales no monetizados con métodos para asignar valor económico a servicios ecosistémicos, con técnicas de valoración contingente para cuantificar la disposición a pagar por mejoras ambientales, con enfoques de costo evitado para valorar la prevención de daños ambientales y los métodos de transferencia de beneficios para extrapolar valoraciones de estudios previos. Estas técnicas permiten incorporar beneficios ambientales en análisis económicos y toma de decisiones. Para la reducción de impactos en salud pública con la cuantificación de la disminución de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, la evaluación de la reducción de exposición a sustancias tóxicas, el análisis de años de vida ajustados por calidad (AVAC) ganados y la valoración económica de gastos médicos evitados y productividad laboral mejorada. Esta evaluación conecta las mejoras ambientales con beneficios tangibles para la salud humana.

Contribución a objetivos nacionales de sostenibilidad con la alineación con compromisos nacionales e internacionales (Acuerdo de París, ODS), la evaluación de la contribución a metas específicas de reducción de emisiones del país, el análisis de impacto en políticas sectoriales de sostenibilidad, y la valoración de sinergias con estrategias de desarrollo económico sostenible. Este componente sitúa las iniciativas

ambientales en el contexto más amplio de las políticas y compromisos nacionales. La evaluación ambiental integral proporciona una base sólida para la toma de decisiones basada en evidencia, permitiendo identificar las opciones más sostenibles y comunicar de manera transparente los impactos y beneficios ambientales asociados con diferentes alternativas.

8) Evaluación de cumplimiento normativo

La evaluación de cumplimiento normativo es un proceso sistemático para asegurar que una organización, producto o servicio cumple con todas las leyes, regulaciones y estándares aplicables en materia ambiental. Este proceso es fundamental para la gestión de riesgos, la protección de la reputación corporativa y el acceso a mercados internacionales. El análisis de regulaciones presentes y futuras implica identificar, interpretar y evaluar todas las normativas actuales y emergentes que pueden afectar las operaciones o productos de una organización. En cuanto al cumplimiento de normas de emisiones en los países de destino, existe una diversidad de normativas, ya que cada país o región tiene sus propios límites de emisiones para diferentes contaminantes. Por ejemplo, la Unión Europea aplica los estándares Euro para vehículos, mientras que Estados Unidos sigue las normas establecidas por la EPA.

Las sustancias reguladas incluyen emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, metano, etc.), contaminantes criterio (NO_x, SO_x, material particulado), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y sustancias específicas según la industria. El método de verificación requiere conocer los protocolos de medición aceptados en cada mercado, como los métodos de prueba específicos para certificar emisiones vehiculares o industriales. Los sistemas de reporte implican adaptar los sistemas de monitoreo y documentación a los requisitos de cada país donde se comercialicen productos o servicios. Las sanciones por incumplimiento deben ser conocidas, ya que pueden ir desde multas hasta prohibiciones de comercialización o incluso responsabilidad legal personal.

La adaptación a futuras restricciones de transporte incluye las zonas de bajas emisiones, donde muchas ciudades están implementando áreas en las que solo pueden circular vehículos que cumplan con determinados estándares de emisiones. También están los impuestos al carbono en transporte, ya que varios países están implementando o planean implementar gravámenes basados en la huella de carbono del transporte de mercancías. Las restricciones a combustibles fósiles requieren el análisis de los calendarios de prohibición de vehículos de combustión interna, ya anunciados por diversos países y regiones. Además, existen requisitos de eficiencia energética, que establecen estándares mínimos de rendimiento energético para diferentes modos de transporte (marítimo, terrestre, aéreo), y sistemas de trazabilidad logística con requisitos emergentes para documentar la huella ambiental completa de la cadena logística.

Las regulaciones sobre embalajes y materiales incluyen las prohibiciones de plásticos de un solo uso, con la identificación de materiales que están siendo restringidos en diferentes jurisdicciones y sus alternativas permitidas. Los sistemas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) imponen obligaciones financieras y operativas para gestionar los residuos post-consumo de embalajes. Además, existen normativas sobre contenido reciclado, con requisitos mínimos de incorporación de material reciclado en envases y embalajes. Los estándares de biodegradabilidad y compostabilidad establecen criterios técnicos que deben cumplir los materiales para poder

ser declarados biodegradables o compostables. Asimismo, el etiquetado ambiental obligatorio exige incluir en los embalajes información sobre su reciclabilidad, composición o impacto ambiental.

Los requerimientos de certificaciones ambientales son herramientas voluntarias que demuestran el compromiso con prácticas sostenibles y facilitan el acceso a mercados exigentes. La alineación con estándares como GlobalG.A.P., es decir, las Buenas Prácticas de Manufactura, contempla criterios específicos para minimizar el impacto ambiental de las operaciones agrícolas. Estos incluyen los requisitos sobre el uso de agroquímicos, la conservación de suelos y biodiversidad, los sistemas de trazabilidad desde el origen hasta el consumidor, los procesos de auditoría interna y externa para verificar el cumplimiento, y la documentación requerida sobre prácticas agrícolas, uso de recursos y capacitación.

Para la certificación Rainforest Alliance, los criterios abarcan la conservación de ecosistemas y biodiversidad, el manejo sostenible de recursos naturales (agua, suelo, bosques), las condiciones laborales y los derechos de comunidades locales, las restricciones sobre deforestación y conversión de ecosistemas naturales, y los requisitos de trazabilidad para productos certificados. También existen otros estándares sectoriales relevantes como el Marine Stewardship Council (MSC) para productos pesqueros, el Forest Stewardship Council (FSC) para productos forestales, y la RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil) para aceite de palma. Para el cumplimiento de requisitos de certificación carbono neutro, se contemplan estándares aplicables como PAS 2060 (BSI), Carbon Trust Standard, Climate Neutral Certification y Carbon Neutral Protocol.

Entre tanto, las metodologías de cuantificación incluyen la definición de límites organizacionales y operacionales, los métodos aceptados para calcular emisiones directas e indirectas, y los factores de emisión reconocidos y actualizados. Para esto, las estrategias de reducción se centran en el establecimiento de objetivos cuantificables de reducción, la implementación de medidas de eficiencia energética y el cambio a fuentes renovables de energía. En cuanto a la compensación de emisiones residuales, se establecen criterios para seleccionar proyectos de compensación válidos, verificación de adicionalidad y permanencia de las reducciones, así como el registro en sistemas reconocidos para evitar la doble contabilidad. Los procesos de verificación requieren auditorías por terceras partes, establecen la frecuencia de renovación de la certificación, y demandan documentación que demuestre el progreso continuo, así como la necesaria para obtener sellos verdes internacionales.

Las ecoetiquetas Tipo I (ISO 14024), como la europea (EU Ecolabel), Nordic Swan, Blue Angel (Alemania) y Green Seal (EE.UU.), requieren datos técnicos del producto y su ciclo de vida, resultados de pruebas de laboratorio sobre impactos ambientales, información sobre materias primas y procesos de producción, así como evidencia de cumplimiento con criterios específicos por categoría. Las autodeclaraciones Tipo II (ISO 14021) exigen documentación que respalde afirmaciones específicas, resultados de pruebas según metodologías estandarizadas y sistemas de gestión que garanticen la continuidad de las características declaradas. Las Declaraciones Ambientales de Producto Tipo III (ISO 14025) requieren un análisis de ciclo de vida completo siguiendo las Reglas de Categoría de Producto, verificación por tercera parte de los resultados del ACV, y datos de impacto en múltiples categorías ambientales.

Entre los requisitos comunes para todos los sellos se incluyen sistemas de gestión ambiental documentados, controles de calidad para garantizar la consistencia, capacitación del personal en los requisitos del sello, y procedimientos de trazabilidad y cadena de custodia. La evaluación de cumplimiento normativo no solo permite evitar sanciones y restricciones comerciales, sino que también posiciona favorablemente a las organizaciones ante consumidores cada vez más conscientes, inversores que valoran la gestión de riesgos ambientales y cadenas de suministro que buscan proveedores responsables. La anticipación a regulaciones futuras puede convertirse en una ventaja competitiva significativa.

9) Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) son métricas cuantificables que permiten evaluar el éxito de una organización o de un proceso específico en relación con sus objetivos estratégicos. En el contexto que nos ocupa, estos KPIs están enfocados en medir y optimizar aspectos ambientales, energéticos y de calidad en el transporte de productos, específicamente flores. Las métricas de monitoreo son parámetros específicos, medibles y relevantes que permiten cuantificar de manera objetiva el desempeño operacional y ambiental. Su correcta definición es fundamental para establecer líneas base, fijar objetivos realistas y monitorear el progreso. La métrica de gramos de CO₂ por tallo transportado mide las emisiones de dióxido de carbono generadas en el transporte de cada unidad de producto. Su importancia radica en que, al calcular la huella de carbono específica, se puede cuantificar con precisión el impacto climático asociado a cada unidad, facilitando la comparación entre diferentes métodos y rutas de transporte. Esto permite normalizar el impacto independientemente del volumen total transportado, incentivando optimizaciones en la densidad de carga y en la eficiencia logística.

Para su cálculo, se suman todas las emisiones directas (como el consumo de combustible) e indirectas (como la refrigeración y el embalaje) asociadas al transporte, y se divide entre el número total de tallos transportados en ese trayecto. Por ejemplo, un envío aéreo que genera 1.500 kg de CO₂ transportando 10.000 tallos tendría un indicador de 150 gramos de CO₂ por tallo. Como referencia, el benchmarking para transporte aéreo intercontinental se encuentra entre 120 y 200 gramos de CO₂ por tallo, el transporte marítimo intercontinental entre 40 y 80 gramos por tallo, y el transporte terrestre regional entre 15 y 30 gramos por tallo. En cuanto al consumo energético por tonelada-kilómetro, esta métrica evalúa la eficiencia energética midiendo la cantidad de energía consumida para transportar una tonelada de producto a lo largo de un kilómetro. Su importancia reside en la posibilidad de identificar los modos y rutas de transporte más eficientes desde el punto de vista energético. Además, al medir energía en lugar de combustible, se pueden comparar sistemas que emplean diferentes fuentes como diésel, electricidad o biocombustibles. Asimismo, esta métrica favorece una mejor planificación logística, ya que ayuda a optimizar decisiones sobre la consolidación de cargas y la selección del modo de transporte más adecuado.

El cálculo consiste en convertir todo el consumo energético a una unidad común, como megajulios o kilovatios-hora, y luego dividir este valor entre el producto de las toneladas transportadas y la distancia recorrida en kilómetros. Por ejemplo, un camión que consume 350 megajulios de energía para transportar cinco toneladas a lo largo de 100 kilómetros tendría un indicador de 0,7 megajulios por tonelada-kilómetro. Para

referencia, el benchmarking muestra que los aviones de carga consumen entre 15 y 20 megajulios por tonelada-kilómetro, los camiones de larga distancia entre 1,2 y 2,5, los buques portacontenedores entre 0,1 y 0,5, y los trenes de carga entre 0,3 y 0,9 megajulios por tonelada-kilómetro. La métrica de pérdidas de producto durante el transporte mide el porcentaje de producto que se deteriora o se pierde desde el punto de origen hasta el destino. Esta métrica es esencial porque refleja la eficiencia del sistema logístico, ya que evidencia la efectividad de las condiciones de preservación durante el transporte. Además, tiene implicaciones en la sostenibilidad, al representar un desperdicio de recursos utilizados en la producción y en el transporte, y en la viabilidad económica, pues impacta directamente en los costos y la rentabilidad de la operación. También revela la calidad de los sistemas de embalaje y de control de temperatura implementados.

El cálculo se realiza registrando la cantidad de producto en condiciones óptimas al inicio del transporte y comparándola con la cantidad que llega en condiciones comercializables al destino. La diferencia se expresa como un porcentaje respecto al volumen inicial. Por ejemplo, si en un envío de 10.000 tallos, 9.600 llegan en condiciones adecuadas para la venta, el indicador de pérdida sería del 4 %. Como referencia, el benchmarking establece que las flores de alta calidad transportadas en cadena de frío óptima presentan pérdidas menores al 3 %, los sistemas de transporte estándar entre 5 y 10 %, y los que operan en condiciones subóptimas superan el 15 % de pérdidas. La métrica del tiempo de vida en florero post-transporte evalúa cuántos días permanece el producto en condiciones estéticas aceptables después de su llegada al destino, lo que refleja la calidad del proceso de transporte y manejo. Esta métrica es importante porque incide directamente en la satisfacción del cliente final, en el valor percibido del producto, y en la efectividad de la cadena de frío. Un mayor tiempo de vida en florero también permite una diferenciación en el mercado, ya que puede justificar precios más altos.

Para su cálculo, se seleccionan muestras representativas de cada lote transportado, se colocan en condiciones estándar que simulan el entorno del consumidor final, y se registra diariamente la condición de las flores hasta que alcancen un punto de deterioro inaceptable previamente definido. Por ejemplo, si las rosas conservan una apariencia aceptable durante siete días tras la entrega, el indicador sería de siete días de vida en florero. El benchmarking indica que las rosas de alta calidad duran entre 10 y 14 días, los claveles entre 12 y 20 días, las flores tropicales entre 7 y 14 días, y las flores más delicadas como los lirios entre 5 y 8 días. Los sistemas de seguimiento son herramientas, procesos y metodologías utilizados para recopilar, analizar y reportar los KPIs de forma consistente y confiable. En este sentido, las plataformas tecnológicas en tiempo real permiten la recolección, transmisión y visualización inmediata de datos críticos durante el transporte. Los sensores IoT permiten medir parámetros como temperatura, humedad, concentración de etileno, vibraciones y ubicación geográfica. Esta información es enviada desde los contenedores en movimiento mediante tecnologías como 4G/5G, LoRaWAN o conexiones satelitales.

Los softwares de visualización presentan los datos recolectados en tiempo real mediante paneles o dashboards configurables. Los sistemas de alertas generan notificaciones automáticas cuando algún parámetro se encuentra fuera de los rangos óptimos establecidos, lo que permite una respuesta oportuna. Además, los análisis predictivos, a través de algoritmos avanzados, pueden anticipar problemas potenciales basados en tendencias de los datos históricos. Los beneficios de estos sistemas incluyen

la posibilidad de intervenir de manera inmediata ante desviaciones en condiciones críticas, asegurar la trazabilidad completa de la cadena de transporte, facilitar una optimización continua basada en datos objetivos, mejorar la transparencia frente a clientes y partes interesadas, y generar documentación automática útil para certificaciones y auditorías. Por ejemplo, una plataforma puede mostrar en tiempo real que un contenedor de flores está experimentando un aumento gradual de temperatura, lo que permitiría al equipo de logística contactar al transportista y corregir el problema antes de que afecte la calidad del producto.

Los procedimientos de recolección de datos son los métodos sistemáticos y estandarizados para capturar la información necesaria para calcular los KPIs de manera consistente. Entre los elementos clave se encuentran los protocolos de medición, que incluyen instrucciones detalladas sobre qué medir, cómo hacerlo y con qué frecuencia; la asignación de responsabilidades claras sobre quién se encarga de cada etapa del proceso de recolección; los formatos estandarizados, como plantillas y formularios unificados, que aseguran la consistencia; los puntos de control, que corresponden a momentos específicos del proceso donde se realizan mediciones (carga, transferencias entre modos de transporte, descarga); y la gestión de excepciones, con procedimientos definidos para documentar y manejar situaciones anómalas. El proceso típico inicia en la fase de pre-transporte, con la medición basal de la calidad del producto, el registro de condiciones iniciales y la documentación de la carga. Durante el transporte, se realiza un registro continuo o periódico de las condiciones ambientales y de eventos relevantes. En la recepción, se evalúa inmediatamente el estado del producto, se miden las temperaturas y se realiza documentación fotográfica. Finalmente, en la etapa de post-transporte, se lleva a cabo el seguimiento de la vida en florero, se analizan aspectos de calidad y se recopila la retroalimentación del cliente. Por ejemplo, para el KPI de "Pérdidas durante el transporte", el procedimiento podría especificar que se deben contar y clasificar los tallos dañados al momento de la recepción, documentarlos fotográficamente y registrar la información en un formato digital específico dentro de las dos horas posteriores a dicha recepción.

La metodología de verificación y auditoría comprende los procesos que garantizan la precisión, integridad y confiabilidad de los datos utilizados para los KPIs. Sus componentes principales incluyen la validación de datos, mediante procedimientos para detectar valores atípicos, errores de entrada o inconsistencias; la calibración de instrumentos, con verificaciones periódicas de la precisión de sensores y equipos de medición; y las auditorías internas, que son revisiones sistemáticas realizadas por personal de la propia organización para verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos. Asimismo, se contempla la verificación por terceros, la cual implica evaluaciones independientes realizadas por entidades externas para confirmar la fiabilidad de los datos y procesos. A esto se suma la trazabilidad documental, que permite rastrear cada dato hasta su fuente original y verificar su integridad. Existen tres niveles de verificación: el primario, con comprobaciones automáticas en los sistemas de captura de datos; el secundario, con revisiones periódicas realizadas por supervisores o responsables de calidad; y el terciario, con auditorías formales internas o externas que se efectúan con una periodicidad establecida.

Los elementos de la auditoría incluyen la revisión de la metodología de cálculo de los KPIs, la verificación de la calibración de los instrumentos de medición, la

comprobación de muestras aleatorias de datos frente a los registros originales, las entrevistas con el personal responsable de la recolección de datos y la realización de pruebas de repetibilidad y reproducibilidad. Por ejemplo, una auditoría del KPI "gramos de CO₂ por tallo transportado" incluiría la verificación de los factores de emisión utilizados, la precisión de los registros de combustible, la validez de la metodología de cálculo y la exactitud del conteo de tallos transportados. Entonces, los KPIs bien definidos y los sistemas rigurosos de seguimiento permiten no solo medir el desempeño actual, sino también identificar oportunidades de mejora, justificar inversiones en tecnología o procesos más eficientes, y demostrar el compromiso con la sostenibilidad ante clientes y otras partes interesadas.

10) Plan de implementación gradual

Un plan de implementación gradual establece una hoja de ruta estructurada para poner en marcha iniciativas de sostenibilidad o mejora de procesos de manera estratégica y ordenada. Este enfoque permite gestionar eficientemente los recursos, minimizar riesgos y maximizar la probabilidad de éxito en la transformación de las operaciones. La priorización de iniciativas es un proceso sistemático para determinar qué acciones implementar primero, basándose en criterios objetivos que maximicen el valor y minimicen los riesgos. La clasificación por impacto, inversión y facilidad de implementación utiliza tres dimensiones clave para evaluar y jerarquizar cada iniciativa potencial.

La evaluación de impactos considera los beneficios esperados en términos ambientales, económicos, operativos y reputacionales. En cuanto al impacto ambiental, se analizan la reducción de emisiones de CO₂, la disminución de residuos y el ahorro de recursos naturales. El impacto económico incluye la reducción de costos, el aumento de ingresos y la mejora de márgenes. El impacto operativo contempla la mejora en eficiencia, la reducción de tiempos y el incremento en la calidad. Finalmente, el impacto reputacional considera la mejora de la imagen corporativa y el cumplimiento de las expectativas de los stakeholders. Una escala de evaluación clasifica los impactos como: mínimo o marginal, bajo pero apreciable, moderado, significativo y transformacional. La inversión requerida contempla los recursos necesarios para implementar la iniciativa: inversión financiera (capital necesario para equipos, tecnología o infraestructura), recursos humanos (personal adicional o tiempo del equipo actual), tiempo de implementación (desde la planificación hasta la operación completa) y la complejidad técnica (nivel de especialización o conocimientos requeridos).

La facilidad de implementación evalúa qué tan complejo será ejecutar la iniciativa, considerando barreras organizacionales como la resistencia al cambio o reestructuración necesaria, dependencias externas como la colaboración con proveedores o clientes, requisitos regulatorios como permisos, certificaciones o aprobaciones necesarias, complejidad logística en la coordinación entre departamentos o ubicaciones geográficas, y la madurez de la solución, es decir, si se trata de una tecnología probada o experimental. Estos enfoques permiten visualizar claramente qué iniciativas ofrecen la mejor relación entre beneficios esperados y recursos requeridos. Una vez priorizadas, las iniciativas se organizan en fases secuenciales con plazos realistas. Las fases típicas de implementación son las siguientes:

La fase preparatoria (1-3 meses) contempla la conformación del equipo de proyecto, el análisis detallado de la línea base, el desarrollo de métricas y sistemas de monitoreo, y la definición de objetivos específicos. La fase piloto (2-4 meses) incluye la implementación de iniciativas de "quick win", pruebas a escala limitada, recopilación y análisis de resultados iniciales, y ajustes a la implementación basados en los aprendizajes obtenidos. La fase de escalamiento (4-12 meses) abarca el despliegue a mayor escala de las iniciativas exitosas, el inicio de proyectos de mediana complejidad, la integración de cambios en los procesos estándar y la capacitación extensiva. La fase de consolidación (6-18 meses) implica la implementación de iniciativas complejas, la institucionalización de nuevos procesos, la evaluación de resultados frente a los objetivos y la realización de ajustes finales y optimización. La fase de evolución continua (permanente) se centra en el monitoreo constante de los KPIs, la búsqueda de nuevas oportunidades de mejora, la adaptación a los cambios del entorno y la innovación incremental.

Las consideraciones para un cronograma realista incluyen la estacionalidad del negocio, programando los cambios importantes fuera de las temporadas pico; las interdependencias, para identificar qué iniciativas son prerequisites de otras; la disponibilidad de recursos, considerando la capacidad del equipo y posibles cuellos de botella; los períodos de adaptación, que contemplan tiempo suficiente para que el personal se familiarice con los nuevos procesos; y las contingencias, incorporando márgenes de tiempo (15–20 %) para imprevistos. Las herramientas de planificación incluyen los diagramas de Gantt para visualizar la secuencia de actividades, la metodología de ruta crítica para identificar tareas que podrían retrasar todo el proyecto, la definición de hitos claros y medibles para evaluar el progreso, y las reuniones periódicas de seguimiento (semanales o mensuales) para actualizar el plan según sea necesario.

La identificación de "quick wins" y proyectos piloto permite seleccionar iniciativas que puedan implementarse rápidamente, con recursos limitados y que ofrezcan resultados visibles en el corto plazo. Los proyectos piloto son pruebas controladas a pequeña escala que permiten evaluar iniciativas antes de un despliegue completo. Estos "quick wins" efectivos se caracterizan por implementarse en menos de tres meses, con inversión mínima o recuperable en el corto plazo, resultados claros y medibles, visibilidad para múltiples stakeholders y baja complejidad técnica y organizacional. Ejemplos de "quick wins" en logística sostenible incluyen la optimización de rutas de transporte mediante software especializado, la implementación de embalajes reutilizables para trayectos cortos, los ajustes en temperatura de transporte basados en estudios de vida útil, la consolidación de cargas para maximizar la eficiencia, y la capacitación en técnicas de conducción eficiente.

Los beneficios de los proyectos piloto incluyen la posibilidad de probar conceptos antes de comprometer grandes recursos, generar aprendizajes para refinar la implementación a mayor escala, identificar obstáculos no previstos en la planificación inicial, crear casos de éxito internos que faciliten la adopción y reducir la resistencia al cambio al demostrar beneficios tangibles. Para el diseño efectivo de un proyecto piloto, se debe realizar una cuidadosa selección del alcance (ruta específica, cliente particular, línea de producto), definir claramente las métricas de éxito con participación del personal operativo, documentar detalladamente las lecciones aprendidas y establecer un plan específico para escalar en caso de éxito.

La gestión del cambio es un proceso estructurado para preparar, equipar y apoyar a las personas a fin de que adopten exitosamente los nuevos procesos, tecnologías o comportamientos. Una capacitación efectiva es fundamental para garantizar que todos los participantes comprendan los cambios, desarrollen las habilidades necesarias y se comprometan con la nueva forma de trabajar. Dentro de las estrategias de capacitación se incluye el análisis de necesidades formativas, que identifica las brechas de conocimiento y habilidades, definiendo perfiles y roles en el nuevo escenario, y personalizando los contenidos según el nivel de participación en los cambios. El desarrollo de programas formativos se realiza mediante módulos secuenciales que construyen competencias de forma progresiva, combinando distintos formatos (presencial, en línea, en el puesto de trabajo), material visual y práctico adaptado a distintos estilos de aprendizaje, y casos de estudio relevantes al contexto específico.

Las metodologías efectivas incluyen formación práctica con simulaciones de situaciones reales, mentorías entre pares (donde colaboradores con más experiencia guían a otros), microlearning (contenidos breves y específicos), y gamificación para aumentar el compromiso y la retención del conocimiento. La evaluación y seguimiento se lleva a cabo mediante pruebas de conocimiento antes y después de la capacitación, observación en campo de la aplicación de nuevas habilidades, sesiones de refuerzo para temas complejos y certificaciones internas para reconocer la adquisición de competencias. Ejemplos de contenidos formativos para la implementación sostenible incluyen fundamentos de sostenibilidad y su relevancia para el negocio, nuevos procedimientos operativos y protocolos, uso de nuevas tecnologías o equipos, métodos de recolección y registro de datos para KPIs, y comunicación de iniciativas sostenibles a clientes y proveedores.

La comunicación con proveedores y clientes debe ser efectiva, ya que la coordinación con actores externos es clave para alinear expectativas, fomentar la colaboración y potenciar los beneficios de las nuevas iniciativas. Se debe comenzar con la preparación de los proveedores según su nivel de impacto en el proyecto. La adaptación de mensajes según la relación comercial y el grado de madurez en sostenibilidad requiere definir los canales preferentes y la frecuencia de comunicación, así como el contenido clave para los proveedores: justificación de los cambios, beneficios mutuos esperados, nuevos requisitos técnicos o de documentación, cronogramas de implementación que afecten la relación comercial, oportunidades de colaboración y co-creación, y apoyo disponible para facilitar la transición. Los formatos efectivos incluyen reuniones individuales con proveedores estratégicos, webinars informativos para grupos de proveedores similares, documentación técnica clara y detallada, un portal de proveedores con recursos y actualizaciones, y programas de desarrollo de proveedores para cerrar brechas.

Las estrategias de comunicación con clientes incluyen la segmentación de clientes según su interés en sostenibilidad, la identificación de beneficios relevantes para cada segmento y el desarrollo de narrativa y mensajes clave. El contenido clave para clientes incluye una propuesta de valor mejorada con los cambios implementados, impacto positivo en calidad, servicio o experiencia, beneficios ambientales cuantificables (cuando sea posible), ajustes necesarios en procedimientos de pedido o recepción y la historia detrás de la transformación (storytelling). Los formatos efectivos comprenden comunicación personalizada a cuentas clave, materiales de marketing que destaquen los

beneficios, demostraciones o pruebas con clientes seleccionados, inclusión de resultados en informes de sostenibilidad o comunicaciones corporativas, y testimonios y casos de éxito a medida que se obtengan resultados.

La gestión de expectativas requiere transparencia sobre el cronograma y los posibles inconvenientes temporales, el establecimiento de mecanismos de retroalimentación bidireccional, la creación de foros para resolver dudas o preocupaciones, el monitoreo de la satisfacción durante la transición y la celebración y comunicación de los hitos conseguidos.

La adaptación de procesos operativos implica la revisión, rediseño y documentación de las actividades diarias para incorporar los cambios necesarios de manera eficiente y sostenible. Los pasos para la adaptación efectiva de procesos incluyen el mapeo de los procesos actuales, con documentación detallada del flujo de trabajo existente, identificación de puntos de contacto entre departamentos, análisis de eficiencias e ineficiencias actuales e identificación de actividades de valor agregado y no agregado. Se debe diseñar nuevos procesos incorporando los requisitos de sostenibilidad, eliminando pasos redundantes o innecesarios, automatizando actividades repetitivas cuando sea posible, integrando nuevas tecnologías y herramientas, y rediseñando formularios y documentación.

La documentación debe ser clara y accesible, incluyendo procedimientos operativos estándar (POEs), instrucciones de trabajo con apoyo visual, diagramas de flujo simplificados, listas de verificación para actividades críticas y manuales de usuario para nuevas tecnologías. Las pruebas de proceso incluyen simulaciones controladas antes de la implementación, identificación de posibles cuellos de botella, validación con usuarios finales y ajustes basados en retroalimentación. La implementación escalonada se realiza mediante la introducción gradual por áreas o departamentos, períodos de transición con sistemas paralelos, supervisión cercana durante la fase inicial y resolución rápida de problemas identificados.

Los aspectos críticos en la adaptación de procesos logísticos sostenibles incluyen nuevos procedimientos de embalaje con secuencia optimizada de empaque, manejo específico de materiales sostenibles, criterios de selección de embalaje según destino y producto, y documentación de especificaciones técnicas. Para los protocolos de cadena de frío se consideran temperaturas ajustadas según estudios de vida útil, procedimientos de verificación y registro, protocolos de respuesta ante desviaciones y mantenimiento preventivo de equipos. La gestión de datos para trazabilidad implica la captura de información en puntos críticos, transmisión segura y verificable, almacenamiento y respaldo según requisitos, y la integración con sistemas existentes.

La coordinación intermodal incluye procedimientos para transferencias entre medios de transporte, estandarización de documentación, protocolos de comunicación entre actores y planes de contingencia para retrasos o problemas. Las herramientas de apoyo comprenden sistemas de gestión documental para versionar procedimientos, plataformas de colaboración para facilitar el trabajo entre equipos, aplicaciones móviles para acceso a procedimientos en campo, tableros visuales (físicos o digitales) para seguimiento de la implementación y software de gestión de procesos de negocio (BPM) para monitoreo y mejora continua. La implementación gradual permite gestionar el cambio de manera controlada, aprender de la experiencia y ajustar el plan según sea necesario, aumentando

significativamente las probabilidades de éxito y la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.

11) Conclusiones y recomendaciones finales

El Plan de Transporte Sostenible para Flores presenta viabilidad técnica, económica y ambiental. Para su implementación, se deben evaluar múltiples dimensiones de manera integral a fin de garantizar su éxito. La viabilidad técnica confirma que existen soluciones tecnológicas y operativas disponibles y probadas para implementar un transporte más sostenible de productos florales. Los sistemas de refrigeración avanzados, que utilizan tecnologías de bajo consumo energético y refrigerantes de menor impacto ambiental, como los hidrocarburos o el CO₂, son técnicamente viables y han sido comprobados en cadenas logísticas similares. Los sistemas híbridos, que combinan refrigeración solar con sistemas convencionales, también han demostrado ser fiables en operaciones comerciales. Las alternativas de transporte multimodal, que integran el transporte marítimo en contenedores refrigerados con la distribución terrestre, resultan viables para muchas variedades florales. Los avances en atmósferas controladas y tecnologías de preservación permiten mantener la calidad del producto durante períodos de tránsito más prolongados.

En cuanto a los materiales de embalaje sostenibles, actualmente existen opciones biodegradables, compostables y reciclables que presentan propiedades técnicas adecuadas para la protección y conservación de flores. Las pruebas realizadas con estos materiales han demostrado rendimientos comparables a los plásticos convencionales, tanto en la protección contra daños físicos como en la conservación de la humedad. Por otro lado, los sistemas de monitoreo en tiempo real, apoyados en tecnologías IoT, sensores y plataformas de seguimiento, están lo suficientemente desarrollados como para permitir un monitoreo completo de la cadena de frío y de las condiciones de transporte, lo que facilita intervenciones oportunas para preservar la calidad del producto. No obstante, aún existen desafíos técnicos por resolver. Entre ellos se encuentra la necesidad de adaptar los protocolos postcosecha a los tiempos de tránsito más largos, la optimización de las tecnologías de preservación para variedades más sensibles, la integración de los sistemas de información entre los distintos actores de la cadena logística, así como el desarrollo de capacidades técnicas locales para el mantenimiento de las nuevas tecnologías.

El análisis de la viabilidad económico-financiera demuestra que, si bien algunas soluciones sostenibles requieren inversiones iniciales significativas, el plan presenta viabilidad económica en el mediano y largo plazo. El transporte marítimo, aunque más lento, puede representar una reducción de costos de hasta un 70 % en comparación con el transporte aéreo. Estas diferencias permiten compensar ampliamente las inversiones requeridas en tecnologías de preservación y embalajes especializados. Asimismo, el retorno sobre la inversión en contenedores especializados, sistemas de monitoreo y centros de consolidación muestra períodos de recuperación estimados entre dos y cuatro años, dependiendo de los volúmenes de operación y de las rutas utilizadas. El modelo económico mantiene su viabilidad incluso bajo escenarios adversos, como un aumento en los costos de transporte o una reducción en los precios de venta. Esta resiliencia se explica por los ahorros generados mediante la reducción de pérdidas durante el transporte, el incremento en la vida útil del producto que facilita el acceso a mercados más distantes, el potencial de obtener un precio premium por productos con menor huella ambiental, y la

reducción progresiva de costos a medida que se escalan las operaciones. La gradualidad del plan permite distribuir las inversiones a lo largo del tiempo, reduciendo la presión financiera inicial y posibilitando que algunas fases se autofinancien con los ahorros generados por etapas anteriores.

Las condiciones necesarias para asegurar la viabilidad económica incluyen la existencia de volúmenes mínimos para una consolidación eficiente, que se estiman entre 10 y 15 toneladas semanales, así como el acceso a financiamiento con condiciones favorables para cubrir las inversiones iniciales. También se requiere una estabilidad relativa en los costos del combustible y de los fletes internacionales, y una adecuada coordinación entre productores para compartir infraestructura y optimizar los costos fijos.

La evaluación de la viabilidad ambiental confirma beneficios significativos y cuantificables que justifican la implementación del plan. La reducción de la huella de carbono, mediante la transición del transporte aéreo al marítimo, puede disminuir las emisiones de CO₂ por tallo transportado en aproximadamente un 60-80 %, dependiendo de las rutas y de la eficiencia de los buques utilizados. Esta reducción puede representar entre 100 y 150 gramos de CO₂ por tallo. Asimismo, la disminución de contaminantes locales, gracias a la reducción del transporte terrestre mediante la consolidación y optimización de rutas, disminuye las emisiones de NO_x y material particulado en zonas urbanas y rurales cercanas a los centros de producción.

El ciclo de vida mejorado, a través del uso de embalajes biodegradables o de menor impacto ambiental, reduce significativamente la generación de residuos plásticos en los mercados de destino. La conservación de recursos también es un beneficio importante: la optimización logística contribuye a reducir el consumo de agua y energía en toda la cadena, factores críticos si se considera que el transporte representa hasta el 30 % del consumo energético total en la cadena de valor floral. Las métricas ambientales clave reflejan reducciones del 60-80 % en emisiones de CO₂ por unidad transportada, del 40-50 % en consumo energético por tonelada-kilómetro, del 70-90 % en plásticos de un solo uso en embalaje y del 30-40 % en pérdidas de producto.

Para lograr una implementación exitosa, es necesario adaptar estrategias específicas para cada componente de la cadena logística floral. La adaptación de prácticas de cultivo y postcosecha implica implementar variedades con mayor durabilidad poscorte, priorizando aquellas que mantienen su calidad por períodos prolongados, optimizando los protocolos de hidratación y enfriamiento rápido para extender su vida útil, y adaptando tratamientos anti-etileno de bajo impacto ambiental para variedades sensibles. También se deben desarrollar calendarios de producción alineados con la frecuencia de los servicios marítimos. En cuanto a la mejora de infraestructura en origen, se requiere inversión en cuartos fríos energéticamente eficientes con sistemas de energía renovable, así como en estaciones de preenfriamiento con tecnologías de vacío o aire forzado. Es necesario desarrollar áreas de consolidación compartidas para pequeños productores, instalar sistemas de monitoreo de condiciones ambientales conectados a plataformas digitales, y optimizar el embalaje primario mediante la sustitución de materiales plásticos por alternativas biodegradables certificadas. Se deben rediseñar los empaques para maximizar la densidad de carga sin comprometer la protección, implementar sistemas de empaque reutilizables para mercados cercanos, y estandarizar dimensiones para optimizar el uso del espacio en contenedores y camiones.

Para los operadores logísticos y transportistas, la transición hacia flotas sostenibles incluye la renovación progresiva de los vehículos terrestres por unidades de bajas emisiones, la implementación de tecnologías para monitorear la conducción eficiente, el desarrollo de programas de mantenimiento preventivo enfocados en la eficiencia energética, y la optimización de rutas mediante software especializado para minimizar distancias y evitar la congestión. La cadena de frío debe optimizarse con inversiones en contenedores refrigerados energéticamente eficientes, implementando procedimientos estandarizados para transferencias entre modos de transporte, desarrollando protocolos específicos para flores según variedad, y estableciendo sistemas de respaldo para fallas eléctricas basados en energía renovable. El desarrollo de capacidades multimodales debe incluir alianzas con navieras para servicios dedicados o prioritarios, la creación de hubs de consolidación en puntos estratégicos cercanos a zonas productoras y la implementación de plataformas digitales que permitan visibilidad completa de la cadena logística. También es importante diseñar contingencias para el manejo de picos estacionales. Para los importadores y distribuidores, la adaptación de modelos de negocio requiere desarrollar estrategias de pedido anticipado ajustadas a tiempos de tránsito más largos, implementar centros de recepción con capacidad para tratamientos de rehidratación, adaptar las políticas de inventario a frecuencias de arribo diferentes y capacitar al personal en el manejo específico del producto transportado por vía marítima.

La comunicación con el mercado debe incluir el desarrollo de programas de marketing que destaquen los beneficios ambientales del producto, la creación de etiquetado transparente que comunique la huella de carbono reducida, la educación a florerías y consumidores finales sobre las ventajas de las flores transportadas de manera sostenible y la implementación de sistemas de trazabilidad que permitan al consumidor verificar la ruta sostenible del producto. La optimización de la última milla debe contemplar rutas de distribución eficientes con vehículos eléctricos para entregas urbanas, la implementación de centros de distribución periurbanos para reducir la congestión, el desarrollo de opciones de embalaje retornable para florerías frecuentes, la coordinación de horarios de entrega para evitar horas pico de tráfico, y la colaboración con entidades de apoyo como gobiernos, asociaciones y certificadoras.

El desarrollo de marcos facilitadores debe incluir la simplificación de procesos de inspección fitosanitaria para reducir los tiempos de tránsito, el establecimiento de incentivos fiscales para inversiones en tecnologías verdes de transporte, el desarrollo de programas de cofinanciamiento para infraestructura sostenible y la implementación de sellos o certificaciones que reconozcan el transporte sostenible de flores. El fortalecimiento de capacidades implica la creación de programas de formación especializada en logística sostenible floral que facilite la transferencia de conocimientos y tecnologías entre regiones productoras, así como el establecimiento de centros de innovación enfocados en soluciones logísticas para percederos que desarrollen investigación aplicada en preservación floral para tránsitos prolongados.

Lograr un equilibrio óptimo entre los objetivos ambientales y la viabilidad comercial es crucial para la sostenibilidad a largo plazo del plan. Las estrategias para optimizar este balance incluyen la segmentación estratégica del portafolio, identificando variedades y mercados donde el transporte marítimo ofrece viabilidad técnica sin comprometer la calidad, manteniendo al mismo tiempo opciones aéreas para productos premium, variedades ultrasensibles o situaciones de urgencia. También es importante desarrollar

una mezcla óptima entre modos de transporte según temporadas y destinos, e implementar un modelo de decisión dinámico basado en variables de mercado y sostenibilidad. La creación de valor diferencial se apoya en una narrativa de producto que resalte la sostenibilidad como atributo, en la implementación de certificaciones reconocidas internacionalmente como huella de carbono o comercio justo, en la creación de experiencias educativas para consumidores finales sobre los beneficios ambientales, y en alianzas con retailers comprometidos con la sostenibilidad.

La optimización de costos operativos implica implementar economías de escala mediante la consolidación entre productores, desarrollar eficiencias que compensen mayores tiempos de transporte, negociar tarifas preferenciales por volumen y regularidad con navieras, y reducir costos indirectos mediante la digitalización de procesos administrativos. En cuanto a la gestión de riesgos, se recomienda implementar seguros específicos que cubran el deterioro en tránsitos prolongados, desarrollar protocolos de contingencia para interrupciones en la cadena logística, establecer mecanismos de cobertura para fluctuaciones en los costos de flete y diversificar geográficamente los mercados para reducir la dependencia de rutas específicas.

Para monitorear el equilibrio entre sostenibilidad y viabilidad comercial, se recomiendan indicadores como el margen neto por tipo de transporte (para comparar rentabilidad entre opciones logísticas), el precio premium obtenido por producto sostenible (disposición del mercado a pagar por el beneficio ambiental), la huella de carbono por dólar de valor generado (relación entre impacto ambiental y valor económico), la satisfacción del cliente con la calidad del producto (verificando que la sostenibilidad no comprometa la experiencia), el costo logístico como porcentaje del valor final del producto y la vida en florero efectiva frente a la esperada (cumplimiento de expectativas de calidad).

La implementación progresiva de este plan de transporte sostenible para flores no solo transformará la huella ambiental del sector, sino que también sentará las bases para un modelo de negocio más resiliente, económicamente viable y alineado con las expectativas crecientes de los mercados y consumidores en torno a productos sostenibles. La evaluación exhaustiva de un plan de transporte sostenible para exportaciones florícolas debe balancear cuidadosamente las consideraciones ambientales con la necesidad de mantener la competitividad en los mercados internacionales, garantizando que la calidad del producto no se vea comprometida por las nuevas prácticas sostenibles.

CAPÍTULO 4

TECNOLOGÍAS DE LOGÍSTICA 4.0: REVOLUCIONANDO LA INTEGRACIÓN REGIONAL Y EL COMERCIO INTERNACIONAL

La logística 4.0, impulsada por tecnologías como Internet de las cosas (IoT), Inteligencia Artificial (IA) y blockchain, está transformando el panorama de la integración regional y el comercio internacional. Estas tecnologías no sólo están mejorando la eficiencia comercial, sino que también reducen significativamente los costos, fomentando así el crecimiento económico y la competitividad mundial. Esta respuesta explora el impacto económico de estas tecnologías, centrándose en la eficiencia comercial y la reducción de costos, respaldada por los conocimientos de los documentos de investigación pertinentes (Kupanarapu, 2024).

El Internet de las cosas (IoT) se ha convertido en una piedra angular de logística 4.0, permitiendo el monitoreo en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos. Los dispositivos IoT, como los rastreadores GPS y las etiquetas RFID, proporcionan visibilidad de extremo a extremo en todas las cadenas de suministro, lo que garantiza un seguimiento preciso de los productos y optimiza las operaciones logísticas. Esta visibilidad es particularmente crítica en el comercio internacional, donde las mercancías a menudo atraviesan múltiples regiones y jurisdicciones (Zrelli & Rejeb, 2024).

El IoT también juega un papel fundamental en el mantenimiento predictivo y la administración de inventario. Al analizar los datos de los sensores de IoT, las empresas pueden anticipar fallas en los equipos y administrar los niveles de inventario de manera más efectiva, reduciendo el tiempo de inactividad y el exceso de costos de almacenamiento. Además, las soluciones habilitadas para IoT son fundamentales para optimizar la entrega de última milla, un componente crítico del comercio electrónico transfronterizo, al mejorar la planificación de rutas y reducir los costos de transporte (Lee, 2024).

La Inteligencia Artificial (IA) complementa el IoT al aprovechar el análisis de datos y el aprendizaje automático para mejorar las operaciones comerciales. El análisis predictivo impulsado por IA permite a las empresas pronosticar la demanda con mayor precisión, optimizar la planificación de rutas y agilizar los procedimientos aduaneros, lo que lleva a una logística más rápida y eficiente. Por ejemplo, los sistemas impulsados por IA pueden analizar datos comerciales históricos para identificar tendencias y posibles cuellos de botella, lo que permite a las empresas tomar decisiones proactivas y minimizar los retrasos (Ozturk, 2024).

Además de la eficiencia operativa, la IA mejora la financiación del comercio al automatizar el procesamiento de documentos y la evaluación de riesgos. Esto no solo reduce el tiempo requerido para las transacciones financieras, sino que también aumenta la transparencia, facilitando que las empresas accedan al financiamiento y amplíen su alcance de mercado. La IA también soporta marketing personalizado y servicio al cliente, lo que permite a las empresas comprender mejor las preferencias de los consumidores y adaptar sus ofertas para satisfacer las demandas del mercado (Irfan, et al., 2025).

La tecnología Blockchain es otro habilitador clave de Logistics 4.0, que ofrece una plataforma segura y descentralizada para realizar transacciones y rastrear mercancías. Al proporcionar un libro mayor inmutable y transparente, blockchain reduce el riesgo de fraude y errores, fomentando la confianza entre las partes interesadas en el comercio internacional. Esto es particularmente importante en las transacciones transfronterizas, donde participan múltiples partes y la necesidad de rendición de cuentas es primordial (Kupanarapu, 2024).

Blockchain también agiliza los procedimientos aduaneros y reduce el papeleo, facilitando flujos comerciales más suaves. Por ejemplo, los sistemas basados en blockchain pueden automatizar la verificación de certificados de origen y otros documentos comerciales, minimizando los retrasos en las fronteras. Además, la capacidad de blockchain para rastrear productos en tiempo real mejora la trazabilidad de la cadena de suministro, lo que permite a las empresas cumplir con los requisitos reglamentarios y garantizar prácticas éticas de abastecimiento (Lee, 2024).

La integración sinérgica de IoT, IA y blockchain crea un marco poderoso para optimizar las cadenas de suministro y mejorar la eficiencia comercial. IoT proporciona datos en tiempo real, que la IA procesa para generar información procesable, mientras que blockchain garantiza la seguridad y transparencia de estos procesos. Esta integración es particularmente beneficiosa en el contexto de la integración regional, donde es esencial una coordinación sin fisuras entre múltiples partes interesadas (Kupanarapu, 2024).

Por ejemplo, en la Zona de Libre Comercio Continental Africana (AFCFTA), la adopción de marcos digitales de cadena de suministro que integren estas tecnologías puede acelerar el comercio intraafricano al reducir las barreras y mejorar la eficiencia de las operaciones logísticas. Del mismo modo, en el comercio electrónico transfronterizo, la combinación de IoT, IA y blockchain puede optimizar la entrega de última milla, reducir costos y promover prácticas logísticas sostenibles (Lee, 2024).

El impacto económico de las tecnologías Logistics 4.0 es evidente en su capacidad para mejorar la eficiencia comercial y reducir costos. Al optimizar las cadenas de suministro, estas tecnologías minimizan el desperdicio, reducen los costos de transporte y mejoran la gestión de inventario, lo que lleva a importantes ahorros de costos para las empresas. Por ejemplo, la optimización de rutas impulsada por IA puede reducir el consumo de combustible y reducir las emisiones de carbono, contribuyendo tanto a la reducción de costos como a la sostenibilidad ambiental (Ameh, 2024).

Además, la mejora de la eficiencia de las operaciones logísticas permite a las empresas ampliar su alcance en el mercado y aumentar su competitividad en el comercio mundial. Esto es particularmente importante para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), que a menudo enfrentan desafíos para acceder a los mercados internacionales debido a los altos costos logísticos. Al aprovechar las tecnologías de Logistics 4.0, las PYMES pueden reducir estos costos y participar de manera más efectiva en el comercio regional e internacional (Irfan et al., 2025).

A pesar del potencial transformador de las tecnologías Logísticas 4.0, se deben abordar varios desafíos y limitaciones. Los altos costos de implementación, particularmente para las PYMES, pueden actuar como un obstáculo para la adopción. Además, la falta de regulaciones estandarizadas y las preocupaciones sobre la privacidad

de los datos plantean riesgos significativos, particularmente en las transacciones transfronterizas. La complejidad de integrar estas tecnologías en los sistemas logísticos existentes es otro desafío. Por ejemplo, la adopción de blockchain requiere cambios significativos en los procesos de negocio y las estructuras organizativas, que pueden ser resistentes al cambio. Además, la falta de personal calificado e infraestructura en algunas regiones puede dificultar la implementación efectiva de estas tecnologías (Malatji, 2023).

Diversos estudios de caso destacan las aplicaciones prácticas y beneficios de las tecnologías Logistics 4.0. Por ejemplo, empresas como Alibaba y JD han integrado con éxito IA y blockchain en sus sistemas de gestión de la cadena de suministro, logrando importantes reducciones de costos y mejoras de eficiencia. Estas empresas han aprovechado la IA para la previsión de la demanda, la optimización del inventario y la planificación de rutas, mientras que blockchain se ha utilizado para mejorar la transparencia y la seguridad en sus operaciones logísticas. Del mismo modo, la integración de IoT y blockchain ha revolucionado la gestión de carga, permitiendo el seguimiento y monitoreo en tiempo real de las mercancías. Esto no solo ha mejorado la eficiencia de las operaciones logísticas, sino que también ha reducido las disputas y mejorado la satisfacción del cliente. Estos estudios de caso demuestran el potencial transformador de las tecnologías Logistics 4.0 en escenarios del mundo real (Kupunarapu, *Revolutionizing Freight Management: A Synergistic Approach Using IoT and Blockchain Technologies.*, 2024).

Las tecnologías Logistics 4.0, incluyendo IoT, IA y blockchain, están revolucionando la integración regional y el comercio internacional al mejorar la eficiencia comercial y reducir los costos. Estas tecnologías proporcionan visibilidad en tiempo real, análisis predictivo y transacciones seguras, lo que permite a las empresas optimizar sus cadenas de suministro y ampliar su alcance en el mercado. Si bien persisten desafíos como los altos costos de implementación y las preocupaciones sobre la privacidad de los datos, los beneficios económicos de estas tecnologías son innegables. A medida que las empresas sigan adoptando e integrando estas tecnologías, desempeñarán un papel fundamental para impulsar el crecimiento económico sostenible y fomentar la competitividad mundial (Lee, 2024).

4.1 Organismos Regionales en América Latina y sus Implicaciones Logísticas

Las integraciones económicas han evolucionado significativamente en las últimas décadas, transformando sus sistemas logísticos para adaptarse a las nuevas demandas comerciales, tanto regionales como globales. La integración económica sudamericana, implementada a través de bloques como MERCOSUR, la Comunidad Andina (CAN) y la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), ha impulsado profundas transformaciones en los sistemas logísticos regionales. Entre los principales cambios se encuentran la eliminación de barreras arancelarias, que ha incrementado los flujos comerciales intrarregionales y ha exigido una mayor capacidad y eficiencia logística; la armonización normativa, que permite que transportistas y operadores logísticos funcionen bajo marcos regulatorios más uniformes; y los corredores de integración, que han desarrollado rutas prioritarias para conectar los principales centros productivos con puertos y mercados de consumo (Velut, 2024).

Las tecnologías logísticas avanzadas en el contexto sudamericano se están adaptando progresivamente para optimizar los procesos logísticos. Los sistemas de gestión de transporte interoperable permiten la trazabilidad transfronteriza de las cargas, facilitando el control y seguimiento en tiempo real. El Internet de las Cosas (IoT), a través de sensores y dispositivos conectados, contribuye al monitoreo constante del estado de las mercancías, lo cual es especialmente relevante para productos agrícolas y refrigerados. Por otra parte, el uso de tecnología Blockchain para la documentación comercial está siendo probado por países como Brasil y Uruguay, que lideran pilotos para digitalizar y asegurar documentos de comercio exterior mediante esta herramienta. Asimismo, la automatización en los centros de distribución está siendo implementada principalmente en Brasil, Argentina y Chile, con el uso de sistemas robotizados que optimizan la manipulación de cargas (Romero, 2016).

Pese a estos avances tecnológicos y normativos, persisten importantes retos que limitan el desarrollo logístico de la región. Las asimetrías en infraestructura evidencian diferencias significativas entre países respecto a la calidad de rutas, puertos y pasos fronterizos, lo cual afecta la eficiencia del transporte. La fragmentación digital, caracterizada por la existencia de sistemas electrónicos incompatibles entre países, dificulta el flujo ininterrumpido de información a lo largo de la cadena de suministro. Además, los costos logísticos en Sudamérica representan en promedio entre el 15 % y el 20 % del valor de los productos, una cifra significativamente más alta que el 8 % al 10 % observado en economías desarrolladas. A esto se suma la capacidad institucional desigual, que impide una implementación homogénea de reformas logísticas en todos los países de la región (Bermudez, 2022).

El futuro de la logística avanzada en el contexto de la integración sudamericana apunta hacia el desarrollo de una multimodalidad integrada, que permita transiciones eficientes entre diferentes modos de transporte. También se proyecta la consolidación de plataformas logísticas regionales, con centros de distribución ubicados estratégicamente para servir a varios países simultáneamente. La digitalización completa de la cadena de suministro es otro objetivo clave, con la incorporación de documentos electrónicos y procesos automatizados que agilicen el flujo logístico. Asimismo, se busca incorporar prácticas y tecnologías que contribuyan a la reducción de la huella ambiental del transporte y la distribución (Robayo, 2022).

La efectiva implementación de estas iniciativas dependerá de la coordinación entre los gobiernos, el sector privado y los organismos regionales, así como de la capacidad para atraer inversiones que permitan modernizar la infraestructura logística sudamericana. En este proceso, organismos como Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), la Comunidad Andina (CAN) y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) han sido fundamentales en el impulso de la integración económica latinoamericana, cada uno con diferentes enfoques y repercusiones para la logística regional (Velut, 2024).

4.1.1 Implicaciones Logísticas Actuales de la ALADI

La ALADI ha desarrollado un marco jurídico flexible que permite a sus países miembros establecer Acuerdos de Alcance Parcial (AAP) con condiciones logísticas preferenciales. Estos acuerdos tienen implicaciones concretas:

- Acuerdos de Complementación Económica (ACE): Permiten establecer corredores logísticos preferenciales entre países específicos. Por ejemplo, el ACE N°16 entre Argentina y Chile ha facilitado el desarrollo del Paso de Cristo Redentor con procedimientos aduaneros simplificados y servicios logísticos integrados.
- Regímenes de Tránsito Aduanero Internacional: Facilitan el movimiento de mercancías a través de múltiples territorios con una sola declaración aduanera. El ATIT (Acuerdo sobre Transporte Internacional Terrestre) permite que camiones de carga atraviesen fronteras sin necesidad de trasbordo de mercancías.
- Zonas francas y áreas logísticas preferenciales: Los países miembros han establecido regímenes especiales como la Zona Franca de Iquique (Chile) y el Régimen de Maquila (Paraguay), que funcionan como centros de distribución regional con beneficios fiscales y procedimientos simplificados.

La interconexión de sistemas de transporte y la reducción de barreras comerciales es un trabajo constante y activo para la integración de infraestructuras y sistemas de este bloque económico, para esto se cuenta:

- Sistema de Información de Transporte Internacional (SITI): Plataforma digital que comparte datos sobre rutas, volúmenes de carga y regulaciones de transporte entre países miembros, facilitando la planificación logística.
- Proyecto de Corredores Logísticos Regionales: Identifica y desarrolla rutas prioritarias para el comercio intrarregional, como el Corredor Bioceánico Central que conecta puertos brasileños con puertos chilenos atravesando Argentina y Paraguay.
- Modernización de pasos fronterizos: Implementación de sistemas de control integrado en fronteras como Paso de los Libres-Uruguaiana (Argentina-Brasil) y Desaguadero (Perú-Bolivia), reduciendo tiempos de espera en hasta un 60%.
- Programa de Facilitación Aduanera: Iniciativa que promueve la estandarización de documentos electrónicos y procedimientos aduaneros, reduciendo el tiempo de despacho y los costos asociados.

En la armonización de procedimientos de Comercio Exterior, la ALADI ha logrado avances significativos en la estandarización de procesos como por ejemplo:

- Certificado de Origen Digital (COD): Sistema electrónico implementado desde 2018 que ha eliminado la necesidad de documentos físicos, reduciendo tiempos de tramitación de 3-5 días a menos de 24 horas.
- Ventanillas Únicas de Comercio Exterior (VUCE): Plataformas interoperables entre países ALADI que centralizan trámites y permisos de importación/exportación, conectando sistemas de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú.
- Nomenclatura Arancelaria Común: Sistema armonizado de codificación de mercancías que facilita la clasificación uniforme de productos y reduce discrepancias en los controles aduaneros.

- Programa de Operador Económico Autorizado (OEA) Regional: Iniciativa que busca el reconocimiento mutuo de empresas certificadas como confiables, permitiendo procedimientos aduaneros expeditos y controles menos intrusivos.

Estos avances han tenido un impacto mensurable en la logística regional, reduciendo los costos de transacción en aproximadamente 15-20% para operaciones dentro del bloque y disminuyendo los tiempos de tránsito fronterizo hasta en un 40% para transportistas certificados (ALADI, 2025).

4.1.2 Implicaciones Logísticas Actuales de la CAN

La Comunidad Andina (CAN) ha desarrollado una estructura avanzada de en el sistema tránsito aduanero comunitario que representa uno de sus mayores logros en integración logística:

- Sistema Andino de Tránsito Internacional (SATI): Permite que mercancías circulen por el territorio de los países miembros bajo un solo régimen aduanero. Este sistema opera con un Documento Único Aduanero (DUA) que simplifica los trámites fronterizos y reduce el tiempo de despacho hasta en un 70%.
- Garantías Únicas Regionales: Mecanismo que reemplaza las múltiples garantías nacionales por una sola garantía válida en todos los países de la CAN. Bancos y aseguradoras de la región ofrecen estas garantías, reduciendo costos financieros para transportistas en aproximadamente 25%.
- Sistema ATRC (Autorización de Tránsito por Carretera): Permite que vehículos de carga de los países miembros circulen libremente por todo el territorio andino sin necesidad de permisos adicionales. En 2023, más de 18,000 transportistas estaban registrados en este sistema.
- Sistema de Seguimiento Satelital: Implementado progresivamente desde 2021, permite monitorear en tiempo real los vehículos de carga, reduciendo robos y desvíos mientras proporciona datos precisos sobre tiempos de tránsito.

La CAN ha desarrollado un marco normativo integral para el transporte multimodal y la armonización aduanera que facilita la interconexión de diferentes modos de transporte:

- Decisión 331 y 393 sobre Transporte Multimodal: Establece el marco jurídico para operadores de transporte multimodal, permitiendo la emisión de documentos únicos que cubren todo el trayecto de la mercancía independientemente del modo de transporte utilizado.
- Nomenclatura Arancelaria Común Andina (NANDINA): Sistema armonizado para clasificación de mercancías que facilita la uniformidad en procedimientos aduaneros y estadísticas comerciales.
- Armonización de Regímenes Aduaneros Especiales: Normas comunes para zonas francas, depósitos aduaneros y procedimientos simplificados que permiten a las empresas optimizar sus operaciones logísticas regionales.

- Programa de Interoperabilidad de Ventanillas Únicas (VUCE Andinas): Ha logrado conectar digitalmente las ventanillas únicas de comercio exterior de Colombia, Ecuador y Perú, permitiendo el intercambio electrónico de certificados y permisos, reduciendo tiempos de procesamiento de 5-7 días a menos de 48 horas.

A pesar de los avances normativos, la CAN enfrenta importantes retos en infraestructura física en los pasos fronterizos y corredores logísticos:

- Congestión en Pasos Fronterizos Clave: El paso Rumichaca (Colombia-Ecuador) y Desaguadero (Perú-Bolivia) presentan cuellos de botella significativos. Estudios recientes muestran tiempos de espera que pueden alcanzar 24-36 horas en periodos de alta demanda.
- Centros Binacionales de Atención Fronteriza (CEBAF): Aunque diseñados para agilizar el tránsito, varios CEBAF sufren problemas de operatividad e infraestructura insuficiente. El CEBAF Huaquillas-Aguas Verdes (Ecuador-Perú) opera al 140% de su capacidad diseñada.
- Disparidad en Calidad de Carreteras: Mientras Colombia y Perú han avanzado en la modernización de sus redes viales principales, Bolivia y Ecuador enfrentan déficits significativos. Solo el 62% de la red vial andina cuenta con pavimento adecuado para transporte de carga pesada.
- Proyecto de Corredores Logísticos Andinos: Iniciativa que busca desarrollar tres corredores principales (Norte, Central y Sur) con estándares homogéneos, pero enfrenta desafíos de financiamiento. Solo se ha completado el 40% de las inversiones previstas.
- Brechas Digitales en Fronteras: Mientras algunas fronteras han implementado sistemas electrónicos avanzados, otras operan con procedimientos semi-manuales, creando desigualdades en los tiempos de procesamiento.

Estos desafíos impactan directamente en los costos logísticos de la región, que representan entre el 18-25% del valor de los productos comercializados internamente, cifra considerablemente mayor al promedio de 8-10% en regiones con infraestructura más desarrollada (CAN, 2025).

4.1.3 Implicaciones Logísticas Actuales del MERCOSUR

El MERCOSUR ha promovido activamente el desarrollo de corredores bioceánicos que conectan los océanos Atlántico y Pacífico y el como ejes fundamentales para la integración logística regional:

- Corredor Bioceánico Norte: Conecta puertos brasileños como Santos y Paranaguá con puertos chilenos como Antofagasta, atravesando Paraguay y Argentina. Este corredor ha reducido los tiempos de transporte entre Brasil y Asia en aproximadamente 10-14 días al evitar la ruta por el Canal de Panamá.
- Corredor Bioceánico Central: Vincula Porto Alegre y Río Grande (Brasil) con Coquimbo y Valparaíso (Chile), cruzando Argentina. Desde su optimización en

2021, el volumen de carga transportada ha aumentado un 35%, beneficiando especialmente a exportadores agroindustriales del interior sudamericano.

- Corredor Bioceánico del Sur: Une los puertos de Río Grande (Brasil) y Bahía Blanca (Argentina) con Concepción y Talcahuano (Chile). Este corredor incluye pasos fronterizos modernizados como Cristo Redentor y Pino Hachado, aunque enfrenta desafíos por condiciones climáticas extremas en invierno.
- Hidrovía Paraguay-Paraná: Aunque no es técnicamente bioceánica, esta vía fluvial de 3,442 km complementa los corredores terrestres, conectando Bolivia, Paraguay, Argentina, Brasil y Uruguay. Transporta más de 20 millones de toneladas anuales, principalmente commodities agrícolas y minerales, reduciendo costos de transporte hasta en un 30% comparado con el transporte terrestre.
- Sistema FOCEM para Infraestructura: El Fondo para la Convergencia Estructural del MERCOSUR ha destinado más de US\$400 millones a proyectos de infraestructura en los corredores bioceánicos, priorizando rutas en Paraguay y Uruguay para compensar asimetrías regionales.

El MERCOSUR ha implementado varias iniciativas de programas para modernizar los procesos fronterizos y digitalización aduanera:

- Sistema INDIRA (Intercambio de Información de Registros Aduaneros): Plataforma que permite el intercambio en tiempo real de información aduanera entre los países miembros. Desde su implementación completa en 2022, ha reducido los tiempos de verificación documental en un 65%.
- Programa de Controles Integrados de Fronteras: Establece procedimientos de "una sola parada" en puntos fronterizos clave como Paso de los Libres-Uruguaiana (Argentina-Brasil) y Chuy-Chuí (Uruguay-Brasil). Este modelo ha reducido los tiempos de espera en fronteras de 8-10 horas a 2-3 horas en promedio.
- Certificado de Origen Digital del MERCOSUR (COD): Sistema que elimina la necesidad de documentos físicos para certificar el origen preferencial de mercancías. Actualmente procesa más de 75% de todas las operaciones comerciales intrabloque, con ahorros estimados en US\$25 millones anuales en costos administrativos.
- Ventanilla Única de Comercio Exterior del MERCOSUR: Proyecto de interoperabilidad entre las VUCE nacionales que permite el intercambio electrónico de certificados fitosanitarios, zoonosanitarios y otros documentos regulatorios. La conexión Brasil-Argentina ya está operativa, procesando más de 5,000 documentos mensuales.
- Sistema de Operador Económico Autorizado Regional: Programa que busca el reconocimiento mutuo de empresas certificadas como confiables, otorgándoles beneficios como despacho prioritario y menores inspecciones físicas. Actualmente cuenta con más de 400 empresas certificadas en la región.

Los esfuerzos por integrar las cadenas logísticas regionales en el MERCOSUR muestran resultados desiguales y mixtos:

- Sector Automotriz: Representa la cadena de valor más integrada, con un sistema de producción complementario entre Brasil y Argentina principalmente. La logística just-in-time implementada ha reducido inventarios en un 40% y costos logísticos en un 25% para empresas del sector.
- Cadenas Agroalimentarias: Han desarrollado sistemas logísticos especializados, particularmente en granos, carne y lácteos. El sistema de almacenamiento y transporte integrado para granos entre Argentina, Paraguay y Brasil ha permitido crear economías de escala, aunque persisten cuellos de botella estacionales.
- Desequilibrios en Infraestructura Digital: Brasil y Uruguay lideran la digitalización logística con sistemas avanzados de trazabilidad y gestión de transporte, mientras Paraguay y algunas regiones de Argentina enfrentan brechas significativas. Solo el 60% de las PyMEs del MERCOSUR utilizan herramientas digitales para gestión logística.
- Costos Logísticos Asimétricos: Los costos varían significativamente por país: representan aproximadamente 11.5% del PIB en Brasil, 14.2% en Argentina, 13% en Uruguay y 18.5% en Paraguay, evidenciando las disparidades en eficiencia logística.
- Programa MERCOSUR Digital para Logística: Iniciativa reciente (2023) que busca armonizar estándares para la digitalización de operaciones logísticas, incluyendo sistemas de gestión de transporte, trazabilidad de carga y documentación electrónica.
- Plataformas Logísticas Regionales: Red de centros de distribución estratégicamente ubicados en nodos clave como Uruguaiana (Brasil), Zárate (Argentina) y Ciudad del Este (Paraguay). Sin embargo, su desarrollo ha sido desigual, con mayor concentración en Brasil y Argentina.

Estos elementos muestran cómo el MERCOSUR ha avanzado significativamente en la creación de un ecosistema logístico regional, aunque persisten importantes desafíos, particularmente en la homogeneización de infraestructuras y la reducción de asimetrías entre países miembros (MERCOSUR, 2025).

4.2 La Logística Internacional y los Acuerdos Económicos Comerciales del Ecuador

El viaje de Ecuador hacia la liberalización del comercio comenzó en la segunda mitad del siglo XX, con un enfoque en la integración regional. El país se convirtió en miembro fundador del Acuerdo de Cartagena, luego Pacto Andino y en la actualidad la Comunidad Andina (CAN) desde 1969, junto con Bolivia, Colombia y Perú. La CAN tenía como objetivo promover la integración económica, facilitar el comercio y mejorar la cooperación entre los Estados miembros. Esto marcó el inicio de los esfuerzos de Ecuador para integrarse en los mercados regionales y mundiales (Duran et al., 2008).

En la década de 1990, Ecuador exploró una integración más profunda con MERCOSUR, un bloque regional dominado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Si bien la adhesión de Ecuador al MERCOSUR como miembro asociado en 2004 se vio inicialmente como un movimiento estratégico para diversificar a sus socios comerciales,

la membresía plena del país permaneció pendiente debido a los desafíos políticos y económicos internos (Schuschny et al., 2007).

El siglo XXI vio a Ecuador cambiar su enfoque hacia acuerdos comerciales bilaterales, particularmente con Estados Unidos. Las negociaciones del Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Estados Unidos y Ecuador siguen siendo un paso significativo en esta dirección. Estas negociaciones tienen como objetivo liberalizar el comercio entre las dos naciones, con un enfoque en reducir los aranceles y aumentar el acceso al mercado para productos agrícolas ecuatorianos como banano, café y flores (Ludeña & Wong, 2006).

Ecuador sigue siendo un miembro activo de la Comunidad Andina, que ha facilitado el comercio intrarregional y la cooperación económica. La CAN ha sido fundamental para armonizar las políticas comerciales, reducir los aranceles y promover la libre circulación de bienes y servicios entre los Estados miembros. Sin embargo, desafíos como la integración incompleta y los diversos niveles de desarrollo económico entre los países miembros han limitado la eficacia del bloque (Duran et al., 2008).

La adhesión de Ecuador al MERCOSUR ha sido un tema polémico. Si bien el país ha expresado interés en profundizar los lazos con el bloque, los avances han sido lentos debido a las disparidades políticas y económicas. Las políticas proteccionistas del MERCOSUR y el deseo de Ecuador de un mayor acceso a los mercados han creado tensiones, haciendo de la plena membresía un objetivo lejano (Ruiz, 2005).

Ecuador ha logrado avances significativos en la negociación de acuerdos comerciales bilaterales con las principales economías. El TLC entre Estados Unidos y Ecuador ha sido una piedra angular de la estrategia comercial de Ecuador, que proporcionará acceso preferencial al mercado estadounidense para exportaciones clave como plátanos, flores y camarones. De igual manera, el Acuerdo Comercial UE-Ecuador ha fortalecido los lazos de Ecuador con la Unión Europea, particularmente en los sectores agrícola y pesquero (Wong & Kulmer, 2010).

Los acuerdos comerciales de Ecuador han tenido un impacto transformador en sus sectores orientados a la exportación. La industria de la floricultura, por ejemplo, se ha beneficiado significativamente del acceso preferencial a los mercados de Estados Unidos y la UE. Ecuador ha emergido como uno de los principales exportadores mundiales de flores cortadas, con el sector contribuyendo sustancialmente al PIB y al empleo del país. El banano ha sido durante mucho tiempo la principal exportación agrícola de Ecuador, siendo la UE un mercado importante. No obstante, el sector ha enfrentado desafíos debido a la disminución de la cuota de mercado y la competencia de otros productores. En contraste, el cacao ha emergido como un sector de alto crecimiento, con el cacao ecuatoriano ganando reconocimiento por su calidad y eficiencia en los mercados globales (Duran et al., 2008).

Si bien los sectores orientados a la exportación han prosperado, otros sectores han tenido dificultades bajo la liberalización del comercio. Los pequeños agricultores y productores de cultivos básicos como el arroz, el maíz y la soja se han enfrentado a una mayor competencia de los productos importados, particularmente de los Estados Unidos. Esto ha llevado a convocar políticas de apoyo interno para mitigar los impactos negativos de la liberalización del comercio (Ludeña & Wong, 2006).

La expansión de los sectores orientados a la exportación ha creado importantes oportunidades de empleo, particularmente en las zonas rurales. Los sectores de la floricultura y el banano han sido los principales empleadores, y las mujeres desempeñan un papel crucial en estas industrias. No obstante, las condiciones de trabajo y los salarios en estos sectores han sido a menudo motivo de preocupación. La liberalización del comercio ha tenido efectos mixtos en la reducción de la pobreza. Si bien el crecimiento de las exportaciones ha elevado los ingresos en algunas regiones, las zonas rurales se han beneficiado más que los centros urbanos. La concentración de actividades orientadas a la exportación en regiones específicas ha exacerbado las disparidades regionales, con áreas fuera de las principales zonas exportadoras rezagadas (Wong & Kulmer, 2010).

La red de transporte de Ecuador ha sido un facilitador crítico de sus acuerdos comerciales. El país ha invertido fuertemente en mejorar su infraestructura portuaria, particularmente en puertos importantes como Guayaquil, para facilitar la exportación de mercancías. Sin embargo, desafíos como las ineficiencias en los procedimientos aduaneros y la logística han obstaculizado la plena realización de los beneficios de facilitación del comercio (Olives, 2021).

Las medidas de facilitación del comercio, como la reducción de aranceles y barreras no arancelarias, han sido fundamentales para promover las exportaciones de Ecuador. Estas medidas han sido particularmente beneficiosas para los sectores de la floricultura y bananero, que dependen de cadenas de suministro eficientes para mantener su ventaja competitiva en los mercados mundiales. Los acuerdos comerciales de Ecuador han sido un arma de doble filo, trayendo tanto oportunidades como desafíos. Si bien sectores como la floricultura, el banano y el cacao han prosperado bajo la liberalización comercial, otros han luchado por competir con los bienes importados. Los efectos socioeconómicos han sido mixtos, con empleo y generación de ingresos en sectores orientados a la exportación contrastando con persistentes disparidades regionales y desafíos en industrias vulnerables. Para aprovechar plenamente el potencial de sus acuerdos comerciales, Ecuador debe enfrentar estos desafíos a través de políticas específicas. Esto incluye fortalecer el apoyo interno a los pequeños agricultores, mejorar la infraestructura de transporte y garantizar que los beneficios del comercio se distribuyan equitativamente en todas las regiones y sectores (Wong & Kulmer, 2010).

4.2.1 Análisis de la Logística Internacional y el Tratado con la Unión Europea.

Desde la entrada en vigor del acuerdo comercial en 2017, Ecuador ha experimentado un crecimiento sostenido en sus exportaciones hacia la Unión Europea (UE), superando incluso a países vecinos como Colombia y Perú en beneficios económicos derivados del tratado. El impacto económico estimado hasta 2020 fue de 128 millones de dólares, equivalente a un 0,17 % del PIB ecuatoriano, cifra superior a la de los otros países que comparten el acuerdo con la UE. Los principales productos exportados a la UE incluyen el banano, camarón, atún y flores, con cifras destacadas en 2023: banano por 1.200 millones de euros, camarón por 1.000 millones, atún por 670 millones y flores por 350 millones de euros. El banano es especialmente relevante, representando aproximadamente un tercio del consumo europeo de esta fruta. El acuerdo ha permitido mantener un superávit comercial constante con la UE, alcanzando en 2021 un saldo

favorable para Ecuador de 1.343 millones de dólares⁴. Además, el tratado ha contribuido a la resiliencia económica frente a crisis globales como la pandemia de COVID-19 y la crisis de Ucrania, fortaleciendo la presencia ecuatoriana en mercados europeos clave como España (Associated-Press, 2024).

A pesar de los avances, persisten desafíos y retos logísticos en el comercio con la UE que afectan la eficiencia y competitividad de las exportaciones ecuatorianas. La congestión portuaria y limitaciones de capacidad con la presión en el comercio marítimo europeo, con falta de espacio en buques y congestión en puertos, ha impulsado la demanda de transporte aéreo para ciertos productos, aumentando costos y complejidad logística. La gestión aduanera y tiempos de despacho: Aunque Ecuador ha avanzado en la modernización de sus sistemas aduaneros, la coordinación con normativas europeas y la agilización de trámites siguen siendo áreas de mejora para reducir tiempos y costos. La infraestructura logística interna con la necesidad de fortalecer la red de puertos secos y mejorar la conectividad terrestre para acortar tiempos de tránsito desde zonas productoras hacia puertos marítimos es crítica. Por ejemplo, el desarrollo de puertos secos permitiría reducir el tiempo de tránsito de contenedores desde Guayaquil a Quito de 7-10 días a 3-4 días. Los cumplimiento de estándares y acceso para mipymes para la diversificación de la canasta exportadora y la inclusión de micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) requieren apoyo para cumplir con los estándares de calidad y regulaciones europeas, facilitando su acceso al mercado (Bonisoli et al., 2019).

Ecuador ha implementado y proyecta varias medidas para mejorar la logística internacional y maximizar los beneficios del tratado con la UE. La modernización portuaria con el puerto de aguas profundas DP World Posorja y la ampliación de Puerto Bolívar permiten manejar mayores volúmenes de carga con eficiencia, facilitando la exportación hacia Europa. La digitalización y automatización con la adopción de sistemas tecnológicos para trámites aduaneros y seguimiento de carga contribuye a reducir demoras y mejorar la trazabilidad, aspectos claves para productos perecederos como flores y camarón. La diversificación de rutas y modos de transporte: Ante la congestión marítima europea, se ha incrementado la demanda aérea para productos sensibles al tiempo, mientras se exploran nuevas rutas marítimas y acuerdos logísticos para optimizar tiempos y costos. El fortalecimiento de la cadena de suministro: Se promueven alianzas público-privadas para desarrollar infraestructura logística complementaria, incluyendo puertos secos y mejores conexiones terrestres, que reduzcan la dependencia de los puertos marítimos y mejoren la competitividad exportadora (Ludeña & Wong, 2006).

El tratado comercial con la Unión Europea ha sido un motor clave para el crecimiento exportador de Ecuador, especialmente en productos agrícolas y pesqueros. Sin embargo, para aprovechar plenamente este acuerdo, es indispensable continuar mejorando la logística internacional mediante la modernización de infraestructura, la digitalización de procesos y el apoyo a las mipymes para cumplir con los estándares europeos. La coordinación eficiente entre actores públicos y privados, junto con inversiones estratégicas en puertos y transporte, serán determinantes para consolidar a Ecuador como un socio confiable y competitivo en el mercado europeo (Narvaez & Reyes, 2025).

4.2.2 Análisis de la Logística Internacional y el Tratado Comercial entre Ecuador y China

El Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Ecuador y China, vigente desde mayo de 2024, marca un hito en la política comercial ecuatoriana al establecer el primer acuerdo con un país asiático. Este instrumento, negociado en solo nueve meses, busca equilibrar la balanza comercial mediante el acceso preferencial de productos no petroleros al mercado chino, al tiempo que moderniza la infraestructura logística nacional para responder a los flujos comerciales bilaterales, que superaron los USD 10.800 millones en 2023. El impacto Económico del TLC y proyecciones comerciales se presenta en el acceso preferencial y diversificación de Exportaciones. El acuerdo elimina aranceles para el 99.6% de las exportaciones no petroleras ecuatorianas, priorizando sectores estratégicos como el camaronero (USD 1.000 millones exportados en 2023) y el bananero (33% del mercado chino). La desgravación inmediata beneficia a 7.600 productos, incluyendo nuevos rubros como arándanos y yogures, con proyecciones de incrementar las ventas en USD 3.000-4.000 millones anuales durante la próxima década (Velut, 2024).

La estructura arancelaria del TLC presenta asimetrías deliberada como la desgravación inmediata con 52.96% de las líneas arancelarias ecuatorianas, los plazos graduales (5-20 años): 46.83% para sectores sensibles como textiles y calzado y las exclusiones permanentes con 0.21% en rubros como neumáticos y autopartes. Este diseño protege a las pymes manufactureras locales mientras potencia exportaciones tradicionales. Sin embargo, la balanza comercial negativa (-USD 244 millones en 2023) exige estrategias complementarias para aprovechar las cuotas establecidas para productos como el atún enlatado (50.000 toneladas anuales libres de arancel) (Associated-Press, 2024).

Los TLC han incentivado a la reconfiguración de cadenas globales de valor insertando al Ecuador en redes productivas asiáticas mediante la integración minera con los concentrados de cobre y plomo, que representaron el 18% de las exportaciones a China en 2023, ahora acceden a plantas refinadoras chinas con costos logísticos reducidos gracias a los acuerdos portuarios y la bioeconomía estratégica con la madera de balsa y derivados del cacao fino de aroma se posicionan como insumos premium para industrias chinas de energía eólica y chocolatería (Comunicadosrpp, 2020).

La infraestructura logística en la modernización portuaria para el avance conectividad marítima y evitar los cuellos de botella se puede mencionar al terminal portuario de DP World Posorja emerge como eje central del comercio con Asia, operando 11 líneas navieras directas con China mediante buques Post-Panamax de 366 metros de eslora. Sus innovaciones clave incluyen capacidad de grúa: 40 contenedores/hora, duplicando la eficiencia de terminales tradicionales, tecnología anti-narcóticos con escáneres de rayos gamma con precisión de 1mm para inspecciones no intrusivas y tiempos de tránsito en la reducción a 23 días para el trayecto Posorja-Shanghái vs. 35 días desde puertos competidores. No obstante, la congestión en el puerto de Guayaquil durante temporada alta (diciembre-marzo) incrementa los costos logísticos en USD 18/TEU, según estimaciones de la CEPAL. La solución pasa por ampliar la capacidad de almacenaje en puertos secos interiores, actualmente limitada a 12.000 TEUs mensuales (Wong & Kulmer, 2010) (DP-WORLD, 2025).

En los desafíos en la cadena de frío y transporte terrestre con el 60% de las cámaras frigoríficas ecuatorianas no cumplen con los estándares ISO 23412 para productos perecederos, causando pérdidas anuales de USD 75 millones en camarones y banano orgánico. Además, que la ruta Guayaquil-Puerto Bolívar evidencia problemas críticos con la seguridad vial donde el 22% de incremento en robos de carga durante 2024, según reportes de la Cámara de Transportes y el estado de carreteras solo 45% de la red vial primaria soporta pesos máximos de 40 toneladas. Para esto es necesario la innovación aduanera y facilitación comercial con el programa de Operadores Económicos Autorizados (OEA) como el acuerdo de Reconocimiento Mutuo firmado en diciembre de 2024 establece beneficios concretos en la reducción de inspecciones físicas del 30% al 8% para empresas certificadas y la agilización de despachos en tiempos promedio de 2 horas vs. 72 horas en procedimientos regulares, y las ventanas horarias prioritarias para el acceso exclusivo a turnos de verificación en puertos chinos. Hasta abril de 2025, 47 empresas ecuatorianas obtuvieron la certificación OEA, concentrándose en sectores camaronero (32%), florícola (28%) y minero (19%) (Schuschny et al., 2007).

El avance de la digitalización con el Blockchain en la implementación del sistema ECUAPASS-China Customs Connect permite la trazabilidad en tiempo real con monitoreo satelital de 1.200 contenedores mensuales de banano, la documentación automatizada en la reducción del 92% en errores de facturación comercial y pagos electrónicos con liquidez en 48 horas mediante integración de pagos en líneas. La competitividad Sectorial y los ajustes productivos han beneficiado a sectores como el camaronero con acceso a 18 nuevas provincias chinas con protocolos sanitarios unificados, el minero con cuota anual de 500.000 toneladas para concentrados de cobre con arancel cero y el cacaoero con la denominación de origen protegida para Arriba Nacional en 15 regiones chinas. También están los sectores en transición como el textil existiendo un plan de reconversión industrial con USD 150 millones en créditos blandos hasta 2030, el automotriz con aranceles escalonados del 30% al 15% para vehículos eléctricos importados y el plásticos que tiene moratoria de cinco años para la importación de resinas no biodegradables (SENAE, 2025).

El TLC trasciende lo comercial al posicionar a Ecuador como puente logístico entre Asia y Sudamérica. La alianza con CMA CGM consolida a Posorja como hub regional, con proyecciones de manejar 1.2 millones de TEUs anuales hacia 2026. Paralelamente, las cláusulas de cooperación tecnológica facilitan transferencias clave con la inteligencia artificial de sistemas predictivos de demanda para productos agrícolas y energías renovables como financiamiento chino para electrificación de puertos. La efectiva implementación del TLC Ecuador-China requiere superar tres retos interdependientes como la inversión en infraestructura crítica con USD 2.100 millones necesarios hasta 2030 para puertos, corredores viales y centros logísticos, el fortalecimiento institucional con capacitación a 15.000 operadores logísticos en normativas chinas y la diversificación productiva para el desarrollo de 200 nuevos productos exportables con valor agregado. La sinergia entre ventajas arancelarias y modernización logística posiciona a Ecuador para capturar el 3.8% del mercado importador chino en sectores estratégicos, siempre que se mantenga un enfoque pragmático en la gestión de riesgos comerciales y la innovación tecnológica (Pilacuan et al., 2024).

4.3 Sinergias Logísticas Regionales y el Comercio Internacional Latinoamericano

Las sinergias logísticas regionales son fundamentales para el desarrollo del comercio internacional en América Latina. La región enfrenta retos importantes, pero también cuenta con significativas oportunidades para fortalecer su posición en el comercio global. La situación actual de América Latina se caracteriza por una infraestructura logística heterogénea. Mientras países como México, Brasil, Panamá y Chile cuentan con sistemas relativamente avanzados, otras naciones de la región presentan carencias significativas en puertos, carreteras y conectividad digital. Esta disparidad dificulta la creación de verdaderas sinergias regionales (Guerrero et al., 2010).

Las iniciativas de integración como MERCOSUR, la Alianza del Pacífico y el SICA (Sistema de Integración Centroamericana) han intentado armonizar procesos comerciales, pero los resultados han sido dispares, con persistentes barreras no arancelarias y obstáculos burocráticos. Entre las oportunidades de sinergias logísticas se tienen los corredores bioceánicos que son proyectos que conectan el Atlántico y el Pacífico representan una oportunidad para optimizar rutas comerciales y reducir costos de transporte. La digitalización aduanera para la implementación coordinada de ventanillas únicas electrónicas y sistemas aduaneros interconectados puede agilizar significativamente el comercio intrarregional. Los centros logísticos multimodales para el desarrollo de hubs que combinen transporte marítimo, terrestre y aéreo permite mayor eficiencia en la distribución de mercancías. Los acuerdos de cabotaje regional para la flexibilización del transporte marítimo costero entre países vecinos podrían reducir la dependencia del transporte terrestre (Cedillo & Villa, 2017).

La integración logística enfrenta obstáculos y desafíos como la falta de armonización regulatoria, deficiencias en infraestructura, inseguridad en rutas comerciales y resistencia política a ceder aspectos de soberanía nacional en áreas estratégicas. El comercio intrarregional latinoamericano representa aproximadamente el 15-17% del comercio total de la región, muy por debajo del 60% en Europa o el 45% en Asia. Esto evidencia el gran potencial de crecimiento mediante mayores sinergias (Lucenti et al., 2009).

4.3.1 Factores Clave que Influyen en la Eficiencia de los Corredores Logísticos en la Región Andina.

La eficiencia de los corredores logísticos entre Ecuador, Colombia y Perú está influenciada por una combinación de calidad de infraestructura, barreras regulatorias y desafíos geográficos. Estos factores interactúan de manera compleja, configurando el desempeño general de los sistemas logísticos en la región (Mantilla et al., 2023).

La calidad de la infraestructura es un determinante crítico de la eficiencia logística. En la región andina, la infraestructura inadecuada, como las malas condiciones de las carreteras, la limitada capacidad portuaria y la insuficiencia de las redes ferroviarias, obstaculizan significativamente el movimiento de mercancías. Por ejemplo, las exportaciones de Ecuador a Colombia se han visto desafiadas por la deficiente infraestructura aduanera y la limitada inversión pública en instalaciones logísticas. Del mismo modo, las redes de transporte de la región a menudo carecen de la capacidad para

manejar los crecientes volúmenes comerciales, lo que lleva a cuellos de botella y retrasos (Fairlie, 2022).

La Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional en América del Sur (IIRSA) ha sido una iniciativa clave encaminada a atender estas brechas de infraestructura. El IIRSA promueve el desarrollo de corredores bioceánicos, que conectan puertos del Pacífico y del Atlántico, facilitando el tránsito de los flujos de exportación. No obstante, la eficacia de estas iniciativas se ha visto limitada por la insuficiente financiación y coordinación entre los Estados miembros (Argüelles et al., 2022).

Las barreras reglamentarias también juegan un papel importante en la configuración de la eficiencia de los corredores logísticos. Los procedimientos aduaneros complejos, los requisitos de documentación redundantes y la aplicación inconsistente de las regulaciones a través de las fronteras a menudo retrasan el movimiento de mercancías. Por ejemplo, la documentación requerida para un envío individual por mar puede implicar el intercambio de hasta 50 hojas de papel entre múltiples partes interesadas, incluidos exportadores, importadores, autoridades aduaneras y operadores de transporte. Estas barreras regulatorias son particularmente problemáticas para las pequeñas y medianas empresas (Pymes), que a menudo carecen de los recursos para navegar procesos burocráticos complejos. En Colombia y Perú, se han realizado esfuerzos para simplificar los procedimientos aduaneros y reducir los costos comerciales, pero el progreso ha sido lento (Echeverri, 2020).

La geografía de la región andina presenta desafíos únicos para la eficiencia logística. El terreno montañoso de países como Colombia y Perú aumenta los costos y riesgos de transporte, particularmente para el transporte de mercancías por carretera. Además, la vulnerabilidad de la región a los desastres naturales, como terremotos y deslizamientos de tierra, puede perturbar las redes de transporte e impactar el desempeño logístico. La integración de la infraestructura regional, como lo propone el IIRSA, tiene el potencial de mitigar algunos de estos desafíos geográficos al mejorar la conectividad y reducir los costos de transporte. No obstante, la implementación de estas iniciativas ha sido desigual, ya que algunos países han avanzado más que otros (Melón, 2022).

Los marcos institucionales y los acuerdos comerciales juegan un papel crucial en la conformación de la eficiencia de los corredores logísticos en la región andina. Estos marcos establecen las reglas y estándares que rigen el comercio y el transporte, influyendo en el desempeño general de los sistemas logísticos. Los marcos institucionales en la región andina han ido evolucionando gradualmente para apoyar una mayor integración regional y facilitación del comercio. La Comunidad Andina de Naciones (CAN) ha estado a la vanguardia de estos esfuerzos, promoviendo la armonización de los procedimientos aduaneros y la reducción de las barreras comerciales. No obstante, la eficacia de estos marcos se ha visto limitada por la débil capacidad institucional y la insuficiente financiación (Romero, 2016).

La Alianza del Pacífico (AP), que incluye a Colombia y Perú, se ha perfilado como una iniciativa más pragmática y orientada al mercado dirigida a promover la integración regional. La AP ha abierto nuevos caminos al abordar temas como los costos de transporte y las necesidades de infraestructura, que tradicionalmente se han descuidado en los acuerdos comerciales regionales. La AP también ha establecido un fondo para atender

necesidades apremiantes de infraestructura, lo que demuestra un compromiso con la mejora del desempeño logístico (Molina, 2016).

Los acuerdos comerciales también han jugado un papel importante en la conformación de la eficiencia de los corredores logísticos en la región andina. El Acuerdo Comercial Multipartidista entre la Unión Europea y los países andinos (Perú, Colombia y Ecuador) ha facilitado el comercio al reducir los aranceles y otras barreras comerciales. No obstante, el acuerdo también ha enfrentado desafíos en su implementación, particularmente en áreas como el desarrollo sostenible y el diálogo político. Los acuerdos comerciales bilaterales, como los celebrados entre Colombia, Ecuador, Perú y Estados Unidos, también han tenido un impacto mixto en la eficiencia logística. Si bien estos acuerdos han aumentado los volúmenes comerciales, también han llevado a una disminución del comercio intrarregional, ya que los países se han centrado más en acceder a los mercados externos. Esto ha subrayado la necesidad de un enfoque más equilibrado de la política comercial que promueva tanto la integración regional como el comercio exterior (Fairlie, 2022).

El fortalecimiento de los corredores logísticos en la región andina tiene el potencial de generar importantes beneficios económicos, particularmente en términos de mayores volúmenes comerciales y reducciones de costos. Una mayor eficiencia logística puede reducir los costos de transporte, mejorar la confiabilidad de la cadena de suministro y aumentar la competitividad de las exportaciones regionales. La mejora de los corredores logísticos puede conducir a un aumento de los volúmenes comerciales al reducir el tiempo y el costo de mover las mercancías. Por ejemplo, el desarrollo de corredores bioceánicos bajo el IIRSA tiene el potencial de reducir los costos de transporte para las exportaciones de la región andina a los mercados globales. Del mismo modo, la simplificación de los procedimientos aduaneros y la reducción de las barreras comerciales en virtud de los acuerdos comerciales regionales también pueden facilitar el comercio al reducir el tiempo y el costo de las transacciones transfronterizas (Melón, 2022).

El impacto económico de estos cambios puede ser significativo. Por ejemplo, un estudio del Global Trade Analysis Project (GTAP) encontró que la implementación de tratados bilaterales de libre comercio entre Colombia, Ecuador, Perú y Estados Unidos podría conducir a un aumento generalizado del comercio entre los países negociadores. No obstante, el estudio también señaló que estos acuerdos podrían conducir a una disminución del comercio intrarregional, destacando la necesidad de un enfoque más equilibrado de la política comercial (Argüelles et al., 2022).

La mejora de los corredores logísticos también puede conducir a reducciones de costos al agilizar los procesos de transporte y logística. Por ejemplo, el desarrollo de redes de transporte más eficientes puede reducir los costos de combustible, disminuir las emisiones y mejorar la sostenibilidad general de las operaciones logísticas. Adicionalmente, la adopción de nuevas tecnologías, como plataformas digitales para la gestión logística, puede reducir aún más los costos al mejorar la eficiencia de las operaciones de la cadena de suministro. Los beneficios económicos de estas reducciones de costos pueden ser significativos. Por ejemplo, un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) encontró que las mejoras en el desempeño de infraestructura y logística podrían producir grandes beneficios económicos para la región andina, particularmente en términos de mayor crecimiento del PIB e inversión a nivel de empresa. El estudio

señaló que si la calidad de la infraestructura en Colombia aumentara a la mediana muestral (República Checa), el crecimiento del PIB podría aumentar porcentuales (Mantilla et al., 2023).

Un análisis comparativo de corredores logísticos en otras regiones, como Asia o Europa, puede proporcionar información valiosa sobre las mejores prácticas y estrategias para mejorar la eficiencia logística en la región andina. En Asia, el desarrollo de corredores logísticos ha sido impulsado por el rápido crecimiento del comercio internacional y la necesidad de una gestión eficiente de la cadena de suministro. Países como China, Japón y Corea del Sur han invertido mucho en infraestructura moderna de transporte, incluyendo redes ferroviarias de alta velocidad, puertos de última generación e instalaciones logísticas avanzadas. Estas inversiones han permitido a los países asiáticos alcanzar altos niveles de desempeño logístico, con redes de transporte eficientes y confiables que soportan las cadenas de suministro globales. El desarrollo de la Iniciativa de la Cinturón y la Ruta (BRI) en Asia también ha proporcionado un modelo para la integración regional y la facilitación del comercio. El BRI ha promovido el desarrollo de corredores de transporte que conectan China con otras partes de Asia, Europa y África, facilitando el movimiento de bienes y servicios a través de las fronteras. Si bien el BRI ha enfrentado desafíos, particularmente en términos de financiamiento y gobernanza, ha demostrado el potencial de las iniciativas de infraestructura a gran escala para impulsar el crecimiento económico y la integración regional (Argüelles et al., 2022).

En Europa, el desarrollo de los corredores logísticos ha sido moldeado por el mercado altamente integrado de la región y la necesidad de redes de transporte eficientes. La Unión Europea (UE) ha promovido el desarrollo de una red integral de transporte, incluida la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), que conecta a los Estados miembros a través de enlaces ferroviarios, viales y marítimos. La RTE-T ha sido fundamental para reducir los costos de transporte y mejorar el rendimiento logístico dentro de la UE, facilitando el movimiento de bienes y servicios a través de las fronteras. La UE también ha estado a la vanguardia de los esfuerzos para promover prácticas logísticas sostenibles y eficientes. Por ejemplo, la Estrategia de Movilidad Sostenible de la UE ha hecho hincapié en la necesidad de un cambio modal hacia modos de transporte más limpios y eficientes, como el transporte ferroviario y marítimo. Esta estrategia ha sido apoyada por importantes inversiones en infraestructura verde y la adopción de nuevas tecnologías, como plataformas digitales para la gestión logística (Fairlie, 2022).

Si bien el desarrollo de corredores logísticos en Asia y Europa ofrece lecciones valiosas para la región andina, existen diferencias clave que deben tenerse en cuenta. En Asia, el desarrollo de corredores logísticos ha sido impulsado por el rápido crecimiento del comercio internacional y la necesidad de una gestión eficiente de la cadena de suministro. En Europa, el desarrollo de los corredores logísticos ha sido moldeado por el mercado altamente integrado de la región y la necesidad de redes de transporte sostenibles y eficientes (Argüelles et al., 2022).

Para la región andina, la lección clave es la importancia de invertir en infraestructura moderna de transporte y promover la integración regional. El desarrollo de corredores bioceánicos bajo el IIRSA y la promoción de la facilitación del comercio en virtud de acuerdos comerciales regionales son pasos críticos para mejorar la eficiencia logística. Adicionalmente, la adopción de nuevas tecnologías y la promoción de prácticas logísticas

sostenibles pueden mejorar aún más la eficiencia y sustentabilidad de las operaciones logísticas en la región (Melón, 2022).

Sin embargo, la región andina también enfrenta desafíos singulares, particularmente en términos de limitaciones geográficas y capacidad institucional. El terreno montañoso de la región y la vulnerabilidad a los desastres naturales requieren soluciones especializadas, como el desarrollo de redes de transporte resilientes y la adopción de tecnologías avanzadas para la gestión del riesgo de desastres. Adicionalmente, es necesario fortalecer los marcos institucionales de la región para asegurar la implementación efectiva de las iniciativas de integración regional y los acuerdos comerciales (Fairlie, 2022).

La eficiencia de los corredores logísticos en la región andina está influenciada por una compleja interacción de calidad de infraestructura, barreras regulatorias y desafíos geográficos. Abordar estos factores requiere un enfoque integral que incluya inversiones en infraestructura moderna de transporte, la simplificación de los procedimientos aduaneros y el fomento de la integración regional. Los beneficios económicos del fortalecimiento de los corredores logísticos son significativos, particularmente en términos de mayores volúmenes comerciales y reducciones de costos. No obstante, la región también debe aprender de las experiencias de otras regiones, como Asia y Europa, en términos de mejores prácticas y estrategias para mejorar la eficiencia logística. Al adoptar un enfoque equilibrado que promueva tanto la integración regional como el comercio exterior, la región andina puede desbloquear todo el potencial de sus corredores logísticos y lograr un crecimiento económico sostenible.

4.4 Implicaciones Económicas del Acuerdo Comercial Ecuador-Unión Europea sobre Operaciones Logísticas

El Acuerdo Comercial Ecuador-Unión Europea presenta un cambio significativo en el panorama logístico, impactando diversos aspectos de las operaciones comerciales. Las implicaciones económicas se profundizan, centrándose en el volumen comercial, la eficiencia de costos, los cambios regulatorios, los avances tecnológicos y las consideraciones ambientales. Este acuerdo ha impulsado los volúmenes comerciales al reducir aranceles y barreras no arancelarias, haciendo que los productos ecuatorianos sean más competitivos en el mercado de la UE. Los sistemas logísticos eficientes juegan un papel crucial en esto al optimizar el transporte, el almacenamiento y la distribución, mejorando así la velocidad y confiabilidad del comercio. La infraestructura moderna, incluidos los sistemas de transporte e información, soporta las cadenas de suministro mundiales, facilitando el crecimiento económico (Liu, 2024).

El Acuerdo Comercial entre Ecuador y la Unión Europea (UE), formalizado mediante el Protocolo de Adhesión al Acuerdo Multipartes, ha generado transformaciones estructurales en la economía ecuatoriana, con efectos particularmente significativos en el sector logístico. Este tratado, vigente desde 2024, garantiza acceso preferencial para el 99,7% de las exportaciones agrícolas y el 100% de los productos industriales y pesqueros ecuatorianos al mercado europeo. Según proyecciones de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), el acuerdo podría incrementar el PIB ecuatoriano en 0,10% anual, el consumo en 0,15%, y la inversión en 0,13%, con impactos positivos en la generación de empleo. Sin embargo, estos beneficios

económicos están condicionados a la capacidad del país para modernizar sus operaciones logísticas, desde la infraestructura portuaria hasta los protocolos aduaneros, en un contexto donde el comercio bilateral superó los 33.000 millones de euros en 2023 (The-Logistics-World, 2025).

La eficiencia de costos mejoró a través de procedimientos aduaneros simplificados y una mejor infraestructura. Por ejemplo, se ha mostrado que un despacho aduanero eficiente ha reducido demoras y costos, como se observa en estudios donde tales mejoras estimulan las exportaciones y la competitividad. Adicionalmente, la adopción de prácticas logísticas verdes, como la reducción de las emisiones de carbono, han mejorado la rentabilidad al tiempo que promueve la sustentabilidad. El acuerdo introduce cambios normativos que impactan los procedimientos aduaneros y los requisitos de cumplimiento. La eficiencia aduanera simplificada es vital para reducir los costos comerciales y mejorar la competitividad. La implementación de sistemas de documentación electrónica y la mejora de la infraestructura fronteriza pueden facilitar aún más el comercio, como se observa en otras regiones. El cumplimiento de las normas de sostenibilidad de la UE requiere que Ecuador adopte prácticas logísticas ecológicas, centrándose en reducir el impacto ambiental. Esta alineación no solo cumple con los requisitos normativos, sino que también mejora la competitividad del mercado del país (Temizceri & Acar, 2024).

El Protocolo de Adhesión de Ecuador al Acuerdo Comercial con la UE se sustenta en tres pilares estratégicos, la liberalización arancelaria progresiva, cooperación técnica y armonización regulatoria. A diferencia del anterior Sistema Generalizado de Preferencias Plus (SGP+), este tratado establece relaciones comerciales recíprocas, aunque con disposiciones asimétricas que reconocen las diferencias económicas entre las partes. Para 2025, el 82% de las exportaciones ecuatorianas a la UE se benefician de arancel cero, incluyendo sectores clave como banano, camarón y productos manufacturados. La reconfiguración de los flujos comerciales con la eliminación de barreras arancelarias ha reorientado los patrones comerciales. Entre 2024 y 2025, las exportaciones de banano ecuatoriano a la UE aumentaron un 14%, mientras que los envíos de productos pesqueros procesados crecieron un 22%. Este dinamismo exige una logística capaz de manejar volúmenes crecientes: se estima que el tráfico marítimo desde Guayaquil a puertos europeos aumentará un 18% anual hasta 2030 (CAF, 2025).

Con respecto al impacto económico en la eficiencia operaciones logísticas portuarias y la capacidad de carga, el Puerto de Guayaquil, responsable del 85% del comercio exterior ecuatoriano, enfrenta desafíos críticos. Aunque su posición en el ranking latinoamericano mejoró del 7° al 5° lugar en 2024, su capacidad de procesamiento (2,8 millones de TEUs anuales) está al 92% de su límite operativo. El acuerdo comercial exige inversiones urgentes en la ampliación de muelles en los proyectos para añadir 800 metros de atraque hasta 2026, la automatización de grúas con la implementación de 12 grúas STS automatizadas para reducir tiempos de carga/descarga en 40% y los sistemas de gestión inteligente con la plataforma IoT para monitoreo en tiempo real de contenedores, con una inversión de USD 45 millones financiada parcialmente por la CAF (The-Logistics-World, 2025).

El capítulo V del acuerdo establece protocolos conjuntos para la facilitación aduanera, basados en la modernización aduanera y la trazabilidad. Para esto, la ventanilla única de Comercio Exterior (VUCE) con interoperabilidad con el sistema europeo Export

Control System 2 (ECS2), reduciendo tiempos de despacho de 72 a 24 horas. La certificación de origen digital con la implementación de blockchain para emitir certificados EUR.1, eliminando el uso de papel en un 95% de las transacciones. Los controles de calidad integrado con los módulos de inspección no intrusiva con escáneres de rayos X de doble energía, aumentando la velocidad de revisión en un 300% (COOPACS, 2024).

La Hoja de Ruta Logística 2025 del Ecuador prioriza cuatro corredores estratégicos para la optimización de transporte multimodal. Para Quito-Guayaquil está el eje bananero y manufacturero, con proyectos de duplicación de capacidad en la vía Durán-Tambo; Quito-Cuenca este corredor minero, mejorando el tramo Cañar-Azuay con pavimento rígido para soportar carga de 45 toneladas; Quito-Manta es la ruta petrolera y pesquera, modernizando el puerto de Manta para buques Post-Panamax; y Quito-Tulcán que es la conectividad fronteriza con Colombia, clave para las exportaciones de flores (CAF, 2025).

En este contexto, existen desafíos competitivos y brechas operativas, como por ejemplo la inseguridad en la Cadena de Suministro. El 38% de las empresas exportadoras reportan robos de carga en la Ruta 25 (Guayaquil-Quito), con pérdidas anuales estimadas en USD 120 millones. El acuerdo comercial exige medidas como los centros de monitoreo unificados que están integrando datos de GPS, cámaras térmicas y drones. Los seguro de carga subvencionado con fondos estatales cubren el 30% de las primas para pymes. También, la capacitación laboral especializada esta solo el 15% del personal logístico cuenta con certificación internacional. El programa "Habilidades Logísticas 4.0", cofinanciado por la UE, tendrán que capacitar 12,000 trabajadores en gestión de cadena de frío con normativas europeas para productos perecederos y las operación de maquinaria automatizada con certificaciones ISO/TS 16949 para mantenimiento predictivo (Access2Markets, 2025).

Frente a las perspectivas estratégicas está el Modelo de Asociación Público-Privada (APP) de esto depende el éxito del acuerdo comercial Europeo de Inversiones (BEI) que contiene el Proyecto de ampliación de los terminales portuario de Guayaquil para operar 3,5 millones de TEUs con participación de Maersk y DP World y los Centro Logístico Andino (CLA) con la gestión operativa del Hub intermodal en Ambato con conexión a fibra óptica cuántica para gestión de Big Data. La integración con iniciativas regionales alinea el acuerdo Ecuador-UE con la Alianza del Pacífico que se puede armonizar los protocolos sanitarios con Chile, Colombia y Perú y la Iniciativa Belt and Road con el uso de corredores logísticos chinos para reexportaciones a Europa. La implementación efectiva del Acuerdo Comercial Ecuador-UE transformará las operaciones logísticas en cuatro dimensiones críticas: capacidad infraestructural, eficiencia operativa, seguridad jurídica y sostenibilidad ambiental. Para capitalizar estas oportunidades, Ecuador debe priorizar inversiones del 1,2% de su PIB anual en modernización logística, junto con reformas institucionales que aceleren la adopción de estándares europeos. El éxito dependerá de la capacidad para convertir los puertos y corredores logísticos en hubs de valor agregado, más que meros puntos de tránsito, integrando tecnologías 4.0 y modelos circulares alineados con el Pacto Verde Europeo (Bermudez, 2022).

Para los avances tecnológicos que mejoran la eficiencia logística, las innovaciones son clave para mejorar las operaciones. La integración de las tecnologías de IA, IoT y

blockchain han mejorado la eficiencia operativa y que han permitido la toma de decisiones en tiempo real. Estas tecnologías pueden optimizar la gestión del inventario y la integración de la cadena de suministro, lo que lleva a una mejor capacidad de respuesta y resiliencia. Las plataformas digitales y los sistemas de seguimiento son esenciales para mejorar la visibilidad y la colaboración en toda la cadena de suministro. Estos avances mejoran la eficiencia y apoyan la sostenibilidad al reducir los desechos y las emisiones (Ouni & Ben, 2024).

Las consideraciones ambientales en las operaciones logísticas se prioriza la sustentabilidad ambiental es un aspecto crítico del acuerdo, con un enfoque en reducir las huellas de carbono. Las prácticas logísticas ecológicas, como la optimización de rutas de transporte y el uso de energías renovables, pueden mitigar el impacto ambiental al tiempo que mejoran la competitividad comercial. La adopción de la logística verde no solo es beneficiosa para el medio ambiente sino también económicamente ventajosa. Los estudios han demostrado que reducir las emisiones de CO₂ puede influir positivamente en el crecimiento de las exportaciones, ya que las prácticas sostenibles se alinean con las tendencias del comercio mundial. El Acuerdo Comercial Ecuador-Unión Europea ofrece importantes oportunidades para mejorar las operaciones logísticas a través del aumento de los volúmenes comerciales, la mejora de la rentabilidad y la alineación regulatoria. Los avances tecnológicos y las consideraciones ambientales son fundamentales para lograr estos objetivos, asegurando prácticas comerciales sostenibles y competitivas (Huong et al., 2024).

4.5 Estrategias para Optimizar la Logística Regional de Productos Ecuatorianos

La optimización logística es crucial para potenciar la competitividad y sustentabilidad de los productos ecuatorianos tanto en el mercado nacional como internacional. Esta respuesta se centra en la optimización de la logística para productos agrícolas, textiles y artesanías, sacando ideas de trabajos de investigación relevantes. La discusión abarca desafíos clave, posibles soluciones y el papel de la digitalización y las reformas de políticas en la mejora de la eficiencia logística (Covas et al., 2017).

La logística agrícola en Ecuador enfrenta varios desafíos, entre ellos la ineficiente gestión de la cadena de suministro, los altos costos de transporte y el uso limitado de la tecnología. La falta de sistemas logísticos integrados a menudo conduce a ineficiencias en la distribución, lo que resulta en mayores costos y una menor competitividad. Adicionalmente, la naturaleza perecedera de los productos agrícolas requiere soluciones de distribución en cadena de frío para mantener la calidad del producto y reducir el desperdicio (Wu et al., 2024).

Soluciones para la logística agrícola esta la digitalización e integración de Tecnología La adopción de tecnologías digitales como blockchain, IoT e IA puede mejorar significativamente la eficiencia de la logística agrícola. La tecnología Blockchain, por ejemplo, puede mejorar la trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro, asegurando la calidad y seguridad de los productos. Los sensores habilitados para IOT pueden monitorear la temperatura y la humedad durante el transporte, reduciendo el daño y mejorando los tiempos de entrega. Los modelos de optimización de ruta avanzados, como el algoritmo genético adaptativo y el algoritmo heurístico adaptativo de búsqueda de grandes vecindarios, se han aplicado con éxito para optimizar

las rutas de distribución de los productos agrícolas. Estos modelos reducen los costos de transporte y mejoran la eficiencia de entrega. La logística colaborativa, donde los agricultores, distribuidores y consumidores trabajan juntos a través de plataformas digitales, puede reducir costos y mejorar la utilización de recursos. Por ejemplo, se ha demostrado que el modelo “Farmer + Consumer Integration Purchase” reduce los costos logísticos, reduce las emisiones de carbono y aumenta las ganancias de los agricultores. La distribución de la cadena de frío para optimizar las rutas de distribución de la cadena de frío para productos agrícolas frescos es fundamental para mantener la calidad del producto. Los modelos que consideran tipos de vehículos mixtos y emisiones de carbono pueden equilibrar los beneficios económicos y ambientales, reduciendo los costos de distribución y el impacto ambiental (Zhou et al., 2024).

El sector textil en Ecuador, particularmente la industria textil artesanal, enfrenta desafíos como los altos costos logísticos, la limitada integración tecnológica y la competencia de los productos importados. La falta de gestión eficiente de la cadena de suministro y la limitada capacitación en prácticas logísticas exacerbaban aún más estos problemas. De esta forma, las soluciones para logística textil están en la selección sustentable de proveedores con el uso de sistemas modulares de inferencia difusa puede ayudar a evaluar y seleccionar proveedores sustentables, asegurando que se cumplan los criterios ambientales y sociales. Este enfoque puede mejorar la competitividad de la industria textil al tiempo que promueve la sustentabilidad. La digitalización y comercio electrónico con las plataformas digitales pueden conectar a los artesanos directamente con los consumidores, reduciendo los intermediarios y mejorando el acceso a los mercados. Adicionalmente, las estrategias de marketing digital, incluyendo el diseño web y la optimización de motores de búsqueda, pueden mejorar la visibilidad de los textiles artesanales en los mercados globales. Las reformas arancelarias y apoyo político con reformas arancelarias que han aumentado la competencia de los textiles importados, las intervenciones de política estratégica pueden apoyar a los productores locales. Por ejemplo, los incentivos para la innovación tecnológica y los programas de capacitación pueden ayudar a los artesanos a adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado (Moreta & Rojas, 2024).

Las artesanías, incluidos los textiles, enfrentan desafíos logísticos únicos debido a su naturaleza artesanal y la estructura fragmentada del sector. La falta de estandarización, el acceso limitado a la tecnología y los altos costos de transporte dificultan la competitividad de las artesanías tanto en los mercados locales como internacionales. Las soluciones para logística artesanal se presentan con mercados digitales donde las plataformas pueden proporcionar a los artesanos acceso directo a los consumidores, reduciendo la dependencia de los intermediarios y mejorando los márgenes de ganancia. Estas plataformas también pueden facilitar la promoción de la artesanía a través de estrategias de marketing digital. La capacitación y desarrollo de capacidad con programas enfocados en la gestión logística, la optimización de la cadena de suministro y las herramientas tecnológicas pueden empoderar a los artesanos para mejorar sus operaciones. Los esfuerzos de colaboración entre artesanos y proveedores logísticos pueden mejorar aún más la eficiencia. Las prácticas sostenibles que incorporan prácticas sustentables, como empaques ecológicos y métodos de producción éticos, puede diferenciar las artesanías en el mercado. La tecnología blockchain se puede utilizar para rastrear el origen y los procesos de producción de artesanías, atrayendo a los consumidores conscientes del medio ambiente (Linzán et al., 2024).

El papel de la digitalización en la optimización logística juega un rol fundamental en la optimización de la logística en todas las categorías de productos. Las tecnologías clave incluyen la tecnología blockchain que puede mejorar la trazabilidad, la transparencia y la seguridad en las cadenas de suministro, reduciendo los riesgos de falsificación y mejorando la confianza del consumidor, el IoT e AI con sensores habilitados y los algoritmos pueden optimizar los procesos logísticos, como la planificación de rutas y la gestión de inventario, reduciendo costos y mejorando la eficiencia. Las plataformas digitales pueden facilitar la colaboración entre las partes interesadas, mejorar el acceso al mercado y reducir los costos logísticos. Por ejemplo, las plataformas que permiten “Farmer + Consumer Integration Purchase” han mostrado beneficios significativos para la logística agrícola (Covas et al., 2017).

Por lo tanto, las implicaciones están en las políticas arancelarias y comerciales, donde los formuladores de políticas deberían considerar el impacto de las reformas arancelarias en las industrias locales, asegurando que se implementen medidas para apoyar a los productores nacionales. Las alianzas estratégicas con los países vecinos también pueden mejorar el acceso a los mercados. Las inversiones en Infraestructura Digital donde los gobiernos deberían invertir en infraestructura digital para facilitar la adopción de tecnologías emergentes, como blockchain e IoT, en diversos sectores. La capacitación y desarrollo de capacidad, donde las asociaciones público-privadas pueden proporcionar programas de capacitación para artesanos y pequeños productores, centrándose en la gestión logística, el marketing digital y las prácticas sostenibles (Moreta & Rojas, 2024).

La optimización logística es esencial para mejorar la competitividad de los productos ecuatorianos, incluyendo productos agrícolas, textiles y artesanías. Al aprovechar las tecnologías digitales, adoptar prácticas sostenibles e implementar reformas de políticas, las partes interesadas pueden abordar desafíos clave y desbloquear nuevas oportunidades tanto en los mercados locales como globales y para su implementación están las siguientes estrategias específicas:

1. Mapeo y análisis de la cadena de suministro

- Realizar un diagnóstico completo de la cadena logística actual
- Identificar cuellos de botella en transporte, almacenamiento y distribución
- Analizar tiempos y costos en cada etapa del proceso

2. Mejora de infraestructura y rutas

- Evaluar alternativas de transporte: terrestre, marítimo, aéreo o multimodal según el producto
- Optimizar rutas considerando el estado vial de las distintas regiones ecuatorianas
- Aprovechar los puertos principales (Guayaquil, Manta, Esmeraldas) según destino

3. Implementación de tecnología logística

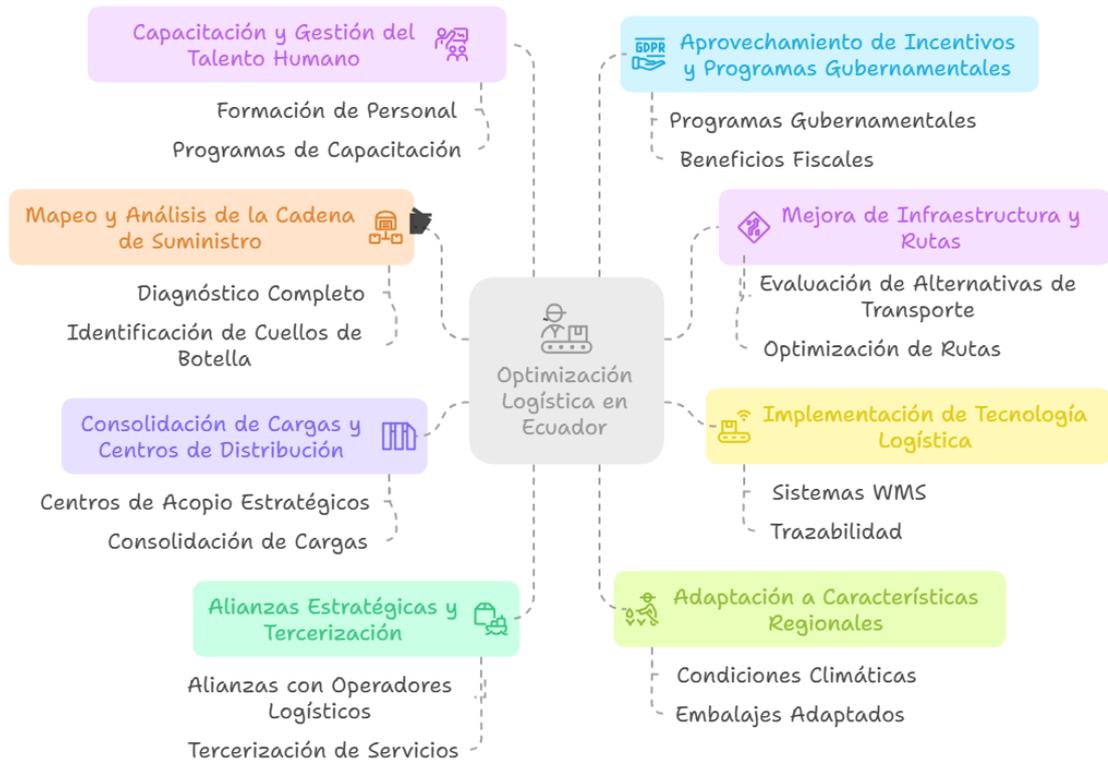
- Adoptar sistemas WMS (Warehouse Management System) para gestión de inventarios

- Implementar trazabilidad mediante códigos QR o RFID
- Utilizar software de planificación de rutas y optimización de cargas
- 4. Consolidación de cargas y centros de distribución
 - Establecer centros de acopio estratégicos cerca de zonas productoras
 - Consolidar cargas de diferentes productores para reducir costos
 - Desarrollar centros de distribución en puntos clave como Quito y Guayaquil
- 5. Alianzas estratégicas y tercerización
 - Formar alianzas con operadores logísticos especializados en la región
 - Considerar la tercerización de servicios logísticos no esenciales
 - Establecer acuerdos de colaboración con otros exportadores para compartir recursos
- 6. Adaptación a características regionales
 - Considerar condiciones climáticas y geográficas específicas de cada región
 - Adaptar embalajes según la zona (mayor protección en regiones húmedas o calientes)
 - Establecer rutas alternativas durante temporada de lluvias en zonas propensas
- 7. Capacitación y gestión del talento humano
 - Formar personal especializado en logística regional
 - Implementar programas de capacitación continua
 - Desarrollar protocolos específicos para cada etapa del proceso
- 8. Aprovechamiento de incentivos y programas gubernamentales
 - Utilizar programas como "Ecuador Exporta" o similares
 - Aprovechar beneficios fiscales para exportadores
 - Participar en iniciativas de desarrollo logístico regional

Figura 1. Estrategias para la optimización logística en Ecuador

Undo

Estrategias para la Optimización Logística en Ecuador



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abuzawida, S., Alzubi, A., & Iyiola, K. (2023). Sustainable Supply Chain Practices: An Empirical Investigation from the Manufacturing Industry. *Sustainability.*, 1-16. doi.org/10.3390/su151914395.
- Access2Markets. (01 de 01 de 2025). *Normas de Origen* . Obtenido de Norma de Origen : <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/es/content/normas-de-origen-0>
- Addo, R., & Helo, P. (2016). Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review. *Computations Industrial Engineer*, 101, 528-543. doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.023.
- ALADI, A. L. (01 de 01 de 2025). *ALADI, Asociación Latinoamericana de Integración*. Obtenido de ALADI, Asociación Latinoamericana de Integración: <https://www.aladi.org/sitioaladi/>
- ALAXS. (17 de 06 de 2022). *La importancia de contar con un sistema de trazabilidad en operaciones logísticas*. Obtenido de La importancia de contar con un sistema de trazabilidad en operaciones logísticas: <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-contar-con-un-sistema-trazabilidad-en-operaciones-/>
- AllRead. (01 de 01 de 2024). *Proyectos Puertos 4.0. Disrupción del OCR Portuario*. Obtenido de Proyectos Puertos 4.0. Disrupción del OCR Portuario: <https://www.allread.ai/es/ports40/>
- Al-Okaily, M. Y.-O. (2024). The impact of management practices and industry 4.0 technologies on supply chain sustainability: A systematic review. . *Heliyon*, 10., 1-18.
- Ameh, B. (2024). Technology-integrated sustainable supply chains: Balancing domestic policy goals, global stability, and economic growth. . *International Journal of Science and Research Archive*, 13(2), 1811–1828. doi.org/10.30574/ijrsra.2024.13.2.2369.
- APG, A. P. (01 de 01 de 2025). *Autoridad Portuaria de Guayaquil*. Obtenido de <http://www.puertodeguayaquil.gob.ec/>

- Apolinario, R., & Guevara, D. (2021). El efecto mediador de la capacidad ejecutiva para la innovación entre la gestión del conocimiento y el rendimiento de la cadena de suministros. *Información Tecnológica*, 1-14.
- Apolinario, R., Rodriguez, M., Briones, V., Cevallos, D., Baque, J., Velez, K., & Zambrano, F. (2024). *La Gestión Logística enfocada al Comercio Exterior*. Guayaquil: Liveworking Editorial y Educación.
- Argüelles, I., Landaverde, O., Pinto, A., & Jurado, M. (2022). Atlas de infraestructuras de integración de América Latina y el Caribe: mapeando infraestructuras de transporte y logística de alto impacto en las cadenas de valor regionales. *CitePaper Review*, 1-18.
- Arinze, C., Agho, M., Eyo-Udo, N., Abbey, A., & Onukwulu, E. (2025). AI-Driven Transport and Distribution Optimization Model (TDOM) for the downstream petroleum sector: enhancing sme supply chains and sustainability. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 13(1), 137–153. doi.org/10.30574/msarr.2025.13.1.0019.
- Associated-Press. (01 de 01 de 2024). *Ecuador y China oficializan entrada en vigor de Tratado de Libre Comercio*. Obtenido de Ecuador y China oficializan entrada en vigor de Tratado de Libre Comercio: <https://www.vozdeamerica.com/a/ecuador-y-china-oficializan-entrada-en-vigor-de-un-tratado-de-libre-comercio/7594942.html>
- Bailey, D. (2022). Emerging Technologies at Work: Policy Ideas to Address Negative Consequences for Work, Workers, and Society. *ILR Review*, 75, 527 - 551. doi.org/10.1177/00197939221076747.
- Barbosa, M., De La Calle, V., Ladeira, M., & De Oliveira, M. (2018). Managing supply chain resources with Big Data Analytics: a systematic review. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21, 177 - 200. doi.org/10.1080/13675567.2017.1369501.
- Bermudez, C. (2022). La integración regional a comienzos del siglo XXI: MERCOSUR y UNASUR. *Memorias*, 14, 202–231. <https://doi.org/10.14482/memor.14.085.6>.

- Birelo, H. (2024). Potencial transformador da inteligência artificial na logística. *Supply Chain Reviews*, 1-10. doi.org/10.69849/revistaft/ar10202411101332.
- Bonisolí, L., Galdeano, E., Piedra, L., & Pérez, J. (2019). Benchmarking agri-food sustainability certifications: Evidences from applying SAFA in the Ecuadorian banana agri-system. *Journal of Cleaner Production.*, 1-17. doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.07.054.
- Bravo, V. V. (2021). Analysing competing logics towards sustainable supplier management. *Supply Chain Management: An International Journal.*, 1-16.
- CAF, B. d. (01 de 01 de 2025). *Programa de Infraestructura Logística Fase I*. Obtenido de Programa de Infraestructura Logística Fase I: <https://www.caf.com/es/quienes-somos/proyectos/cfa012325-programa-de-infraestructura-logistica-fase-i/>
- CaféLojano. (01 de 01 de 2024). *Café Lojano: Impulso con Blockchain y Denominación de Origen*. Obtenido de Café Lojano: Impulso con Blockchain y Denominación de Origen: <https://cafelojano.com/cafelojano-impulso-con-blockchain-y-denominacion-de-origen/>
- CAMAE, C. M. (01 de 01 de 2025). *CAMAE, Camara Maritima del Ecuador* . Obtenido de CAMAE, Camara Maritima del Ecuador : <https://www.camae.org/>
- Cammarano, A., Varriale, V., Michelino, F., & Caputo, M. (2024). A Framework for Investigating the Adoption of Key Technologies: Presentation of the Methodology and Explorative Analysis of Emerging Practices. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 7.
- CAN, C. A. (01 de 01 de 2025). *Comunidad Andina*. Obtenido de Comunidad Andina: <https://www.comunidadandina.org/normativa-andina/>
- Cano, V., Cuenca, L., & Quirola, E. (2009). *Internalización del sistema de transporte de las cajas de banano* . Guayaquil: ESPOL.
- CCG, C. d. (2024). Actualidad del Transporte Internacional. *Revista de la Camara de Comercio del Guayaquil* , 1-23.

- Cedillo, M., & Villa, J. (2017). Special issue: Logistics systems design in Latin America. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(4), 545–549. doi.org/10.3926/JIEM.2479.
- Centobelli, P., Cerchione, R., Strazzullo, S., Shehri, K., Farag, T., & El-Garaihy, W. (2023). Supply Chain Practices for a Sustainable Value Chain. *IEEE Engineering Management Review*, 51, 130-147.
- CGSA. (1 de 01 de 2025). *Contecon Guayaqui* . Obtenido de Contecon Guayaqui : <https://www.cgsa.com.ec/>
- Chancusig, D., & Sanchez, J. (2021). Estudio de factibilidad para la concesión del servicio de parqueadero del aeropuerto internacional Cotopaxi, provincia de Cotopaxi. *Escuela Politécnica del Chimborazo.*, 1-45.
- COMEX, Comité del Comercio Exterior (<https://www.produccion.gob.ec/> 01 de 01 de 2020).
- Comunicadosrrpp. (21 de 06 de 2020). *Logística 4.0: Transformación Digital del Sector Logístico ahora Disponible en Ecuador*. Obtenido de Logística 4.0: Transformación Digital del Sector Logístico ahora Disponible en Ecuador: <https://farras.live/logistica-4-0-transformacion-digital-del-sector-logistico-ahora-disponible-en-ecuador/>
- COOPACS. (17 de 10 de 2024). *Ecuador y China activan Comité de facilitación aduanera para fortalecer el comercio bilateral*. Obtenido de Ecuador y China activan Comité de facilitación aduanera para fortalecer el comercio bilateral: <https://mpnoticias.com.ec/ecuador-y-china-activan-comite-de-facilitacion-aduanera-para-fortalecer-comercio-bilateral/>
- COPCI , Código Orgánico de la producción Comercio e Inversiones (COPCI 01 de 01 de 2012).
- Coque, K., & Campoverde, J. (2013). Creación de una consolidadora de carga para la exportación de flores desde la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi a Miami – Estados Unidos. *Escuela Politécnica de Chimborazo*, 1-45.

- Covas, D., Martínez, G., Delgado, N., & Díaz, M. (2017). Mejora de procesos logísticos en la comercializadora agropecuaria cienfuegos/process improvement with logistics supply chain approach in agricultural distributor cienfuegos. . *Review Paper*, 210–222. .
- Cruel, M., & Verraza, G. (2022). Uso de biocombustibles en Ecuador: Una mirada desde la protección de los derechos de la naturaleza. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 27(7), 477-491.
- Day, G., & Schoemaker, P. (2000). Avoiding the Pitfalls of Emerging Technologies. . *California Management Review*, 42., 33 - 38. <https://doi.org/10.2307/41166030>.
- DGAC, D. G. (01 de 01 de 2024). *La operatividad de 21 aeropuertos del Ecuador se mantiene durante la pandemia*. Obtenido de La operatividad de 21 aeropuertos del Ecuador se mantiene durante la pandemia: <https://www.aviacioncivil.gob.ec/la-operatividad-de-21-aeropuertos-del-ecuador-se-mantiene-durante-la-pandemia/>
- Dovbischuk, I. (2021). Sustainable Firm Performance of Logistics Service Providers along Maritime Supply Chain. *Sustainability*, 1-15. doi.org/10.3390/SU13148040.
- DP-WORLD. (01 de 01 de 2025). *Somos el proveedor líder de soluciones logísticas inteligentes, ayudamos al flujo comercial en todo el mundo*. Obtenido de Somos el proveedor líder de soluciones logísticas inteligentes, ayudamos al flujo comercial en todo el mundo.: <https://www.dpworldposorja.com.ec/>
- Duran, J., Mulder, N., & Ruiz, M. (2008). Facilitating Trade and Structural Adjustment Ecuador. *Research Papers in Economics.*, 123-143. doi.org/10.1787/244323141371.
- Durán, J., Schuschny, A., & De Miguel, C. (2006). Andean Countries and USA: how much can be expected from FTAs? <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2678.pdf>, 1-10.

- E-Asfalto. (01 de 01 de 2024). *Red Vial de Ecuador* . Obtenido de Red Vial de Ecuador :
<https://www.e-asfalto.com/redvialecuador/>
- Echeverri, R. (2020). Impact of economic internationalization Policies in Colombia, Peru and Chile. *Review Paper*, 36(66), 78–91. doi.org/10.25100/CDEA.V36I66.8516.
- Ecochain. (01 de 01 de 2025). *Ecochain*. Obtenido de <https://ecochain.com/>:
<https://ecochain.com/>
- Ekos. (31 de 10 de 2024). *La inseguridad ha encarecido los costos logísticos en Ecuador*. Obtenido de La inseguridad ha encarecido los costos logísticos en Ecuador:
<https://ekosnegocios.com/articulo/la-inseguridad-ha-encarecido-los-costos-logisticos-en-ecuador>
- Empresa Metropolitana. (01 de 01 de 2017). *Quito cuenta con un nuevo aeropuerto internacional y su certificación de operación*. Obtenido de Quito cuenta con un nuevo aeropuerto internacional y su certificación de operación:
https://www.pasajerosquito.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=143%3Aquito-cuenta-con-un-nuevo-aeropuerto-internacional-y-su-certificacion-de-operacion&catid=84&Itemid=599
- Fairlie, A. (2022). New challenges for the European Union’s Multiparty Trade Agreement with Peru, Colombia and Ecuador. *Review Paper*, 1-20. doi.org/10.33960/issn-e.1885-9119.dtf02en.
- Fertisa, T. P. (01 de 01 de 2025). *Un puerto para la ciudad: Comprometido con su entorno urbano, eficiente y competitivo*. Obtenido de Un puerto para la ciudad: Comprometido con su entorno urbano, eficiente y competitivo:
<https://terminalfertisa.com/>
- Figuroa, M., Lerma, O., Fuentes, R., & Ojeda, A. (2019). Multimodal movement planning: logistics network and analysis of transportation alternatives. study case. *International Journal of Engineering & Technology*., 1-14. doi.org/10.14419/ijet.v8i4.29975.

- Forbes, M. M. (17 de 05 de 2024). *¿La logística de Ecuador está lista para el TLC con China?* Obtenido de *¿La logística de Ecuador está lista para el TLC con China?:* <https://www.forbes.com.ec/negocios/la-logistica-ecuador-esta-lista-tlc-china-n53114>
- Gallardo, P., Díaz, J., Quintana, P., Cevallos, I., Leon, P., & Guillén, J. (2018). Energy intensity of road freight transport of liquid fuels for automotive use in Ecuador: Assessment of changes in logistics. *Case Studies on Transport Policy.*, 1-20. doi.org/10.1016/J.CSTP.2017.12.001.
- GloveNewswire. (27 de 01 de 2025). *DP World Posorja: Ecuador's Leading Port in 2024.* Obtenido de DP World Posorja: Ecuador's Leading Port in 2024: https://www.globenewswire.com/news-release/2025/01/27/3015653/0/en/DP-World-Posorja-Ecuador-s-Leading-Port-in-2024.html?utm_source=chatgpt.com
- Gplogistic. (01 de 01 de 2025). *Logistica Integral.* Obtenido de <https://gplogistics.com.ec/>: <https://gplogistics.com.ec/>
- Guaita, I., Rodríguez, L., & Marques, I. (2023). Competitiveness of Ecuador's Flower Industry in the Global Market in the Period 2016–2020. *Sustainability*, 1-20. doi.org/10.3390/su15075821.
- Guerrero, P., Lucenti, K., & Galarza, S. (2010). Trade Logistics and Regional Integration in Latin America and the Caribbean. . *Social Science Research Network.*, 1-16. doi.org/10.2139/SSRN.1654307.
- Hallak, J., & Tacsir, A. (01 de 11 de 2021). *Los sistemas de trazabilidad como herramientas de diferenciación para la inserción internacional de cadenas de valor agroalimentarias.* New York: Banco Interamericano de Desarrollo . Obtenido de Los sistemas de trazabilidad como herramientas de diferenciación para la inserción internacional de cadenas de valor agroalimentarias.
- Huong, V., Kiem, P., Thuy, N., & Trang, V. (2024). Assessing the impact of green logistics performance on vietnam's export trade to regional comprehensive economic partnership countries. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies.*, 1-20. doi.org/10.53894/ijirss.v7i2.2882.

- INLOG. (19 de 06 de 2024). *Almacenamiento Inteligente en Ecuador: Transformando la Logística*. Obtenido de Almacenamiento Inteligente en Ecuador: Transformando la Logística: <https://www.inlogsupplychain.com/contacto/>
- Irfan, M., Verma, J., Subramanian, P., & Sheikh, I. (2025). Integrating Emerging Technologies. *Advances in Logistics, Operations, and Management Science Book Series*, 199–220. doi.org/10.4018/979-8-3693-9740-4.ch007.
- Izquierdo, C. (2008). Desarrollo de un sistema de trazabilidad en los procesos de operación y control de embarque de fruta de una operadora portuaria. *Repositorio Dspace ESPOL*, 1-24.
- Jama, W. (2023). EL IMPACTO DE La Digitalización en la Gestión del Transporte Marítimo: Oportunidades y desafíos para el Ecuador. *Universidad del Pacífico*, 1-45.
- Jones, J. (2025). Exploring the Role of Artificial Intelligence in Optimizing Supply Chain Operations. *Supply Chain Mangement*, 1-10. doi.org/10.20944/preprints202501.0137.v1.
- Ju, C., Liu, H., Xu, A., & Zhang, J. (2023). Green logistics of fossil fuels and E-commerce: Implications for sustainable economic development. *Resources Policy*, 1-15.
- Junejo, A., Breza, M., & McCann, J. (2023). Threat Modeling for Communication Security of IoT-Enabled Digital Logistics. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23, 1-10. doi.org/10.3390/s23239500.
- Kelley, J., Kuby, M., & Sierra, R. (2013). Transportation network optimization for the movement of indigenous goods in amazonian Ecuador. *Journal of Transport Geography*, 2, 89-100. doi.org/10.1016/J.JTRANGE0.2012.11.006.
- King, G., & Navarra, D. (2025). Transaction cost theory, organisational ambidexterity, and digital platforms: an interpretative case study exploring the implementation of a business-to-business logistics digital platform in a South African organisatio.

The Business & Management Review, 15(03), 40-52.
doi.org/10.24052/bmr/v15nu03/art-05.

Korepin, V., Dzenzeliuk, N., Seryshev, R., & Rogulin, R. (2021). Improving supply chain reliability with blockchain technology. . *Maritime Economics & Logistics*. , 15-29. doi.org/10.1057/s41278-021-00197-4.

Kott, A., Legkodymov, D., & Fursova, E. (2024). Transformation of business systems and international logistics technologies under the influence of digitization trends. . *Transport Technician: Education and Practice*. , 183-188. doi.org/10.46684/2687-1033.2024.1.

Krugel, C. (01 de 01 de 2025). *Krugel* . Obtenido de Krugel: <https://krugercorp.com/>

Kupanarapu, S. (2024). Revolutionizing Freight Management: A Synergistic Approach Using IoT and Blockchain Technologies. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 10(6), 22–29. doi.org/10.32628/cseit241051069.

Kupanarapu, S. (2024). Revolutionizing Freight Management: A Synergistic Approach Using IoT and Blockchain Technologies. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 10(6), 22–29. doi.org/10.32628/cseit241051069.

Lazar, S., Klimecka, D., & Obrecht, M. (2021). Sustainability Orientation and Focus in Logistics and Supply Chains. *Sustainability*, 13, 3280-3300. doi.org/10.3390/SU13063280.

Lee, I., & Mangalaraj, G. (2022). Big Data Analytics in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review and Research Directions. *Big Data Cognitive Computations*, 6(17), 1-10. doi.org/10.3390/bdcc6010017.

Lee, S. (2024). The Impact of the Expansion of Cross-border E-commerce on the Structural Changes in the Global Logistics System. *Korea Association for International Commerce and Information*, 26(4), 71–92. doi.org/10.15798/kaici.2024.26.4.71.

- Linzán, G., Soledispa, B., Chávez, V., & Fiallos, O. (2024). Analysis of the Supply Chain in Industrial Companies in Guayaquil, Ecuador – A Secondary Publication. . *Proceedings of Business and Economic Studies.*, 1-23. doi.org/10.26689/pbes.v7i1.6259.
- Liu, X. (2024). The Role of Logistics and Infrastructure in Promoting International Trade. *Journal of Education and Educational Research*, 9(3), 281–286. doi.org/10.54097/j25ch550.
- Liu, Z., & Li, Z. (2020). A blockchain-based framework of cross-border e-commerce supply chain. *Int. J. Inf. Manag.*, 52, 102059. *International Information Management*, 52, 102-159. doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102059.
- LOGEX. (01 de 01 de 2025). *LOGEX*. Obtenido de <https://revistaidentidad.ec/2023/06/12/innovacion-logistica-ecuador-logex-lidera/>: <https://revistaidentidad.ec/2023/06/12/innovacion-logistica-ecuador-logex-lidera/>
- Loginet. (2024). La digitalización en la logística ecuatoriana. *Loginet*, 1-10.
- Logister-Cluster. (01 de 01 de 2024). *Ecuador - 2.2.2 Aeropuerto Internacional “José Joaquín de Olmedo” Guayaquil*. Obtenido de Ecuador - 2.2.2 Aeropuerto Internacional “José Joaquín de Olmedo” Guayaquil: ca.logcluster.org/es/ecuador-222-aeropuerto-internacional-jose-joaquin-de-olmedo-guayaquil
- Lozhachevska, O., Bashmakov, M., Petchenko, M., Orlova-Kurilova, O., Bereza, I., & Krasnoshtan, O. &. (2023). Technological Management of Innovations in Logistics. . *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 45, 113-123.
- Lucenti, K., Galarza, S., & Guerrero, P. (2009). Trade Logistic and Regional Integration in Latin America & the Caribbean. <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Trade-Logistic-and-Regional-Integration-in-Latin-America--the-Caribbean.pdf>, 1-25.

- Ludeña, C., & Wong, S. (2006). Domestic Support Policies for Agriculture in Ecuador and the U.S.-Andean Countries Free Trade Agreement: An Applied General Equilibrium Assessmentd. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2580.pdf>, 1-20.
- Ludeña, C., & Wong, S. (2006). Domestic Support Policies for Agriculture in Ecuador and the U.S.-Andean Countries Free Trade Agreement: An Applied General Equilibrium Assessmentd. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2580.pdf>, 1-10.
- Luo, H., Wei, J., Zhao, S., Liang, A., Xu, Z., & Jiang, R. (2025). Enhancing Robot Route Optimization in Smart Logistics with Transformer and GNN Integration. *Suplly Chain Mangement*, 1-10. doi.org/10.48550/arxiv.2501.02749.
- Malatji, M. (2023). Accelerating the African continental free trade area through optimization of digital supply chains. *Engineering Reports.*, 1-17. doi.org/10.1002/eng2.12711.
- Mantilla, F., Altamirano, J., & Vásquez, J. (2023). Análisis de los retos logísticos de las exportaciones ecuatorianas hacia Colombia en el periodo 2009 al 2019. *CItPaper Review*, 1-20. doi.org/10.33324/udaakadem.vi12.675.
- Marfec. (06 de 08 de 2024). *Plataformas digitales facilitan el comercio exterior a Ecuador*. Obtenido de Marfec S.A.: <https://www.marfec.ec/plataformas-digitales-facilitan-el-comercio-exterior-a-ecuador/>
- Meissner, D., Gokhberg, L., & Saritas, O. (2019). What Do Emerging Technologies Mean for Economic Development?. . *Science, Technology and Innovation Studies.* , 15-27. doi.org/10.1007/978-3-030-04370-4_1.
- Melo, C., & Wolf, S. (2007). Ecocertification of Ecuadorian Bananas: Prospects for Progressive North–South Linkages. *Studies in Comparative International Development*, 42, 256-278. doi.org/10.1007/S12116-007-9009-1.
- Melón, D. (2022). The Integration of Regional Infrastructure in South America (IIRSA). *Alternautas. Review Paper*, 1-20. doi.org/10.31273/an.v9i2.1255.

- MERCOSUR, M. C. (01 de 01 de 2025). *Mercado Común del Sur*. Obtenido de Mercado Común del Sur: <https://www.mercosur.int/>
- MIAATE, M. d. (01 de 01 de 2025). *Areas Protegidas*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Agua, y Transición Ecológica.: <https://www.ambiente.gob.ec/>
- MIPRO, & Ministerio de la Producción, C. e. (01 de 01 de 2025). *Ministerio de la Producción*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/>: <https://www.produccion.gob.ec/>
- MMCCEE. (01 de 01 de 2025). *Ministerio de Comunicaciones del Ecuador*. Obtenido de Ministerio de Comunicaciones del Ecuador: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-trabaja-para-contar-con-un-comercio-digital-innovador/>
- MMCCEE, (. d. (01 de 01 de 2025). *Ministerio de Comunicaciones del Ecuador*. Obtenido de Ministerio de Comunicaciones del Ecuador: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-trabaja-para-contar-con-un-comercio-digital-innovador/>
- MMTTOOPP, (. T. (01 de 01 de 2024). *MTOP plantea estrategias para mejorar la red estatal y el sistema del transporte*. Obtenido de MTOP plantea estrategias para mejorar la red estatal y el sistema del transporte: <https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-plantea-estrategias-para-mejorar-la-red-estatal-y-el-sistema-del-transporte/>
- Moldabekova, A., Philipp, R., Satybaldin, A., & Prause, G. (2021). Technological Readiness and Innovation as Drivers for Logistics 4.0. . *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(145), 145-156. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2021>.
- Molina, D. H. (2016). Infrastructure and Export Performance in the Pacific Alliance. *Inter-American Development Bank.*, 1-19. <http://publications.iadb.org/handle/11319/7568>.

- Moreta, A., & Rojas, H. (2024). Reforma arancelaria y su incidencia en los costos de producción textil artesanal. *Review Paper*, 67-89. doi.org/10.55204/pcc.v4i1.e89.
- MundoMarino. (21 de 02 de 2024). *Puerto de Esmeraldas: proyecto de Asociación Público-Privada es prioritaria para el Gobierno de Ecuador*. Obtenido de Puerto de Esmeraldas: proyecto de Asociación Público-Privada es prioritaria para el Gobierno de Ecuador: https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puerto-de-esmeraldas-proyecto-de-asociacion-publico-privada-es-prioritaria-para-el-gobierno-de-ecuador?utm_source=chatgpt.com
- Mythily, D., Anto, A., Kumar, A., & Kumar, N. (2020). An RFID based Smart Logistics Management System for Monitoring Perishable Goods using Internet of Things. . *Logistics Management System*, 1-10.
- Naportec. (01 de 01 de 2025). *Naportec S.A.* Obtenido de Naportec S.A.: <http://www.naportec.com.ec/>
- Narvaez, L., & Reyes, Y. (2025). The Impact of Pesticides on Occupational Health in Floriculture: Challenges in Ecuador and Argentina. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations.*, 1-18. doi.org/10.56294/piii2025438.
- NatureGalapagos. (01 de 01 de 2024). *Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre*. Obtenido de Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre: <https://naturegalapagos.com/es/aeropuerto-mariscal-sucre/>
- Olives, G. (2021). Apertura comercial, inversión doméstica y crecimiento económico en Ecuador. *Investigación empírica 1950-2019*. 3(2), 1–29. doi.org/10.47666/SUMMA.3.2.29.
- ONU, N. U. (2015). Objetivos de desarrollo Sostenible . *Naciones Unidas* , 1-80.
- Ouni, M., & Ben, K. (2024). Environmental sustainability and green logistics: Evidence from BRICS and Gulf countries by cross-sectionally augmented autoregressive distributed lag (CS-ARDL) approach. . *Sustainable Development* . , 1.19. doi.org/10.1002/sd.2856.

- Ozturk, O. (2024). The Impact of AI on International Trade: Opportunities and Challenges. *Economies*, 12(11), 298-310. doi.org/10.3390/economies12110298.
- Patil, D. (2025). Artificial Intelligence-Driven Supply Chain Optimization: Enhancing Demand Forecasting And Cost Reduction. *Supply Chain Mangement*, 1-10. doi.org/10.2139/ssrn.5057408.
- Pazmiño, D. (2024). Análisis del funcionamiento del régimen aduanero “almacén especial”, caso: instalaciones puerto de Manta. *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*, 1-45.
- Pilacuan, L., Macías, P., Coba, J., & Cucalón, B. (2024). Profitability and Sustainability Indicators of Ecuadorian Industries: Assessment using the Logistics Biplot approach. *E3S Web of Conferences.*, 1-15.
- Piloso, V. (2019). El transporte multimodal y su incidencia en la legislación ecuatoriana. *SATHIRI: Sembrador*, 14, 318-326.
- ProEcuador. (01 de 10 de 2023). *Infraestructura Logística*. Obtenido de Infraestructura Logística: <https://www.proecuador.gob.ec/infraestructura-logistica/>
- Puig, I., Martinez, A., Vicuña, Z., Cordova, G., & Alvarez, P. (2018). Subsudio a los Combustibles fósiles en Ecuador: Diagnosis y Opciones para su Progresiva Reducción. *Revista Iberoamericana de Econompia Ecológica*, 28(1) , 68-90.
- Quiport. (01 de 01 de 2025). *Disfruta tu aeropuerto*. Obtenido de Disfruta tu aeropuerto: <https://www.aeropuertoquito.aero/>
- Richnák, P., & Fidlerová, H. (2022). Impact and Potential of Sustainable Development Goals in Dimension of the Technological Revolution Industry 4.0 within the Analysis of Industrial Enterprises. . *Energies*, 1-14.
- Riondet, L., Rio, M., Bernardet, V., & Zwolinski, P. (2024). Designing emerging technologies taking into account upscaling. . *Design Science.* , 13-25. doi.org/10.1017/dsj.2024.33.

- Rivera, L., Bolonio, D., Mazadiego, L., S., N., & Escobar, K. (2020). Long-Term Forecast of Energy and Fuels Demand Towards a Sustainable Road Transport Sector in Ecuador (2016–2035): A LEAP Model Application. *Sustainability*, *12*(2), 472-489. <https://doi.org/10.3390/SU12020472>.
- Robayo, J. (2022). Una integración dividida: las múltiples iniciativas que generan dificultades. *Memorias*, 1-15. doi.org/10.15765/PDV.V4I7.448.
- Rojas, E. (30 de 07 de 2019). *Ecuador: Usarán tecnología Blockchain para procesos de exportación de cacao*. Obtenido de Ecuador: Usarán tecnología Blockchain para procesos de exportación de cacao: <https://es.cointelegraph.com/news/ecuador-blockchain-technology-to-be-used-for-cocoa-export-processes>
- Romero, D. (2016). Fortalecimiento de la integración económica de la UNASUR desde una posible convergencia institucional de la CAN y el MERCOSUR. *Repositorio ALADI*, 1-23. .
- Royappa, A., Venkatesh, K., Purushothaman, N., Moorthy, A., & Solainayagi, P. (2024). AI-Driven Optimization for Freight and Logistics Management Using Predictive Analytics. *Supply Chain Reviews*, 677–682. doi.org/10.1109/cybercom63683.2024.10803177.
- Ruiz, M. (2005). Andean Countries and USA: how much can be expected from FTAs? <http://200.10.150.204/index.php/tecnologica/article/download/220/162>, 1-15.
- SAAM, T. (09 de 01 de 2025). *Terminal Portuario de Guayaquil: Un pilar clave para el comercio internacional de Ecuador en 2024*. Obtenido de Terminal Portuario de Guayaquil: Un pilar clave para el comercio internacional de Ecuador en 2024: <https://www.saamterminals.com/es/blog/2025/01/09/terminal-portuario-de-guayaquil-un-pilar-clave-para-el-comercio-internacional-de-ecuador-en-2024/>
- Saavedra, K., Quiñonez, B., Quiñonez, A., & Sarango, V. (2023). La digitalización de la cadena de suministro: un impulso innovador para la eficiencia logística en Ecuador. *Código Científico Revista de Investigación*, *4*(2), 1-10. doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/238.

- Sai, K., Priya, L., Pravallika, G., & Ramadevi, N. (2024). Enhancing Safety in Cargo Handling Units Using Thermal and Motion IoT Sensors. *International Journal For Multidisciplinary Research.*, 1-10. doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.17555.
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., & Omar, M. (2019). Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access*, 7, 73295-73305. doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2918000.
- Salamanca, M., Landaverde, O., Cruz, P. A., & Capristan, R. P. (2021). Infraestructura física y logística para la integración regional y el fortalecimiento de las cadenas de valor en los países andinos. *Banco Interamericano de Desarrollo, BID*, 1-45.
- Salcedo, H., & Guevara, M. (2024). Análisis del Proyecto: Primer Clúster Turístico del País de Acuerdo con el Pdyot Manta 2030. *La Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*, 12(3), 1-14. doi.org/10.56124/refcale.v12i3.014.
- Sánchez, R., Cruz, S., Ojeda, S., & Ramírez, M. (2020). Sustainable Supply Chain Management—A Literature Review on Emerging Economies. *Sustainability*, 12, 1-16.
- Sanders, N., & Ganeshan, R. (2018). Big Data in Supply Chain Management. *Production and Operations Management*, 27, 1745 - 1748. doi.org/10.1111/poms.12892.
- Schuschny, A., Ludeña, C., De Miguel, C., & Durán, J. (2007). An Exploratory Spatial Analysis of CGE Results: An Application to the US-Ecuador FTA and Ecuador's Agricultural Sector. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3190.pdf>, <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3190.pdf>.
- SELA. (07 de 08 de 2017). *Desarrollo de plataformas digitales portuarias en América Latina es incipiente*. Obtenido de Desarrollo de plataformas digitales portuarias en América Latina es incipiente: <https://www.sela.org/plataformas-digitales-portuarias/>

SENAE, S. N. (01 de 01 de 2025). *SENAE*. Obtenido de Servicio Nacional de Aduana del Ecuador : <https://www.aduana.gob.ec/>

Singh, B. (2025). Revolutionizing Supply Chains for Optimized Demand Planning, Inventory Management, and Logistics. <https://scispace.com/papers/revolutionizing-supply-chains-for-optimized-demand-planning-6vdmhuwuo1hg#:~:text=Advances%20in%20Business%20Strategy%20and%20Competitive%20Advantage%20Book%20Series%2C,> 103–128. doi.org/10.4018/979-8-3693-4433-0.ch005.

Sohi, D., & Raman, R. (2024). Advanced IoT-Driven Freight Management for Enhanced Cargo Security and Efficiency in Transit using Decision Tree Algorithm. *3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, 1-6. doi.org/10.1109/INOCON60754.2024.10511676.

Soliplast. (01 de 01 de 2022). <https://soliplast.com/informacion-y-preguntas/caso-de-exito/>. Obtenido de Soliplast : <https://soliplast.com/informacion-y-preguntas/caso-de-exito/>

Sustain.Life. (01 de 01 de 2025). *Sustain.Life*. Obtenido de <https://www.sustain.life/>: <https://www.sustain.life/>

TAGSA. (01 de 01 de 2025). *Aeropuerto de Guayaquil José Joaquín de Olmedo* . Obtenido de Aeropuerto de Guayaquil José Joaquín de Olmedo : <https://www.tagsa.aero/>

Temizceri, F., & Acar, A. (2024). Green Logistics. *Green Logistics.*, 160–184. doi.org/10.1201/9781003438748-10.

The-Logistics-World. (01 de 01 de 2025). *Entra en vigor el acuerdo comercial de la UE con Colombia, Perú y Ecuador*. Obtenido de Entra en vigor el acuerdo comercial de la UE con Colombia, Perú y Ecuador: <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/entra-vigor-acuerdo-comercial-union-europea-colombia-peru-ecuador/>

- Thenmozhi, V., & Krisknakumari, S. (2024). Artificial Intelligence in Enhancing Operational Efficiency in Logistics and SCM. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 11(5), 316–323. <https://doi.org/10.32628/ijrst24115107>.
- Tovstolis, I. (2024). Innovative Approaches to the Development and Application of Software in International and Warehouse Logistics: Current Trends and Future Perspectives. *International Journal of Social Science and Economics Invention*, 10(04), 39-58. doi.org/10.23958/ijsssei/vol10-i04/375.
- Tsikh, H., & Suhoversha, V. (2024). Logistics in the context of digital transformation. *Galic'kij Ekonomičnij Visnik*, 91(6), 40–48. doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.06.040.
- TUGALS. (01 de 01 de 2025). <https://muchomejorecuador.org.ec/tag/caso-de-exito/>. Obtenido de <https://muchomejorecuador.org.ec/tag/caso-de-exito/>: <https://muchomejorecuador.org.ec/tag/caso-de-exito/>
- UTPL. (16 de 02 de 2022). *Logística y transporte, clave para la dinamización de la economía ecuatoriana*. Obtenido de Logística y transporte, clave para la dinamización de la economía ecuatoriana: <https://noticias.utpl.edu.ec/logistica-y-transporte-clave-para-la-dinamizacion-de-la-economia-ecuatoriana-0>
- Véliz, K., Chico, L., & Ramirez, A. (2022). The Environmental Profile of Ecuadorian Export Banana: A Life Cycle Assessment. *Foods*, 11, 1-16. doi.org/10.3390/foods11203288.
- Véliz, K., Chico-Santamarta, L., & Ramirez, A. (2022). The Environmental Profile of Ecuadorian Export Banana: A Life Cycle Assessment. *Food*, 11, 1-15. doi.org/10.3390/foods11203288.
- Velut, S. (2024). Latin American Integrations. *Latin American Integrations*, 223–239. <https://doi.org/10.1002/9781394284375.ch14>.
- Wong, S., & Kulmer, V. (2010). Integración comercial con la Unión Europea e impactos sobre la pobreza en el Ecuador. *Research Papers in Economics*.

<https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3823/lcw357.pdf;sequence=1>, 1-15.

- Wu, J., Wu, X., & Huang, J. (2024). Joint optimization of cold-chain pick-up vehicle routing and cargo allocation for fresh agricultural products. *INMATEH-Agricultural Engineering.*, 56-78. doi.org/10.35633/inmateh-72-41.
- Wu, Z., & Zhao, Z. (2022). Sustainable Development of Green Reverse Logistics Based on Blockchain. *ournal of Environmental and Public Health.*, 1-14. doi.org/10.1155/2022/3797765.
- Xie, Y., & Zhao, J. (2019). Emerging Memory Technologies. *IEEE Micro*, 39, 16-27.
- Zhou, L., Hou, G., & Rao, W. (2024). Collaborative logistics for agricultural products of 'farmer + consumer integration purchase' under platform empowerment. *Expert Systems with Applications*, 255, 124-156. doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124521.
- Zrelli, I., & Rejeb, A. (2024). A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*, 10(16), 365- 378. doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578.



W^{Live} Working

EDITORIAL



ISBN: 978-9942-7396-2-9



9 789942 739629