



UTPL
La Universidad Católica de Loja

TRANSFORMACIÓN LOGÍSTICA EN ECUADOR

BUENAS PRÁCTICAS PARA UNA CADENA
DE SUMINISTRO MODERNA Y EFICIENTE

Fabián Díaz Muñoz

I EDICIÓN



I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (SIIC 2025) Y DEL XIII INVESTIGA UTPL

Compilador: Fabián Patricio Díaz Muñoz
Universidad Técnica Particular de Loja

Primera edición: 2026
ISBN: 978-9907-816-01-3

Director: Diego Bonilla Jurado
Coordinadora editorial: Sandra Chiluiza Siza
Corrección de Estilo: José Ojeda Carrazco
Diseño y Maquetación: Fernando Ortiz Betancourt
Prologuista: Jonattan Javier Palacios Moreno



Editorial QUEYAM Cía. Ltda
Pérez de Anda 01-180 y Castillo
editorial@queyam.com



Universidad Técnica Particular de Loja
Av. Guaytambos y calle Manzanas (sector
Quebrada Pachano)



COMITÉ CIENTÍFICO

Fabián Patricio Díaz Muñoz
Juan Carlos Palacios Ortega
Xavier Rafael Merino Vivanco
Germán Vinicio Roblez Torres
Holger Benavides Muñoz
Yasmany García Ramírez

Universidad Técnica Particular de Loja
Universidad Técnica Particular de Loja
Universidad Técnica Particular de Loja
Universidad Técnica Particular de Loja
Universidad Técnica Particular de Loja
Universidad Técnica Particular de Loja

COMITÉ ORGANIZADOR

Universidad Técnica Particular de Loja
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geociencias
Programas de posgrado organizadores
Especialización en Ingeniería Civil con mención en Vías
Especialización en Ingeniería Civil con mención en Alcantarillados y Saneamiento
Especialización en Gestión de Geoinformación con mención en Proyectos de Ingeniería
Programa responsable del contenido de la obra
Especialización en Optimización y Dirección Logística

Revisores:

Dr. Juan Manuel Maqueira Marín 

Comité de Dirección del Instituto Europeo de Sostenibilidad en Gestión

Dra. Olga Maria Castro Gastelum 

Instituto Tecnológico de Sonora

Mag. Jonattan Javier Palacios Moreno 

Instituto Superior Tecnológico España



I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL (SIIC 2025) Y DEL XIII INVESTIGA UTPL

TRANSFORMACIÓN LOGÍSTICA EN ECUADOR: BUENAS
PRÁCTICAS PARA UNA CADENA DE SUMINISTRO
MODERNA Y EFICIENTE





FABIÁN PATRICIO DÍAZ MUÑOZ

Ingeniero Civil, Máster en Planificación y Gestión de Infraestructuras por la Universidad Politécnica de Madrid, Máster en Gestión del Transporte con mención en Tráfico, Movilidad y Seguridad Vial por la Universidad Internacional del Ecuador y EIG de España, y Máster Universitario en Dirección Logística y Gestión de la Cadena de Suministro por la Universidad Europea. Es docente investigador de la Universidad Técnica Particular de Loja, Director de la Carrera de Logística y Transporte y exdirector de posgrado. Cuenta con experiencia académica y profesional en las áreas de logística, transporte, movilidad, infraestructura, seguridad vial y gestión de la cadena de suministro. Sus líneas de investigación se orientan al análisis y planificación de sistemas de transporte, movilidad sostenible, logística urbana, seguridad vial, gestión de infraestructuras y aplicación de herramientas cuantitativas para la toma de decisiones. Es autor y coautor de artículos científicos, capítulos de libro y ponencias académicas relacionadas con transporte, logística, movilidad urbana, infraestructura vial y educación superior. Entre sus principales aportes profesionales destacan la gestión académica, el diseño curricular, la coordinación de programas formativos, el desarrollo de investigación aplicada y la generación de propuestas orientadas a mejorar la eficiencia, sostenibilidad e innovación en los sistemas de movilidad, transporte y logística.

UTPL

Carrera de
Logística y Transporte

UTPL

Especialización en
**Optimización y
Dirección Logística**





JONATTAN JAVIER PALACIOS MORENO

*Magíster en Análisis de las Relaciones Económicas Internacionales
Docente Instituto Superior Tecnológico España.
Consultor en Comercio Exterior*

PRÓLOGO

La logística, como disciplina estratégica, desempeña un rol determinante en la competitividad de las organizaciones, en la sostenibilidad del transporte y en la eficiencia de las cadenas de suministro. En un mundo cada vez más interconectado y exigente, la capacidad para optimizar procesos logísticos, integrar herramientas digitales y promover prácticas responsables no es solo una ventaja operativa, sino una necesidad urgente para el desarrollo sostenible.

En este contexto, el presente libro de memorias que compila artículos académicos y técnicos, Transformación logística en Ecuador: buenas prácticas para una cadena de suministro moderna y eficiente representa el resultado tangible de un proceso formativo riguroso, aplicado y comprometido con la realidad de las empresas y territorios. Las investigaciones que conforman esta obra han sido elaboradas por profesionales en formación que, a través del trabajo académico, han analizado y planteado soluciones a desafíos logísticos concretos, integrando conocimientos técnicos con una visión crítica e innovadora.

El conjunto de artículos ha sido organizado en torno a cuatro áreas fundamentales: logística inversa y economía circular, optimización de rutas y transporte sostenible, digitalización y gestión eficiente, y estrategias integrales de sostenibilidad en la cadena de suministro. Estos ejes reflejan no solo las tendencias actuales del sector, sino también la diversidad de contextos y enfoques desde los cuales se puede transformar la logística en distintos niveles: operativo, estratégico, ambiental y social.

Cada trabajo incluido en este compendio fue evaluado por criterios de calidad técnica, aplicabilidad y pertinencia, lo cual garantiza que los aportes aquí presentados no solo son académicamente sólidos, sino también viables y útiles para la práctica profesional. Más allá de sus resultados específicos, estas experiencias constituyen un testimonio del potencial de la formación especializada como motor de cambio organizacional, innovación tecnológica y responsabilidad social.

Invitamos al lector a sumergirse en estas páginas con una mirada analítica, reconociendo en cada propuesta una oportunidad para repensar los modelos logísticos tradicionales y avanzar hacia cadenas de suministro más inteligentes, sostenibles y resilientes. Esta obra reafirma el compromiso de la educación superior con la transformación productiva del país y la generación de conocimiento al servicio del bien común.

Ecuador, Riobamba, marzo de 2026



1 LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR

APROVECHAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS DE MAQUINARIA PESADA EN HORNOS ARTESANALES COMO UNA FUENTE ENERGÉTICA	2
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECOLECCIÓN Y REINTEGRACIÓN DE EMPAQUES RETORNABLES EN LA INDUSTRIA CAMARONERA.....	8
TRANSFORMACIÓN SOSTENIBLE EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ: PROPUESTA DE LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA TALLERES MECÁNICOS	13
MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES PARA UNA CADENA DE RESTAURANTES: APLICACIÓN PILOTO EN LA CIUDAD DE QUITO	17
OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN LA EMPRESA DE RECICLAJE "PLÁSTICOS NAVARRETE" DE LATACUNGA: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA	21
LOGÍSTICA INVERSA Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO EN DEVOLUCIONES FARMACÉUTICAS: ESTUDIO DE CASO EN LETERAGO DEL ECUADOR S.A.	26

2 OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y TRANSPORTE SOSTENIBLE

OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN EN LA EMPRESA PRO-FOOD CORPORATION UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO	33
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS LOGÍSTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ EN EL TRANSPORTE DE BALANCEADO: CASO CAMARONERAS S.A.....	37
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE ENTREGA PARA REDUCIR EMISIONES CONTAMINANTES MEDIANTE UN MODELO DE ENRUTAMIENTO MULTIMODAL	41
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LA DISTRIBUCIÓN NACIONAL: UN ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD LOGÍSTICA.....	45
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE ENTREGA PARA REDUCIR EMISIONES CONTAMINANTES EN ÚLTIMA MILLA UBICADA EN EL CENTRO DISTRIBUCIÓN QUITO NORTE AJECUADOR.....	51
PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIAS Y CONDIMENTOS MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES	56
EVALUACIÓN COMPARATIVA DE RUTAS PARA EL TRANSPORTE PESADO Y DE PASAJEROS EN PELILEO: ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL Y EFICIENCIA OPERATIVA.....	63
PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN LOGÍSTICA EN LA DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS AUTOMOTRICES MEDIANTE SIG: CASO ANETA RIOBAMBA	69

3 DIGITALIZACIÓN Y GESTIÓN EFICIENTE

DISEÑO DE KPI SOSTENIBLES PARA EVALUAR OPERADORES LOGÍSTICOS EN ILELSA.....	75
IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DIGITAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL PAPEL EN PROCESOS LOGÍSTICOS: CASO PLASTICAUCHO S.A.....	79
GESTIÓN DIGITAL DEL MANTENIMIENTO VEHICULAR PARA REDUCIR CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES EN EL TRANSPORTE PESADO: CASO BUENA FE	82
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN PARA MEJORAR LA GESTIÓN VEHICULAR EN UNIDADES LOGÍSTICAS MILITARES: CASO DEL CAL1 EL ORO.....	87



OPTIMIZACIÓN DEL INVENTARIO Y EFICIENCIA OPERATIVA EN CORPORACIÓN AZENDE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE CÓDIGOS DE BARRAS Y MEJORA DE PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS.....	92
REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE Y MEJORA DEL CONTROL DE STOCKS EN QUÍMICOS VELFLOR MEDIANTE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS.....	97

4 ESTRATEGIAS INTEGRALES DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS LEAN Y SOSTENIBLES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICO	105
TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA DE LA LOGÍSTICA EN CORPORACIÓN LA FAVORITA: HACIA UNA CADENA DE SUMINISTRO BAJA EN CARBÓN	110
IMPLEMENTACIÓN DE CRITERIOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN DE ADQUISICIONES PÚBLICAS: CASO DEL GAD MUNICIPAL Y SU POLÍTICA DE COMPRAS SOSTENIBLES	116
OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE PUNTO DE REORDEN EN WORLD VISION ECUADOR: REDUCCIÓN DE EXCESOS Y FALTANTES DE SUMINISTROS	122
REDISEÑO DEL PROCESO DE DESPACHO EN LÁCTEOS SAN ANTONIO: ESTRATEGIAS LOGÍSTICAS Y HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA EFICIENCIA OPERATIVA	127





LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR



APROVECHAMIENTO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS DE MAQUINARIA PESADA EN HORNOS ARTESANALES COMO UNA FUENTE ENERGÉTICA¹

Utilization of Waste Lubricating Oils from Heavy Machinery in Artisanal Kilns as an Energy Source

Daniel Castillo-Granda

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.

ducastillo@utpl.edu.ec

Marjorie Vélez-Rojas

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.

mkvelez1@utpl.edu.ec

RESUMEN

Este estudio evalúa la viabilidad técnica y ambiental del uso de aceites lubricantes residuales generados por maquinaria pesada como combustible alternativo en hornos artesanales para la producción de cerámica. Se analizó el poder calorífico del aceite recuperado conforme a la norma ASTM D240, mientras que su disponibilidad mensual se determinó a partir de los registros de mantenimiento, despacho y consumo interno de una flota compuesta por 50 unidades de maquinaria pesada. Asimismo, se emplearon observaciones de campo y documentación para evaluar las prácticas actuales de gestión de residuos y los posibles impactos ambientales. Los resultados indicaron que es posible recuperar aproximadamente 423 galones de aceite lubricante residual al mes, lo que equivale energéticamente a cerca de 80 m³ de leña. Durante las pruebas de combustión, el horno adaptado alcanzó temperaturas de entre 850 °C y 950 °C, niveles adecuados para la cocción artesanal de ladrillos y cerámica. La alternativa propuesta podría reducir la eliminación inadecuada del aceite, los riesgos de contaminación del suelo y del agua, así como la dependencia de la leña. No obstante, su implementación sostenible requiere procesos de filtración, control de viscosidad y flujo, atomización adecuada, monitoreo de emisiones, almacenamiento seguro y capacitación técnica. Los hallazgos señalan que el aceite lubricante residual puede constituir un recurso energético útil en el marco de una economía circular y una gestión sostenible de residuos.

Palabras clave: aceite lubricante usado; economía circular; gestión sostenible de residuos.

ABSTRACT

This study evaluates the technical and environmental feasibility of using waste lubricating oils generated by heavy machinery as an alternative fuel in artisanal kilns for ceramic production. The calorific value of the recovered oil was analyzed in accordance with ASTM D240, while its monthly availability was determined from maintenance, dispatch, and internal consumption records of a fleet comprising 50 heavy-duty units. Field observations and documentary evidence were also used to assess current waste-management practices and potential environmental impacts. The results showed that approximately 423 gallons of waste lubricating oil could be recovered each month, representing an energy equivalent of nearly 80 m³ of firewood. During the combustion tests, the adapted kiln reached temperatures ranging from 850 °C to 950 °C, which are suitable for artisanal brick and ceramic firing. The proposed alternative may reduce improper oil disposal, soil and water contamination risks, and dependence on firewood. However, its sustainable implementation requires filtration, viscosity and flow control, adequate atomization, emission monitoring, safe storage, and technical training. The findings indicate that waste lubricating oil can become a useful energy resource within a circular economy and sustainable waste-management framework.

Keywords: used lubricating oil; circular economy; sustainable waste management.

INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de aceites lubricantes usados constituye uno de los problemas ambientales más persistentes en países de ingreso medio como Ecuador, especialmente en sectores donde se emplea maquinaria pesada de manera intensiva, como la minería y la construcción. Aunque los aceites lubricantes son esenciales para reducir la fricción y preservar el funcionamiento de motores y equipos, tras su uso se transforman en residuos peligrosos debido a la presencia de hidrocarburos degradados y metales pesados. En Ecuador, la gestión de estos residuos continúa siendo deficiente. Según Delgado Reinoso y Ochoa Márquez (2019), más del 50 % de los aceites usados no recibe un tratamiento adecuado, situación que aún se mantiene debido a la limitada infraestructura de recolección, los vacíos normativos y la falta de control operativo sobre generadores y gestores de residuos regulados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Los aceites lubricantes usados presentan una composición altamente tóxica para los ecosistemas y la salud humana. Durante su uso, estos aceites se contaminan con partículas metálicas provenientes del desgaste del motor, como plomo, cadmio, cromo, cobre y zinc, las cuales presentan efectos mutagénicos, carcinogénicos y bioacumulativos (Armioni et al., 2024; Jomova et al., 2024). Diversos estudios han demostrado que la infiltración de aceites usados en suelos disminuye la fertilidad, afecta la microbiota esencial para los ciclos biogeoquímicos y contamina cuerpos hídricos cercanos, generando riesgos para la fauna acuática y para las comunidades humanas dependientes de estas fuentes (Kumar et al., 2017; Yan et al., 2016). De igual manera, la quema incontrolada de estos residuos (una práctica aún frecuente en ciertos talleres y lubricadoras) libera compuestos tóxicos al aire, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y metales pesados volátiles, asociados a enfermedades respiratorias y cáncer de pulmón (Lemieux et al., 2004).

Frente a este escenario, el aprovechamiento energético de aceites lubricantes usados se presenta como una alternativa viable dentro de los principios de la economía circular y la gestión sostenible de residuos peligrosos. Tecnologías como los hornos térmicos alimentados por combustibles derivados de aceites usados han demostrado ser eficientes para procesos de alta demanda energética, como la cocción de ladrillos, cerámica o cal, especialmente en contextos artesanales y semiindustriales. Estudios recientes evidencian que estos hornos logran una combustión más estable y con menores emisiones visibles que las prácticas tradicionales basadas en madera o carbón vegetal, siempre que se cuente con sistemas adecuados de atomización y control de temperatura (Figuerola et al., 2024; Kim et al., 2021). Investigaciones en países como India, México y Kenia han mostrado experiencias exitosas de integración de aceites

usados como combustible alternativo para hornos artesanales, reportando ahorros significativos en costos energéticos y reducciones en la presión sobre ecosistemas forestales (Huynh et al., 2011; Samah et al., 2022).

En Ecuador, la gestión de los aceites lubricantes usados forma parte del marco regulatorio establecido para prevenir los riesgos ambientales derivados de los residuos peligrosos. El Código Orgánico del Ambiente dispone que la gestión integral de estos residuos debe priorizar la prevención de la contaminación y la protección de los recursos naturales mediante procesos de manejo ambientalmente adecuados. En concordancia con este marco legal, el Ministerio del Ambiente emitió el Acuerdo Ministerial N.° 042, el cual establece los lineamientos para la aplicación de la responsabilidad extendida del productor en la gestión de aceites lubricantes usados y sus envases vacíos, definiendo responsabilidades relacionadas con la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y valorización de estos residuos. Estas disposiciones buscan reducir los impactos asociados a su disposición inadecuada y fortalecer mecanismos que promuevan una gestión ambiental responsable (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017; Ministerio del Ambiente, 2019).

Asimismo, el enfoque de economía circular promueve la reincorporación de materiales y residuos a nuevos ciclos productivos mediante estrategias que permitan recuperar su valor, siempre en cumplimiento de la normativa ambiental vigente. En este sentido, la adecuada gestión de los aceites lubricantes usados representa una oportunidad para disminuir los impactos generados por su disposición final y fomentar alternativas de aprovechamiento que contribuyan al uso eficiente de los recursos. Diversos estudios destacan que la integración de criterios normativos y ambientales en la gestión de este tipo de residuos fortalece la sostenibilidad de las cadenas productivas y favorece la transición hacia modelos de producción más circulares, aspecto que resulta especialmente relevante para investigaciones orientadas al aprovechamiento de residuos industriales (Silva et al., 2022; Ministerio del Ambiente, 2019).

En este contexto, la presente investigación propone evaluar la viabilidad del aprovechamiento de aceites lubricantes usados generados por maquinaria pesada como fuente energética para hornos artesanales destinados a la fabricación de productos cerámicos. Esta alternativa no solo podría resolver parcialmente el problema de disposición inadecuada de estos residuos peligrosos, sino también ofrecer una solución de bajo costo para los artesanos locales, quienes dependen principalmente de la leña como combustible, generando procesos de deforestación sostenida. Al fundamentarse en principios de logística inversa, recuperación de valor y sostenibilidad ambiental, esta propuesta busca establecer un modelo replicable que contribuya simultáneamente a la gestión ambiental y al fortalecimiento productivo de comuna-



des artesanales, articulando estrategias de economía circular y uso eficiente de recursos. La revisión teórica previa, junto con el análisis contextual sobre residuos industriales y tecnologías de combustión alternativa, permite sustentar metodológicamente la pertinencia de este estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis del poder calorífico del aceite lubricante usado se realizó conforme a la norma ASTM D240, ampliamente utilizada para determinar el poder calorífico de combustibles líquidos mediante combustión en bomba calorimétrica. Esta norma fue seleccionada por su aplicabilidad directa a aceites lubricantes reutilizados y su reconocimiento internacional en estudios de valorización energética (Kim et al., 2021). Aunque existen metodologías alternativas, como ASTM D5865 para combustibles sólidos o EN 14918 empleada para biomasa, estas no resultan apropiadas para fluidos de alta viscosidad como los aceites usados. Por ello, ASTM D240 constituye la opción metodológica más adecuada para este tipo de residuos, al garantizar precisión, repetibilidad y comparabilidad con investigaciones previas (Armioni et al., 2024; Elbersen et al., 2017). La ecuación utilizada para estimar el poder calorífico del aceite se presenta en la ecuación (1).

$$PC = \frac{BTU}{lb} * \frac{1055,06 J}{1 BTU} * \frac{2,2046 lb}{1 kg} \quad (1)$$

Donde:

- **PC:** poder calorífico (expresado en kJ/kg o J/kg según la conversión).
- **BTU/lb:** poder calorífico del aceite expresado originalmente en British Thermal Units por libra, una unidad común en combustibles líquidos.
- **1055.06 J / 1 BTU:** factor de conversión que indica que 1 BTU equivale a 1055.06 joules.
- **2.2046 lb / 1 kg:** factor de conversión entre unidades de masa, ya que 1 kilogramo equivale a 2.2046 libras.

Para determinar la disponibilidad de aceite lubricante usado como insumo energético, se recopilieron datos sobre el consumo de aceites de la empresa analizada, la cual presta servicios para un importante proyecto minero en la provincia de Zamora Chinchipe. La flota está compuesta por 50 equipos, incluyendo maquinaria pesada, camiones y camionetas, que operan en dos turnos diarios durante todo el mes. Los datos de consumo se registraron de manera manual a partir de las órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo generadas semanalmente por el departamento técnico de la empresa. Además, se verificaron las cantidades con los registros de despacho y facturación interna del lubricante, evitando inconsistencias y asegurando la trazabilidad del consumo. Este procedimiento es consistente con

metodologías aplicadas en empresas de operación minera donde no existe medición automatizada del uso de lubricantes (Delgado Reinoso y Ochoa Márquez, 2019; Deus Aguilera et al., 2022). La información consolidada se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.
Consumo mensual de aceites lubricantes de los equipos y maquinaria de la empresa

Tipo de equipo	N° de equipos	Consumo mensual (gl)
Excavadora	22	176
Tractor	5	60
Rodillo	5	25
Motoniveladora	2	12
Volquete	10	120
Camión articulado	2	22
Camioneta	4	8
Total	50	423

Nota. El consumo se expresa en galones (gl) acumulados durante un mes de operación bajo condiciones regulares de trabajo. Los valores corresponden a registros del departamento técnico de la empresa.

Los hornos tradicionales utilizados por los artesanos funcionan a base de leña y presentan un consumo promedio de 2 m³/h, según información proporcionada por productores locales. Para establecer la equivalencia energética con los aceites lubricantes usados, se consideraron las especificaciones del fabricante del horno alternativo empleado en este estudio, el cual opera con un consumo promedio de 10 galones de aceite por hora. El tiempo total de cocción del ladrillo es de 10 horas continuas. Con base en estos parámetros, se estimó la cantidad de madera que podría sustituirse utilizando los residuos de aceite generados por la empresa analizada. La comparación entre ambos combustibles se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.
Consumos de combustibles tradicionales y alternativos

Combustible	Consumo por hora	Horas de uso diario	Consumo total diario
Madera	2 m³	10 h	20 m³
Lubricantes usados	10 gal	10 h	100 gal

Nota. El consumo por hora corresponde a tasas específicas de operación del horno artesanal tradicional y del horno alimentado con lubricantes usados.

Las mediciones relacionadas con el funcionamiento del horno alimentado con aceite usado se realizaron bajo condiciones operativas típicas, replicando las prácticas habituales de los artesanos locales. Se utilizaron hornos de tiro directo con capacidad para cargas de entre 800



y 1200 ladrillos por ciclo. Durante las pruebas, se registraron parámetros relevantes como temperatura interna (medida con pirómetros digitales), humedad relativa ambiental y estabilidad de la llama. Las temperaturas de cocción oscilaron entre 850 °C y 950 °C, rangos compatibles con la fabricación de ladrillo artesanal. El control de la atomización del aceite se efectuó mediante boquillas de presión regulada para asegurar una combustión uniforme, siguiendo lineamientos técnicos empleados en estudios previos de combustión de aceites reutilizados (Figueroa et al., 2024).

Para determinar los impactos ambientales asociados al uso inadecuado de aceites lubricantes usados, se revisó información secundaria obtenida de reportes ambientales locales, observaciones de campo y literatura científica. Estudios previos han demostrado que derrames frecuentes en lubricadoras y talleres pueden generar infiltración significativa de metales pesados en el suelo, con incrementos de hasta 300 % respecto a niveles base en zonas sin contaminación (Oloade, 2014; Yan et al., 2016). Asimismo, la escorrentía superficial puede transportar hidrocarburos hacia fuentes de agua cercanas, afectando la calidad del agua y la biodiversidad local. Estas evidencias respaldan la importancia de implementar procesos adecuados de recolección y valorización energética.

Para evaluar la viabilidad técnica de la utilización de aceites usados como combustible alternativo, se consideraron ensayos previos documentados en literatura internacional, los cuales reportan rendimientos de combustión comparables o superiores a combustibles tradicionales en hornos artesanales cuando se mantiene un adecuado control de atomización, viscosidad y flujo (Samah et al., 2022). Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran la variabilidad en la composición del aceite usado, la necesidad de sistemas de filtrado para evitar obstrucciones en las boquillas y el control adecuado de emisiones para evitar la liberación de partículas y HAP. No obstante, los resultados en investigaciones similares y las experiencias previas indican que, bajo condiciones controladas, esta alternativa presenta un potencial significativo para su implementación en comunidades artesanales.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que la disposición y tratamiento de los aceites lubricantes usados continúa siendo un problema crítico, ya que las lubricadoras locales no mantienen registros formales ni procedimientos estandarizados de manejo. Durante las observaciones de campo se identificaron derrames frecuentes durante las actividades de cambio de aceite, así como almacenamiento inadecuado en contenedores improvisados. Este tipo de prácticas coincide con estudios previos que reportan incrementos de hasta el 300 % en concentraciones de metales pesados en suelos cercanos a talle-

res donde se manejan aceites usados sin control (Oloade, 2014). Asimismo, la degradación del hidrocarburo facilita su infiltración hacia fuentes de agua cercanas, lo que puede provocar afectaciones a la calidad del recurso hídrico y a la biota local, especialmente peces y macroinvertebrados sensibles a hidrocarburos y compuestos aromáticos (Yan et al., 2016).

En paralelo, se verificó que los artesanos dedicados a la fabricación de ladrillo y teja dependen principalmente de la madera como combustible para sus hornos tradicionales. El consumo promedio registrado de 2 m³/h durante ciclos de cocción de 8 a 10 horas implica un uso intensivo diario que, acumulado semanalmente, genera una presión considerable sobre los bosques locales. La sustitución del combustible a partir de los aceites lubricantes usados recolectados de la empresa analizada permitiría reducir significativamente esta demanda. En efecto, los 423 galones de aceite recuperados mensualmente equivalen energéticamente a cerca de 80 m³ de madera, según las conversiones previamente establecidas. Esta correspondencia energética demuestra de manera directa el vínculo entre la reutilización del aceite usado y la disminución del consumo de leña, lo cual implica una reducción proporcional en la presión sobre los ecosistemas forestales.

Desde la perspectiva técnica, los ensayos realizados con el horno alimentado con aceite lubricante usado demostraron que este combustible puede alcanzar temperaturas entre 850 °C y 950 °C, rangos adecuados para la cocción de ladrillos artesanales. Estas temperaturas coinciden con lo reportado por Yan et al. (2016), quienes evidencian que el aceite usado correctamente atomizado puede generar una combustión estable y eficiente. No obstante, se identificaron algunos desafíos técnicos que deben considerarse para su implementación sostenible. Entre ellos destacan la necesidad de un sistema de filtrado previo para evitar la obstrucción de boquillas, el control de la viscosidad mediante precalentamiento del aceite y la regulación del flujo para asegurar una combustión completa y minimizar la emisión de partículas y gases tóxicos. Estas limitaciones son comunes en estudios internacionales sobre combustión de aceites usados (Olsson et al., 2025), pero pueden mitigarse mediante equipos adecuados y una capacitación básica para los artesanos.

En cuanto a la factibilidad ambiental, los resultados confirman que la integración de los aceites lubricantes usados como combustible alternativo permite transformar un residuo peligroso en un insumo energético útil, reduciendo su presencia en suelos y zonas sensibles. El proceso genera beneficios ambientales directos: disminución del riesgo de contaminación por metales pesados, reducción del uso indiscriminado de madera y menores emisiones visibles de humo, especialmente cuando se controla la presión de atomización. Esta práctica también se alinea con los principios de la economía circular,



al reincorporar un residuo en el ciclo productivo y reducir la necesidad de extracción de nuevos recursos.

Para que la adopción de esta alternativa sea viable y sostenible a nivel comunitario, es indispensable contar con apoyos institucionales concretos. Entre ellos se identifica la necesidad de: (i) establecer convenios entre lubricadoras y asociaciones de artesanos para la recolección segura del aceite usado, (ii) implementar sistemas de almacenamiento temporal con bandejas de

contención y recipientes certificados, (iii) ofrecer capacitación técnica sobre la operación y mantenimiento de hornos adaptados, (iv) generar incentivos municipales o provinciales para la transición hacia combustibles alternativos y (v) garantizar el acompañamiento técnico mediante entidades ambientales o universidades que faciliten el monitoreo inicial. Estos elementos son clave para asegurar la trazabilidad, reducir riesgos operativos y consolidar un modelo replicable en otras zonas productivas.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Armioni, D. M., Rațiu, S. A., Benea, M. L., & Puțan, V. (2024). Overview on the environmental impact of used engine oil. *Journal of Physics: Conference Series*, 2927(1). 012007 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2927/1/012007>
2. Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento 983. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/CODIGO-ORGANICO-DEL-AMBIENTE.pdf>
3. Delgado Reinoso, J., & Ochoa Márquez, A. (2019). Plan de gestión y minimización de residuos peligrosos para los talleres Tomebamba de la empresa Toyocuenca S.A. [Proyecto técnico de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17801>
4. Deus Aguilera, C., García Toll, A., Alfonso Padura, Y., Miranda-Ackerman, M., & Varela Cacino, J. (2022). Diagnosis of the status of lubrication management in fuel oil generator sets. *Ingeniería Energética*, 43(2), e1006. https://www.researchgate.net/publication/370280782_Diagnostico_del_estado_de_la_Gestion_de_Lubricacion_en_Grupos_Electrogenos_Fuel_Oil
5. Elbersen, W., Lammens, T. M., Alakangas, E. A., Annevelink, B., Harmsen, P., & Elbersen, B. (2017). Lignocellulosic biomass quality: Matching characteristics with biomass conversion requirements. In *Modeling and optimization of biomass supply chains: Top-down and bottom-up assessment for agricultural, forest and waste feedstock* (pp. 55-78). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812303-4.00003-3>
6. Figueroa, J., Valdes, H., Vilches, J., Schmidt, W., Valencia, F., Torres, V., Díaz-Robles, L., Muñoz, P., Letelier, V., Morales, V., & Bustamante, M. (2024). Comparative analysis of gas emissions from ecokiln and artisanal brick kiln during the artisanal firing of bricks. *Sustainability*, 16(3), 1302. <https://doi.org/10.3390/su16031302>
7. Hand, R., & Kumar, B. (2017). Environmental hazards of oil and lubricants: Oil and lubricant hazard effects on human health. *IJSET – International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(4), 315-322. https://ijset.com/vol4/v4s4/IJSET_V4_I04_37.pdf
8. Huynh, L. H., Kasim, N. S., & Ju, Y. H. (2011). Biodiesel production from waste oils. In *Biofuels: Alternative feedstocks and conversion processes* (pp. 375-396). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385099-7.00017-6>
9. Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2024). Heavy metals: Toxicity and human health effects. *Archives of Toxicology*, 99(1), 153-209. <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>
10. Kim, H. H., Park, Y. H., Han, K., Jang, J. H., Park, H. Y., & Seo, Y. S. (2021). Combustion and emission characteristics of a reprocessed used lubricating oil as a renewable fuel for boiler cold start-up operation. *Energy*, 222, 119784. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119784>
11. Lemieux, P. M., Lutes, C. C., & Santoianni, D. A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: A comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(1), 1-32. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2003.08.001>



12. Ministerio del Ambiente. (2019). Acuerdo Ministerial N.° 042: Instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida en la gestión integral de aceites lubricantes usados y envases vacíos. <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-042/>
13. Ololade, I. A. (2014). An assessment of heavy-metal contamination in soils within auto-mechanic workshops using enrichment and contamination factors with geoaccumulation indexes. *Journal of Environmental Protection*, 5(11), 970–982. <https://doi.org/10.4236/jep.2014.511098>
14. Olsson, J. A., Hafez, H., Miller, S. A., & Scrivener, K. L. (2025). Greenhouse gas emissions and decarbonization potential of global fired clay brick production. *Environmental Science & Technology*, 59(4), 1909–1920. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c08994>
15. Samah, O.-D. E., N'wutchi, K., Kongnine, D. M., & Kassegne, K. A. (2022). Study on the valorization of used waste oils as fuel for the firing of clay bricks in an artisanal kiln. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 41(43), 23–34. <https://doi.org/10.9734/cjast/2022/v4i434005>
16. Silva, N. R., Rodrigues, T. O., Braga, T. E., Christoforo, A. L., & Silva, D. A. (2022). Re-refining of lubricant oil used and contaminated (LOUC) or its combustion in cement plants? An exploratory study in Brazil based on life cycle assessment and circularity indicators. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.07.017>
17. Yan, L., Sinkko, H., Penttinen, P., & Lindström, K. (2016). Characterization of successional changes in bacterial community composition during bioremediation of used motor oil-contaminated soil in a boreal climate. *Science of the Total Environment*, 542, 817–825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.144>



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LA RECOLECCIÓN Y REINTEGRACIÓN DE EMPAQUES RETORNABLES EN LA INDUSTRIA CAMARONERA²

Implementation of a Reverse Logistics System for the Collection and Reintegration of Returnable Packaging in the Shrimp Industry

George García-Santillan

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
gagarcia15@utpl.edu.ec

Enrique Cabezas

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
jecabezas1@utpl.edu.ec

Xavier Merino-Vivanco

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
xrmerino@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de logística inversa para mejorar la recolección, clasificación, control y valorización de los sacos vacíos de balanceado generados en una empresa camaronera. El diagnóstico, realizado mediante observación directa y análisis del flujo logístico, evidenció ausencia de centros de acopio, acumulación desordenada de residuos, falta de trazabilidad y uso ineficiente del personal de bodega. Como respuesta, se establecieron puntos temporales de recolección cercanos a las piscinas, se asignó personal específico y se implementaron procedimientos diarios de clasificación, almacenamiento y registro. Los resultados mostraron mejoras en la trazabilidad y el control de los empaques, además de una reducción de residuos dispersos. Se estimó la recuperación mensual de 31.500 kg correspondientes exclusivamente a los sacos vacíos de balanceado, cuya comercialización generaría aproximadamente USD 3.780 mensuales. Se concluye que la logística inversa permite transformar un residuo productivo en un recurso valorizable, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la sostenibilidad ambiental de la cadena camaronera.

Palabras clave: empaques retornables; industria camaronera; logística inversa.

ABSTRACT

The research aimed to design and implement a reverse logistics system to improve the collection, sorting, control, and valorization of empty feed sacks generated by a shrimp farming company. A diagnostic assessment, conducted through direct observation and analysis of the logistics flow, revealed an absence of collection centers, disorderly waste accumulation, a lack of traceability, and inefficient use of warehouse personnel. In response, temporary collection points were established near the ponds, specific personnel were assigned, and daily procedures for sorting, storage, and record-keeping were implemented. The results demonstrated improvements in packaging traceability and control, as well as a reduction in scattered waste. The monthly recovery of 31,500 kg of material was estimated, with its sale projected to generate approximately USD 3,780 per month. The study concludes that reverse logistics enables the transformation of production waste into a valuable resource, enhances operational efficiency, and strengthens the environmental sustainability of the shrimp supply chain.

Keywords: returnable packaging; shrimp industry; reverse logistics.



INTRODUCCIÓN

Dentro de la cadena de suministro, es común considerar diversos procesos logísticos como el almacenamiento, transporte y distribución; sin embargo, también es fundamental abordar el manejo de los residuos o excedentes generados durante la producción. En muchas ocasiones, materiales sobrantes en pequeñas cantidades pueden ser recolectados y reutilizados, permitiendo no solo generar ingresos adicionales para la empresa, sino también contribuir a la conservación del medio ambiente mediante prácticas sostenibles (Mora, 2023).

En el caso de la industria camaronera, resulta esencial implementar estrategias sostenibles desde las primeras etapas del proceso productivo, como la pesca y el manejo de insumos, promoviendo la reducción en el uso de recursos y el aprovechamiento de materiales mediante su recuperación, valorización y reincorporación a nuevos ciclos productivos. Este enfoque adquiere mayor relevancia si se considera la magnitud y el dinamismo del sector en el período postpandemia. A escala nacional, el cultivo de camarón abarca actualmente alrededor de 250.000 hectáreas, con una productividad media cercana a 2.500 libras por hectárea y una importante generación de empleo directo e indirecto (Yulan et al., 2025). Estudios previos estimaban ya para 2021 unas 218.351 hectáreas autorizadas para producción de camarón, con exportaciones superiores a USD 3.671 millones hasta septiembre de ese año, lo que evidencia una trayectoria de expansión sostenida (Guevara et al., 2021). Desde la pandemia, este proceso se ha intensificado, ya que se han otorgado permisos para la creación de camaroneras en más de 53.000 hectáreas, una medida respaldada por el Ministerio de Acuacultura y Pesca, el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Producción.

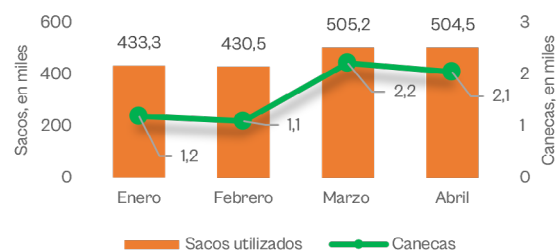
En términos económicos, el camarón se consolidó en 2024 como el principal producto de exportación no petrolera del país, al representar aproximadamente el 28 % del valor de las exportaciones no petroleras, según el Análisis trimestral de comercio exterior 2024 (Ministerio de Producción, 2024). De acuerdo con datos del Banco Central del Ecuador (2025), entre enero y octubre de 2024 se comercializaron más de 914.000 toneladas de camarón, lo que confirma la relevancia del sector en la balanza comercial ecuatoriana. A nivel global, la FAO identifica a Ecuador como el principal proveedor mundial de camarón de cultivo y señala que, aunque el ritmo de crecimiento se ha moderado (pasando de tasas cercanas al 14 % anual alrededor del 3 % en 2024), América Latina produjo en 2023 alrededor de 1,8 millones de toneladas de camarón cultivado, cuyo grueso corresponde a la oferta ecuatoriana (Banco Central del Ecuador, 2025).

La empresa El Mar, donde se centra el presente proyecto de reintegración de materiales, cuenta con una extensión superior a las 2.600 hectáreas destinadas a

piscinas para la producción de camarones. Estas instalaciones operan bajo modelos de cultivo intensivo o superintensivos, lo cual implica un alto volumen de camarones por piscina. Para garantizar el adecuado crecimiento de los animales, se requiere el uso diario de grandes cantidades de balanceado, transportado en sacos hacia zonas de difícil acceso. En promedio, acorde con los informes internos de la empresa, se distribuyen aproximadamente 15.000 sacos de balanceado cada día, alcanzando un total mensual de alrededor de 450.000 unidades y llegando a un máximo aproximado de 505.000 unidades.

Debido a la ausencia de áreas designadas para el almacenamiento temporal de estos sacos vacíos, y al tratarse de espacios abiertos, los envases son abandonados alrededor de las piscinas y recolectados al día siguiente sin planificación ni control adecuado. La falta de personal específico para esta tarea obliga a que el equipo de bodega destine entre dos y tres días para realizar actividades de clasificación, afectando sus funciones primarias y generando acumulaciones desordenadas en el centro de acopio. El único control existente sobre estos residuos era el pesaje anual, comparando el número de sacos utilizados con los vendidos, sin ningún tipo de trazabilidad diaria o mensual.

Figura 1.
Gráfico de materiales que se recolectarán para reutilizar



Nota. La cantidad de sacos se mantiene prácticamente estable entre enero y febrero, con una ligera disminución, y aumenta en marzo por la ampliación proyectada de la capacidad de recolección. En abril, el volumen se estabiliza en un nivel similar.

A partir de la situación evidenciada en la Figura 1, la economía circular constituye un enfoque orientado a mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible mediante estrategias de recuperación, valorización y reincorporación de los materiales a nuevos ciclos productivos, reduciendo la generación de residuos y el consumo de materias primas. Bajo esta perspectiva, la logística inversa desempeña un papel fundamental al facilitar la recolección y gestión de materiales que, una vez finalizada su función inicial, conservan un valor susceptible de ser aprovechado mediante procesos de reciclaje o valorización. De esta manera, los empaques recuperados dejan de considerarse un residuo sin utilidad para convertirse en un recurso con potencial de re-



integración dentro de la cadena de valor, fortaleciendo la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de los recursos (Khan et al., 2022; Mallick et al., 2023).

Ante esta problemática, se hace imprescindible implementar un sistema formal de logística inversa que permita recuperar los sacos de balanceado una vez que han cumplido su función dentro del proceso productivo, optimizando las actividades de recolección, clasificación, control y comercialización de estos materiales ya utilizados. Esta iniciativa no solo contribuirá a mejorar la eficiencia operativa, sino que también favorecerá la recuperación de materiales que, mediante procesos posteriores de valorización y reciclaje, pueden reincorporarse a nuevos ciclos productivos, fortaleciendo los principios de la economía circular (Cabeza, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló a partir de un diagnóstico inicial mediante observación directa, el cual evidenció múltiples deficiencias operativas en la gestión de los sacos vacíos utilizados para la alimentación de camarones. Se identificó que, una vez vaciados, los sacos eran abandonados alrededor de las piscinas y recolectados al día siguiente, sin un proceso definido de acopio. Posteriormente, estos materiales eran transportados al centro de acopio, donde se acumulaban de forma desordenada y sin ningún tipo de clasificación.

La falta de personal asignado exclusivamente a esta tarea provocaba que el personal de bodega tuviera que asumir de forma intermitente la recolección y clasificación de los sacos, lo cual interfería con sus funciones principales y generaba retrasos en sus actividades. Se estimó que cada operario debía destinar entre 45 y 60 minutos diarios a esta labor adicional, lo que representaba una pérdida aproximada de 4 a 5 horas-hombre por semana, equivalente a una reducción de alrededor del 12 % de su disponibilidad operativa. El control de los materiales recolectados también era ineficiente, ya que se limitaba a una comparación anual entre el peso total vendido y el volumen de sacos utilizados durante el año, sin trazabilidad diaria ni mensual.

Frente a esta problemática, se diseñó e implementó un sistema integral para la recolección, clasificación y gestión de sacos vacíos, con el objetivo de destinarlos a procesos de valorización mediante empresas recicladoras, favoreciendo que el material recuperado sea reincorporado posteriormente a nuevos ciclos productivos conforme a los principios de la economía circular. La metodología empleada se basó en el análisis del flujo logístico del insumo, desde su ingreso al almacén hasta su uso final en el campo, lo cual permitió identificar puntos críticos en la generación y manejo de residuos. A partir de este análisis, se diseñó un sistema de recolección que incluyó la instalación de centros de acopio temporales ubicados estratégicamente cerca de las piscinas de cultivo.

La recolección se programó con frecuencia diaria y fue ejecutada por personal específicamente asignado, estandarizando los procesos y reduciendo el tiempo de exposición del material en campo abierto. En el centro de acopio se estableció un procedimiento visual de clasificación de los sacos según su estado de conservación, además de un registro de control para documentar datos como la fecha de ingreso, el lote y la cantidad recolectada (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2017). El almacenamiento se efectuó en condiciones adecuadas para preservar la integridad del material hasta su venta a empresas recicladoras.

Asimismo, se implementaron indicadores de gestión como el porcentaje de recuperación, el volumen mensual gestionado y los ingresos generados por la venta de estos residuos. La propuesta metodológica integró principios de gestión de residuos, control logístico, trazabilidad y economía circular, con el propósito de transformar un pasivo ambiental en una oportunidad de sostenibilidad y eficiencia operativa (Cabeza, 2012).

RESULTADOS

La implementación del sistema de gestión de residuos transformó un proceso informal, desorganizado y carente de planificación en una operación estructurada, eficiente y alineada con principios de sostenibilidad. Antes de la intervención, los sacos vacíos de balanceado eran abandonados en los alrededores de las piscinas, lo que generaba acumulación de residuos, desorden en el centro de acopio y consumo ineficiente de recursos logísticos, sin trazabilidad ni control adecuado.

Desde el punto de vista operativo, la reorganización permitió liberar al personal de bodega de actividades que no correspondían a sus funciones principales. Se asignó personal exclusivo para la recolección y clasificación de sacos, lo cual evitó acumulaciones excesivas y mejoró significativamente el flujo operativo en el centro de acopio (Rodríguez y Sánchez, 2019). Esta especialización de funciones optimizó la eficiencia en la gestión del residuo valorizable.

En términos económicos, el sistema representó una oportunidad para monetizar un residuo que anteriormente no era gestionado. Se determinó que diariamente se utilizan aproximadamente 15.000 sacos de balanceado. Una vez vaciados, cada saco presenta un peso promedio de 0,07 kg, por lo que el volumen mensual potencialmente recuperable asciende a 31.500 kg, correspondientes exclusivamente al peso de los sacos vacíos. Este material fue comercializado a una recicladora local a un valor de \$0,12 por kilogramo, lo que generó ingresos mensuales estimados en \$3.780. Este resultado evidencia no solo una fuente de ingreso adicional, sino también la aplicación práctica de los principios de economía circular (Cabeza, 2012).



Desde la perspectiva ambiental, la nueva gestión permitió reducir significativamente la dispersión de residuos alrededor de las piscinas y evitar acumulaciones no controladas en el centro de acopio. Se mejoraron las condiciones del entorno inmediato de trabajo y se disminuyó el impacto ambiental derivado de la mala gestión de los empaques vacíos (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2017).

Tabla 1.
Resultados alcanzados tras la implementación del sistema de gestión de sacos vacíos

Categoría	Indicador	Valor alcanzado
Operativa	Personal exclusivo para recolección	Asignado
	Trazabilidad y control del residuo	Implementados registros diarios
Económica	Volumen mensual de sacos vacíos recuperados (kg)	31.500 kg
	Ingreso mensual estimado	\$3.780 USD
Ambiental	Reducción de residuos dispersos	Significativa
	Mejora en el entorno de piscinas	Documentada y continua

Nota. Los indicadores reflejan las mejoras operativas, económicas y ambientales alcanzadas tras la implementación del sistema formal de gestión de sacos vacíos.

El proyecto logró estructurar un sistema eficiente con beneficios operativos, económicos y ambientales. Se alcanzó una mejora integral en la trazabilidad, control y valorización de residuos dentro de la cadena logística, fortaleciendo los pilares de sostenibilidad al facilitar que los materiales recuperados continúen su ciclo de aprovechamiento mediante procesos de valorización y reciclaje (López Martínez, 2025)

Contribución de autores (CRediT)

García, George¹ y Cabezas, Enrique² participaron en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis de resultados y redacción original del manuscrito. Merino Vivanco, Xavier³ contribuyó con la revisión crítica, edición del contenido y corrección del documento. Todos los autores aprueban la versión final del artículo y se responsabilizan de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Banco Central del Ecuador. (2025). Boletín analítico trimestral de comercio exterior: II trimestre 2025. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/ComercioExterior/informes/Result-CE_022025.pdf
2. Cabeza Nieto, D. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. Marge Books. <https://n9.cl/rcleks>
3. Guevara Toscana, M. E., Palma Caicedo, T. A., & Cabrera Enríquez, D. M. (2021). Impacto económico y ambiental generado por el sector camaronero del Ecuador. STRATEGOS – Revista Internacional de Estudios en Ciencias Administrativas, 1(2), 15. <https://doi.org/10.53591/strategos.v1i2.1844>
4. Khan, S., Laalaoui, W., Hokal, F., Tareq, M., & Ahmad, L. (2022). Connecting reverse logistics with circular economy in the context of Industry 4.0. Kybernetes, 52(12), 6279–6320. <https://doi.org/10.1108/K-03-2022-0468>
5. López Martínez, J. (2025, 21 de marzo). Logística inversa: Claves para una gestión eficiente y sostenible. ENAE Business School. <https://www.enaes.es/blog/logistica-inversa>
6. Mallick, P., Salling, K., Pigosso, D., & McAloone, T. (2023). Closing the loop: Establishing reverse logistics for a circular economy, a systematic review. Journal of Environmental Management, 328, 117017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117017>
7. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2024). Análisis trimestral de comercio exterior: enero - diciembre 2024. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/02/Analisis-trimestral-de-comercio-exterior-2024.pdf>
8. Mora García, L. A. (2023). Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento



(3ª. Ed.). Ecoe Ediciones. https://books.google.com.ec/books?id=FrquEAAAQBAJ&redir_esc=y

9. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2017). Manual de Buenas Prácticas Acuícolas (BPA). <https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20Acu%C3%A-Dcolas%20-%20OIRSA%20.pdf>
10. Yulan Negrete, H., Villavicencio Morales, K., Zambrano Álvarez, G. P., & Sáenz Romero, M. E. (2025). Exportaciones de camarón hacia China y su incidencia en el PIB ecuatoriano. Arandu UTIC, 11(2), 439–454. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10343607>



TRANSFORMACIÓN SOSTENIBLE EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ: PROPUESTA DE LOGÍSTICA INVERSA Y ECONOMÍA CIRCULAR PARA TALLERES MECÁNICOS³

Sustainable transformation in the automotive sector: a proposal for reverse logistics and the circular economy for auto repair shops

Daniel Castillo-Granda

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
ducastillo@utpl.edu.ec

Marjorie Velez-Rojas

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
mkvelez1@utpl.edu.ecx

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar y proponer estrategias de logística inversa y economía circular para mejorar la gestión de residuos en talleres mecánicos, tomando como caso de estudio a la empresa COMPUAUTO. Se desarrolló un análisis diagnóstico de los principales residuos peligrosos y no peligrosos generados durante las actividades de mantenimiento automotriz, entre ellos aceites lubricantes usados, neumáticos, baterías de plomo-ácido, componentes metálicos, plásticos y pinturas con solventes. La propuesta metodológica consideró la normativa ambiental ecuatoriana, los principios de la norma ISO 14001 y diferentes mecanismos de recuperación de valor, como la segregación en origen, la instalación de puntos seguros de acopio, la recolección de piezas usadas, el reacondicionamiento, la remanufactura y la coordinación con gestores autorizados. Los resultados evidencian que la integración progresiva de estas prácticas puede reducir el volumen de residuos enviados a disposición final, mejorar la trazabilidad, optimizar el uso de insumos y generar oportunidades económicas mediante la valorización de materiales recuperados. Se concluye que la logística inversa y la economía circular constituyen estrategias viables para fortalecer el desempeño ambiental, la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo y la competitividad de los talleres automotrices.

Palabras clave: economía circular; gestión de residuos; logística inversa.

ABSTRACT

This study aimed to analyze and propose reverse logistics and circular economy strategies to improve waste management in automotive repair shops, using COMPUAUTO as a case study. A diagnostic analysis was conducted on the main hazardous and non-hazardous wastes generated during automotive maintenance activities, including used lubricating oils, end-of-life tires, lead-acid batteries, metal components, plastics, and solvent-based paints. The methodological proposal considered Ecuadorian environmental regulations, the principles of ISO 14001, and different value-recovery mechanisms, including source segregation, the installation of secure collection points, the recovery of used parts, refurbishment, remanufacturing, and coordination with authorized waste-management operators. The results indicate that the progressive integration of these practices can reduce the volume of waste sent for final disposal, improve traceability, optimize resource use, and create economic opportunities through the recovery and commercialization of reusable materials. It is concluded that reverse logistics and circular economy practices represent viable strategies for strengthening environmental performance, operational efficiency, regulatory compliance, and the competitiveness of automotive repair shops.

Keywords: circular economy; waste management; reverse logistics.



INTRODUCCIÓN

La empresa COMPUAUTO se especializa en el mantenimiento correctivo y preventivo de vehículos automotores, así como en la comercialización al por mayor de repuestos, componentes, herramientas y suministros automotrices. Su operación se desarrolla en un entorno altamente competitivo, donde la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa se han convertido en factores determinantes para la diferenciación empresarial y el cumplimiento regulatorio.

La industria automotriz, una de las más significativas a nivel global, enfrenta un desafío creciente: la generación masiva de residuos sólidos peligrosos y el alto consumo de recursos no renovables (Pons, 2022). Este panorama obliga a repensar los modelos de gestión dentro de los talleres mecánicos, considerando la adopción de principios de economía circular y logística inversa como herramientas estratégicas para mitigar impactos ambientales, reducir costos y mejorar la reputación organizacional (Palacios et al., 2025).

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2025), los residuos peligrosos generados en actividades mecánicas deben ser segregados, almacenados temporalmente bajo condiciones seguras y gestionados a través de operadores autorizados, conforme al principio de responsabilidad extendida del productor (REP). Este enfoque regulatorio obliga a las empresas del sector a desarrollar prácticas de gestión sostenible, articuladas con el cumplimiento legal y la innovación empresarial.

Este artículo tiene como objetivo analizar y proponer estrategias aplicables de economía circular y logística inversa en talleres automotrices, tomando como caso de estudio a COMPUAUTO. Se busca evidenciar cómo estas prácticas permiten optimizar procesos internos, cumplir con las disposiciones ambientales, mejorar la imagen empresarial y generar nuevas fuentes de ingreso mediante la valorización de residuos.

En la Figura 1 se presentan los principales residuos generados en talleres automotrices. Según el diagnóstico realizado, los aceites usados representan aproximadamente el 35 % del volumen total, seguidos por neumáticos fuera de uso (20 %), baterías plomo-ácido (15 %), piezas metálicas en desuso (12 %), componentes plásticos (10 %) y disolventes/pinturas (8 %). Esta caracterización permite priorizar acciones de reciclaje, reutilización o disposición final responsable.

Figura 1.
Residuos que se generan en los talleres automotrices



Nota. La figura clasifica los principales residuos peligrosos y no peligrosos generados en talleres automotrices.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se fundamenta en un análisis diagnóstico de los residuos peligrosos y no peligrosos más comunes generados en talleres automotrices, entre los cuales se encuentran aceites lubricantes usados, baterías de plomo-ácido, neumáticos fuera de uso, paragolpes plásticos, pinturas con solventes y piezas metálicas en desuso. Estos residuos, si no se gestionan adecuadamente, pueden representar riesgos significativos para la salud ocupacional y los ecosistemas locales (Haro et al., 2024).

Para su correcta gestión, se tomó como referencia la normativa ambiental vigente en Ecuador, particularmente el Código Orgánico del Ambiente (COA, 2025) y su Reglamento para la Gestión Integral de Residuos (MAATE, 2025), así como los lineamientos del Acuerdo Ministerial No. 061, que regula el manejo de baterías de plomo-ácido bajo el esquema de responsabilidad extendida del productor (REP). En el ámbito internacional, se consideraron también los principios de la norma ISO 14001:2025, que promueve la implementación de sistemas de gestión ambiental efectivos y basados en mejora continua (ISO, 2025).

A partir del diagnóstico realizado en COMPUAUTO, se establecieron como objetivos estratégicos la reducción anual del 20 % del impacto ambiental asociado a sus operaciones, la optimización de la gestión de residuos mediante procesos de reciclaje, segregación y reacondicionamiento, y la incorporación progresiva de piezas recuperadas en las reparaciones técnicas, con una meta de aplicación del 30 %. Asimismo, se planteó formalizar alianzas con proveedores autorizados para el abastecimiento de componentes reciclados y diseñar e implementar un sistema estructurado de logística inversa.

La logística inversa se operacionaliza a través de acciones como la instalación de puntos seguros de acopio, la recolección de piezas usadas directamente del cliente, la clasificación y separación en origen, el reacondicionamiento técnico, la digitalización de formularios para reducir el uso de papel y la coordinación con gestores autorizados para la disposición final o reutilización de materiales (Jurado, Punina & Castro-Verdezoto, 2025).

Desde una perspectiva de economía circular, la propuesta metodológica promueve la reducción del uso de materiales vírgenes mediante estrategias de rediseño modular, reparación, remanufactura y comercialización de partes usadas con garantía. Este enfoque se alinea con lo señalado por Sonar et al. (2024), quienes resaltan la importancia de sistemas de recuperación de valor posconsumo en entornos industriales.

Asimismo, se consideraron las certificaciones ambientales como herramientas de incentivo para fomentar el compromiso sostenible. Entre estas destacan la Certificación Ecuatoriana Punto Verde (CEA), la ISO 20400 sobre compras sostenibles y el esquema europeo EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), ampliamente utilizado como indicador de mejora continua en pymes del sector (Bolton, 2019; Van Hoof et al., 2022).

Esta metodología se sustenta también en los marcos teóricos de economía circular definidos por Varela (2025), quien señala el potencial de valorización ambiental de autopartes, y en las propuestas de Moreno (2021) sobre rediseño de procesos de recuperación de caucho industrial para la economía circular.

RESULTADOS

La aplicación de los principios de la economía circular en talleres automotrices ha demostrado ser una estrategia eficaz para transformar su modelo de operación hacia uno más eficiente, rentable y ambientalmente responsable. A partir del diseño e implementación de procesos de logística inversa, se ha identificado que actividades como el reacondicionamiento de componentes, la reutilización de piezas en buen estado y el reciclaje adecuado de materiales como baterías, aceites, neumáticos y plásticos permiten reducir significativamente el volumen de residuos enviados a disposición final, al tiempo que generan nuevos ingresos económicos derivados de la valorización de estos residuos (Jurado et al., 2025; Molina et al., 2023).

Desde una perspectiva operativa, la integración progresiva de estas prácticas facilita una mayor trazabilidad en la gestión de residuos, fomenta la eficiencia energética, optimiza el uso de insumos y mejora la relación costo-beneficio del taller. Además, contribuye a cumplir con las normativas ambientales vigentes y posiciona a la empresa como socialmente responsable, aspecto cada vez más valorado por los consumidores (Van Hoof, De Miguel & Núñez, 2022; Fiandor Castillo & Rodríguez Benítez, 2024). La implementación no requiere grandes inversiones iniciales, sino una planificación basada en acciones concretas y graduales como la instalación de puntos de acopio, la clasificación de residuos en origen, las alianzas con gestores autorizados, la digitalización de procesos y la capacitación del personal.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es que la economía circular no solo genera beneficios ambientales, sino que también actúa como un catalizador de innovación técnica y económica. Los talleres que incorporan estas prácticas pueden acceder a certificaciones ambientales como la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde o la norma ISO 14001, que mejoran su reputación ante clientes y organismos de control, además de abrir oportunidades de negocio con entidades públicas o privadas que exigen criterios de sostenibilidad (Varela, 2025; Moreno, 2021).

Figura 2.
Modelo de aplicación de la economía circular en talleres automotrices



Nota. La cantidad de sacos se mantiene prácticamente estable entre enero y febrero, con una ligera disminución, y aumenta en marzo por la ampliación proyectada de la capacidad de recolección. En abril, el volumen se estabiliza en un nivel similar.

En conclusión, los resultados evidencian que la implementación de un enfoque circular en los talleres automotrices permite mejorar simultáneamente el desempeño ambiental, la eficiencia operativa y la rentabilidad del negocio. Este proceso, aunque progresivo, es completamente viable para empresas del sector que deseen adaptarse a los retos de sostenibilidad actuales y posicionarse de forma estratégica en el mercado local o regional.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bolton, S. (2019). Ecological engineering: Design principles. *Encyclopedia of Ecology* (2.^a ed., Vol. 4, pp. 493–497). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11111-X>
2. Fiandor Castillo, J. Y., Rodríguez Benítez, Y., & Hernández Maden, R. (2024). Economía circular, responsabilidad social empresarial y logística inversa: Su contribución a la prevención del impacto ambiental. III Congreso Científico Internacional Universidad-Sociedad 2024. Repositorio Institucional de la Universidad de Matanzas. <http://rein.umcc.cu/handle/123456789/3748>
3. Haro Sarango, A. F., Pico Lescano, J. C., Moina Sánchez, P. V., Carrillo Barragán, C. E., & López Velasco, J. E. (2024). Economía circular: Modelos de negocio y estrategias sostenibles. Know Press. <https://doi.org/10.70180/978-9942-7273-1-2>
4. International Organization for Standardization. (2025). Environmental management systems – Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 14001:2025). <https://www.iso.org/standard/60857.html>
5. Jurado, L., Punina, E., & Castro-Verdezoto, P. (2025). Diseño de una red de logística inversa de residuos de aluminio para la fabricación de partes y piezas usadas en la industria automotriz. *Revista Digital Científica Causalidad (Caui3)*, 1(1), 55–70. <https://doi.org/10.70929/CAUI3.V1I1.Q3301W67>
6. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2025). Reglamento para la gestión integral de residuos. <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/ambiente/biblioteca/>
7. Molina, A. A., Quispe, Y. C. Q., Gómez, I. G., Casani, F. A. C., & Doig, M. E. V. (2023). Logística inversa y economía circular de los años 2022 al 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 5338–5350. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7350
8. Moreno González, D. V. (2021). Propuesta para el diseño de procesos productivos innovadores y amigables con el medio ambiente para la vulcanización del caucho virgen y la recuperación de llantas usadas en función de la economía circular. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2021*, 1–11. <https://doi.org/10.26507/ponencia.1902>
9. Palacios Moreno, J. J., Izurieta Recalde, C. W., & Vega Flor, J. G. (2025). Logística inversa y economía circular: Análisis de modelos en la industria de envases. *Perspectivas Sociales y Administrativas*, 3(2), 191–201. <https://doi.org/10.61347/psa.v3i2.105>
10. Pons Guinot, J. M. (2022). Análisis de la economía circular aplicada al sector automovilístico [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. <https://riunet.upv.es/handle/10251/188608>
11. Sonar, H., Dey Sarkar, B., Joshi, P., Ghag, N., Choubey, V., & Jagtap, S. (2024). Navigating barriers to reverse logistics adoption in circular economy: An integrated approach for sustainable development. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 12, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100165>
12. Van Hoof, B., De Miguel, C. J., & Núñez Reyes, G. (2022). Metodología para la evaluación de avances en la economía circular en los sectores productivos de América Latina y el Caribe (Serie Desarrollo Productivo N.º 229, LC/TS.2022/83). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://hdl.handle.net/11362/47975>
13. Varela Vidaña, J. (2025). Impacto ambiental que tiene una autoparte plástica bajo los principios de la economía circular [Tesis de maestría, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco]. Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/9057>



MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS RECICLABLES PARA UNA CADENA DE RESTAURANTES: APLICACIÓN PILOTO EN LA CIUDAD DE QUITO⁴

Recyclable Waste Management Model for a Restaurant Chain: Pilot Application in the City of Quito

Roberto Idrobo-Mojarrango

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

rjidrobo@utpl.edu.ec

Darwin Talledo-Villacreses

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

dftalledo@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar, implementar y evaluar un modelo piloto de gestión de residuos reciclables basado en principios de logística inversa para una cadena de restaurantes de la ciudad de Quito. El estudio se desarrolló en uno de los cinco establecimientos de la empresa y se estructuró en tres fases: diagnóstico inicial, implementación del sistema de separación y evaluación de los resultados. Durante la fase diagnóstica se caracterizaron y cuantificaron los residuos de plástico, papel, cartón y vidrio generados durante una semana operativa. Posteriormente, se capacitó al personal, se establecieron procedimientos de clasificación y limpieza, y se habilitaron espacios de almacenamiento temporal mediante recipientes reciclados y etiquetados. En la fase de implementación se registraron 31,41 kg de residuos, de los cuales se recuperaron 10,25 kg, equivalente a una tasa general de recuperación del 32,63 %. El plástico presentó la mayor cantidad recuperada, con 4,18 kg, seguido del cartón y el vidrio. Los resultados evidencian que la capacitación del personal y la aplicación de mecanismos sencillos de separación permiten mejorar la trazabilidad y valorización de los residuos sin requerir una inversión inicial significativa. Se concluye que el modelo es operativamente viable y posee potencial de adaptación y escalabilidad en los demás establecimientos de la cadena.

Palabras clave: logística inversa; residuos reciclables; restaurantes.

ABSTRACT

This study aimed to design, implement, and evaluate a pilot recyclable waste management model based on reverse logistics principles for a restaurant chain in Quito. The study was conducted at one of the company's five establishments and was structured in three phases: initial diagnosis, implementation of the waste separation system, and evaluation of the results. During the diagnostic phase, plastic, paper, cardboard, and glass waste generated over one operational week was characterized and quantified. Staff were subsequently trained, classification and cleaning procedures were established, and temporary storage areas were organized using recycled and labeled containers. During the implementation phase, 31.41 kg of waste was generated, of which 10.25 kg was recovered, representing an overall recovery rate of 32.63%. Plastic accounted for the largest recovered quantity, with 4.18 kg, followed by cardboard and glass. The results show that staff training and the application of simple separation mechanisms can improve waste traceability and recovery without requiring significant initial investment. It is concluded that the proposed model is operationally feasible and has the potential to be adapted and scaled to the other establishments in the restaurant chain.

Keywords: reverse logistics; recyclable waste; restaurants.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos en el sector gastronómico representa un desafío relevante tanto a nivel ambiental como operativo. Este sector produce una variedad significativa de desechos, principalmente papel, vidrio, plásticos y residuos orgánicos, cuya gestión inadecuada contribuye a la degradación ambiental y a pérdidas económicas evitables (Vizcarra & Torres, 2025). La correcta separación y valorización de estos residuos no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora la eficiencia de los procesos logísticos internos y contribuye a la sostenibilidad del negocio.

En los últimos años, la gestión integral de residuos ha cobrado mayor relevancia dentro del enfoque de economía circular, destacándose la importancia de implementar modelos de logística inversa en el sector alimentario. Según Pacheco et al. (2025), los sistemas de retorno y reciclaje permiten optimizar los recursos e incrementar la trazabilidad de los materiales, especialmente en industrias con alto volumen de empaques y residuos secundarios, como la gastronómica.

Diversos estudios han demostrado que, mediante la adopción de prácticas sostenibles en la cadena de valor, las empresas del sector alimentario pueden reducir su huella ecológica e incrementar su competitividad (Hildebrando et al., 2025). Sin embargo, la implementación efectiva de estos modelos enfrenta barreras como el desconocimiento técnico, la resistencia al cambio organizacional y la ausencia de normativas específicas en ciertos contextos locales (Alandete et al., 2025; Alarcón & Romero, 2021).

Este estudio se enfoca en una empresa del sector de alimentos y bebidas de la ciudad de Quito, con el objetivo de diseñar, aplicar y evaluar un modelo piloto de gestión de residuos reciclables basado en principios de logística inversa, con miras a su escalabilidad en una cadena de restaurantes en Quito. La empresa cuenta con cinco locales y una planta de producción. Aunque la empresa no maneja devoluciones como en otras industrias, genera residuos reciclables que, hasta la fecha, no han sido gestionados bajo un modelo estructurado de logística inversa. En contraste, los residuos orgánicos sí cuentan con procesos establecidos: los restos de comida son entregados a porcicultores desde hace más de siete años, y el aceite usado es recolectado por una empresa gestora autorizada (Florián et al., 2023).

La ausencia de un sistema formal para residuos reciclables ha sido atribuida al desconocimiento sobre logística inversa, lo cual coincide con los hallazgos de Charris & Causado (2013), quienes identifican la falta de formación y sensibilización como uno de los principales obstáculos en su adopción en negocios gastronómicos. En consecuencia, se hace necesario implementar un sistema técnico de separación, clasificación y reciclaje de residuos sólidos aprovechables como parte de una estrategia de sostenibilidad operativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en uno de los cinco locales operativos de una cadena de restaurantes ubicada en la ciudad de Quito, seleccionado como sede piloto para la aplicación del modelo propuesto. La elección se fundamentó en criterios de representatividad respecto al volumen de residuos generados, facilidad logística para la recolección de datos y disposición del equipo operativo para participar activamente en el proceso. Dada la similitud operatoria entre locales, los resultados obtenidos pueden considerarse válidos para su proyección a escala organizacional (Alandete et al., 2025).

La investigación se estructuró metodológicamente en tres fases: diagnóstico inicial, implementación del sistema de separación y evaluación del modelo aplicado. En la primera fase se realizó una caracterización de los residuos generados durante una semana operativa completa. Se identificaron como principales categorías los residuos de plástico, papel, cartón y vidrio. Para cuantificarlos, se seleccionaron los diez empaques más comunes por categoría y se procedió a pesarlos individualmente utilizando una balanza digital con precisión de ± 1 gramo. El número de unidades vendidas por tipo de producto fue extraído del sistema de gestión comercial (SKU) y se multiplicó por el peso promedio de cada empaque, obteniendo así el volumen total estimado de residuos semanales por categoría. La unidad de medición empleada fue el kilogramo (kg), y el volumen total generado durante esta fase fue de 20,78 kg.

Durante la segunda fase se diseñó un sistema informal de separación de residuos, acompañado de una sesión de capacitación al personal operativo. Se instruyó al equipo en la diferenciación entre residuos aptos para reciclaje y aquellos contaminados con restos de alimentos u otras sustancias que impiden su valorización. En el caso de los plásticos en contacto con alimentos, se estableció un protocolo de limpieza básica antes del almacenamiento. Para el papel y cartón se excluyeron materiales absorbentes como servilletas y toallas, siguiendo las recomendaciones de la U.S. Environmental Protection Agency (2021), que establece que los residuos contaminados con materia orgánica no son reciclables por riesgo sanitario y contaminación cruzada.

Para el almacenamiento de los residuos clasificados se utilizaron cajas recicladas limpias, correctamente etiquetadas según el tipo de material. Estas fueron ubicadas en una zona ventilada, techada y alejada de áreas de manipulación de alimentos, garantizando condiciones básicas de seguridad e higiene. Esta solución se adoptó debido a restricciones presupuestarias y permitió implementar el sistema sin inversión inicial en contenedores diferenciados, cuya adquisición será evaluada posteriormente de acuerdo con los resultados obtenidos. Esta decisión metodológica se alinea con las directrices de Pacheco et al. (2025), que promueven la aplicación



progresiva de prácticas de clasificación adaptadas a la realidad operativa de cada establecimiento.

En la tercera fase se replicó el procedimiento de medición durante una segunda semana operativa, utilizando la misma metodología que en la fase diagnóstica. Esto permitió realizar un análisis comparativo del volumen de residuos generados y del porcentaje efectivamente reciclado, diferenciando los materiales recuperables de aquellos descartados por contaminación. La consistencia metodológica en ambas fases garantiza la validez de los datos obtenidos y permite evaluar el desempeño del modelo aplicado bajo condiciones reales de operación.

RESULTADOS

Como parte de la fase de diagnóstico, se realizó un levantamiento de información sobre la generación de residuos durante una semana operativa. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1. Se identificaron cuatro tipos principales de residuos reciclables: plástico, papel, cartón y vidrio. El volumen total estimado fue de 20,78 kilogramos, siendo el plástico el de mayor proporción con un 67,93 % del total, seguido por el vidrio con un 19,38 %, el papel con un 7,17 % y el cartón con un 5,24 %. Este resultado evidencia la predominancia de empaques plásticos en la operación de la empresa, lo que sugiere la necesidad de priorizar este tipo de residuo en estrategias de mitigación y reciclaje.

Tabla 1.
Desechos generados - Semana 1 (fase de diagnóstico)

Desecho	Peso promedio (kg)	Ventas (SKU)	Total, generado (kg)
Plástico	0,0122	1.157,49	14,12
Papel	0,0053	279	1,49
Cartón	0,036	30,37	1,09
Vidrio	0,0564	71,60	4,03
Total	—	—	20,78

Nota. El total generado corresponde al producto del peso promedio por el número de unidades vendidas de cada categoría.

La medición de los residuos fue realizada a partir del peso promedio de los empaques más representativos por categoría, calculado con una balanza digital de precisión (± 1 gramo), y multiplicado por las unidades vendidas registradas en el sistema de ventas (SKU), según el método descrito previamente.

Durante la segunda semana se aplicó el modelo de separación propuesto. Los resultados obtenidos, presentados en la Tabla 2, muestran un incremento en el volumen total de residuos generados, alcanzando 31,41

kilogramos, lo que representa un aumento del 51,17 % respecto a la semana anterior. Este crecimiento se corresponde con un incremento proporcional en el número de unidades vendidas: de 1.538,46 SKU en la Semana 1 a 2.110,70 SKU en la Semana 2, es decir, un incremento del 37,2 % en ventas. Esta correlación entre volumen de ventas y generación de residuos valida la explicación del incremento.

Tabla 2.
Desechos generados - Semana 2 (fase de implementación)

Desecho	Peso promedio (kg)	Ventas (SKU)	Total generado (kg)
Plástico	0,0122	1.463,14	17,85
Papel	0,0053	426	2,26
Cartón	0,036	58,56	2,11
Vidrio	0,0564	163	9,19
Total	—	—	31,41

Nota. El incremento de residuos se relaciona con el aumento proporcional de ventas registrado durante la segunda semana.

La aplicación del sistema de separación permitió cuantificar los residuos efectivamente reciclados, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3. En total, se recuperaron 10,25 kilogramos de materiales reciclables, lo que representa una tasa de recuperación general del 32,63 %. El plástico fue el residuo más reciclado en términos absolutos, con 4,18 kg, lo que equivale al 23,42 % de lo generado. El cartón presentó una tasa de recuperación atípicamente alta (142,18 %), ya que se incluyeron residuos acumulados de semanas previas. Por el contrario, el papel fue el residuo con menor recuperación (13,94 %), afectado por su alta susceptibilidad a contaminación y exclusión de materiales no aptos como servilletas y toallas.

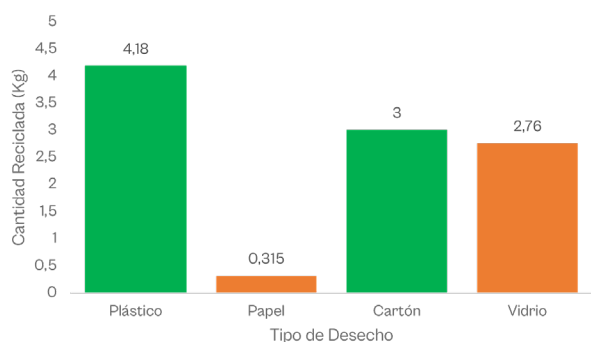
Tabla 3.
Desechos reciclados - Semana 2 (fase de implementación)

Desecho	Total reciclado (kg)	% respecto al total generado	Total, generado (kg)
Plástico	4,18	23,42 %	14,12
Papel	0,315	13,94 %	1,49
Cartón	3,00	142,18 %	1,09
Vidrio	2,76	30,03 %	4,03
Total	10,25	—	20,78

Nota. La recuperación elevada de cartón responde a la inclusión de acumulaciones previas correspondientes a semanas anteriores.



Figura 1.
Cantidad de residuos reciclados por tipo – Semana 2



Nota. En la semana 2, el plástico registró la mayor cantidad recuperada (4,18 kg), seguido del cartón (3 kg) y el vidrio (2,76 kg).

Cabe señalar que, dado el carácter piloto del estudio, los residuos reciclables recuperados fueron entregados a un centro de acopio habilitado por una empresa colaboradora del sector comercial, en este caso, un establecimiento de Corporación Favorita. Los resultados evidencian el potencial del modelo propuesto para mejorar la gestión de residuos reciclables. La experiencia piloto demuestra que, con una adecuada capacitación del personal y mecanismos simples de clasificación, es posible avanzar hacia una operación más eficiente, ambientalmente responsable y con potencial de escalabilidad a otras sucursales.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alandete Zabaleta, D. J., Usuga, J. F., & Lozano Saavedra, S. V. (2025). Propuesta de integración de logística inversa y economía circular para los separadores de cartón en la cadena de suministro del CEDI de Gaseosas Lux S.A.S, Aguachica – Cesar [Proyecto aplicado de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/70120>
2. Alarcón, T. M., & Romero, M. R. (2021). Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil [Tesis de grado, Universidad Salesiana]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21048>
3. Charris, I. R., & Causado, E. (2013). Cadena logística de subproductos residuales en la industria de tajada de plátano. *Dimensión Empresarial*, 11(2), 9-16. <https://doi.org/10.15665/rde.v11i2.77>
4. Florián, S. D. U., Navarro, L. M., & Torres-Benítez, A. (2023). Solid waste management in commercial establishments: The case of an urban restaurant in the central region of Colombia. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(1), e03107. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-003>
5. Hildebrando, C., Calderón, C., Magdalena, M., Tello, A., Pablo, J., Reyes, C., Espinoza Fernández, M. A., Inés González Jara, C., Pilar, M. del, & Carrillo, R. (2025). Modelos de negocios sostenibles y economía circular en las mypes: Una revisión sistemática de la literatura entre los años 2020-2024. *Sapiens Management Journal*, 2(7), 1-24. <https://doi.org/10.71068/jc0ka802>
6. Pacheco Riera, J. M., Tigre Ortega, F. G., Sánchez Rosero, C. H., & Lema Chicaiza, F. R. (2025). Estrategias de logística inversa para la gestión sostenible en la industria agroalimentaria mediante una revisión sistemática de literatura. *Revista Política y Ciencias Administrativas*, 4(2). <https://doi.org/10.62465/rpca.v4n2.2025.203>
7. U.S. Environmental Protection Agency. (2021). Recycling basics. <https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics>
8. Vizcarra Zegarra, M. M., & Torres Martinez, B. A. (2025). La gestión de pérdidas y desperdicios de alimentos y su impacto en el comportamiento y actitudes de los consumidores de las principales cadenas de comida rápida de la zona 7 de Lima Metropolitana [Tesis de licenciatura, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional Ulima. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/22922>



OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN LA EMPRESA DE RECICLAJE “PLÁSTICOS NAVARRETE” DE LATACUNGA: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA⁵

Optimization of Reverse Logistics at the “Plásticos Navarrete” Recycling Company in Latacunga: Diagnosis and Improvement Proposal

Mayra Manotoa-Mejía

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
msmanotoa@utpl.edu.ec

Juan Palacios-Ortega

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
jcpalacios2@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación analizó los procesos de logística inversa de la empresa recicladora Plásticos Navarrete, ubicada en Latacunga, con el fin de identificar inefficiencias y proponer estrategias para mejorar su productividad, sostenibilidad y competitividad. Se aplicó un enfoque descriptivo y aplicado mediante observación directa, entrevistas estructuradas, análisis de datos históricos, Value Stream Mapping y regresión lineal. El diagnóstico evidenció maquinaria obsoleta, vehículos envejecidos, rutas ineficientes, tiempos improductivos y baja capacidad de procesamiento. El flujo de valor presentó un tiempo total de 114 horas, equivalente a 4,75 días, de las cuales solo el 20,18 % correspondió a actividades de valor agregado. La recepción del material fue el principal cuello de botella, con una espera de 48 horas. Los modelos estadísticos mostraron que cada kilómetro adicional redujo la producción en 0,0297 toneladas diarias y cada hora extra de transporte disminuyó la productividad en 0,6708 toneladas. Se concluye que la modernización de maquinaria, la optimización de rutas y la aplicación de Lean Logistics y Justo a Tiempo podrían reducir el tiempo del proceso e incrementar las actividades de valor agregado.

Palabras clave: logística inversa; reciclaje de plásticos; Value Stream Mapping.

ABSTRACT

The study analyzed the reverse logistics processes of the recycling company Plásticos Navarrete, located in Latacunga, to identify inefficiencies and propose strategies for improving its productivity, sustainability, and competitiveness. A descriptive and applied approach was employed, utilizing direct observation, structured interviews, historical data analysis, Value Stream Mapping, and linear regression. The assessment revealed obsolete machinery, aging vehicles, inefficient routes, unproductive downtime, and low processing capacity. The value stream showed a total duration of 114 hours (4.75 days), with value-added activities accounting for only 20.18% of that time. Material reception was the primary bottleneck, involving a 48-hour wait. Statistical models indicated that each additional kilometer reduced daily production by 0.0297 tonnes, while each extra hour of transport decreased productivity by 0.6708 tonnes. The study concludes that modernizing machinery, optimizing routes, and implementing Lean Logistics and Just-in-Time principles could reduce process time and increase value-added activities.

Keywords: reverse logistics; plastic recycling; Value Stream Mapping.

INTRODUCCIÓN

La optimización de la logística inversa en el sector del reciclaje constituye un eje estratégico para fortalecer la sostenibilidad ambiental y mejorar la eficiencia operativa en las organizaciones. En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y demanda por prácticas sostenibles, la logística inversa ha adquirido una relevancia significativa al integrarse como parte esencial de la gestión operativa, al contemplar procesos de recuperación, clasificación, transporte, transformación y reintegración de materiales en la cadena de suministro. Estos procesos permiten impulsar el reciclaje, la reutilización y la reducción de residuos. Como señalan Gómez-Montoya, Correa-Espinal y Vásquez-Herrera (2012), la logística inversa ha aumentado su presencia en el ámbito empresarial al alinearse con los principios de responsabilidad social y sostenibilidad, facilitando la devolución de productos y materiales que aún poseen valor ambiental y económico.

El presente estudio se centra en el análisis de la logística inversa de la empresa de reciclaje "Plásticos Navarrete", ubicada en la ciudad de Latacunga, Ecuador. Esta organización se dedica a transformar residuos plásticos en productos reciclados, como pellets de baja densidad, y actualmente enfrenta diversos desafíos operativos relacionados con la recolección, transporte, almacenamiento, clasificación y procesamiento del material reciclado. La empresa trabaja con una capacidad productiva del 50 %, debido a limitaciones estructurales como maquinaria obsoleta (más del 60 % con más de 15 años de funcionamiento), vehículos de transporte envejecidos y rutas logísticas ineficientes, lo que incrementa los costos y genera tiempos improductivos.

El análisis de estos procesos no solo es relevante en términos operativos, sino también desde la perspectiva de la sostenibilidad organizacional. Según Campoverde et al. (2022), la logística inversa constituye una estrategia integral orientada a maximizar el valor recuperado de los materiales, contribuyendo activamente a la economía circular y reduciendo la huella ambiental. En esta misma línea, Cure, González y Amaya-Mier (2006) afirman que la gestión eficiente del flujo de materiales desde el consumidor hasta su destino final permite satisfacer las necesidades del cliente mientras se minimizan los impactos negativos sobre el entorno.

Asimismo, la incorporación de herramientas tecnológicas y metodologías modernas como el Value Stream Mapping (VSM) y la filosofía Lean Logistics representa una oportunidad para optimizar procesos y eliminar actividades que no agregan valor. Olaya (2024) define Lean como una estrategia de mejora continua basada en la eliminación sistemática de desperdicios, mientras que Monroy (2023) señala que la sostenibilidad y la innovación permiten a las empresas desarrollar competencias clave que fortalecen su ventaja competitiva. Por su

parte, Orozco, Carranza y Peláez (2016) destacan que la planificación de rutas logísticas eficientes es esencial para minimizar distancias, reducir tiempos muertos y mejorar la rentabilidad operativa.

En este caso práctico, el objetivo general es analizar los procesos de logística inversa de la empresa Plásticos Navarrete con el propósito de identificar ineficiencias operativas, proponer estrategias de mejora y contribuir a su competitividad mediante prácticas sostenibles. La metodología se sustentó en un enfoque descriptivo y técnico, que incluyó la aplicación de observación directa, entrevistas al personal clave, análisis de datos históricos y el uso de modelos estadísticos como la regresión lineal para evaluar el impacto de variables como la distancia y el tiempo de transporte en la productividad.

Este trabajo busca no solo ofrecer un diagnóstico técnico de la situación actual, sino también proporcionar recomendaciones aplicables y fundamentadas para promover una gestión logística más eficiente, rentable y alineada con los principios de sostenibilidad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico adoptado en este estudio es de carácter descriptivo y aplicado, orientado a diagnosticar y proponer mejoras en los procesos de logística inversa de la empresa recicladora "Plásticos Navarrete". Para ello, se empleó una combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas que permitieron obtener una visión integral de la situación actual y diseñar estrategias de optimización.

La primera etapa contempló un diagnóstico exhaustivo de los procesos logísticos mediante tres herramientas principales: observación directa en planta, entrevistas estructuradas al personal clave y análisis de datos históricos sobre transporte, clasificación y transformación de residuos. La observación directa permitió identificar prácticas operativas, flujos de materiales, tiempos improductivos y acumulación de residuos, tal como lo recomiendan Hernández Sampieri et al. (2014), quienes destacan que la observación in situ facilita una comprensión detallada de los procesos, sus interacciones y los eventos críticos.

Para representar gráficamente el flujo de operaciones, se utilizó la herramienta Value Stream Mapping (VSM), técnica fundamental dentro del enfoque Lean Logistics. Esta herramienta permitió visualizar las etapas del proceso, identificar cuellos de botella, distinguir entre actividades de valor y desperdicios, y proponer mejoras sistemáticas. Según Quishpe (2021), el VSM facilita el análisis de procesos productivos al distinguir claramente el valor agregado del desperdicio, y es útil para diseñar planes de optimización sostenibles. En coherencia con esto, se evaluaron indicadores como el tiempo de ciclo (cycle time), la capacidad por ciclo, los tiempos de cambio y el porcentaje de utilización de la maquinaria.



Posteriormente, se aplicó un análisis cuantitativo mediante regresión lineal, con el objetivo de establecer relaciones entre variables críticas del sistema. Se evaluaron datos como distancia de recolección (50-150 km), tiempo de transporte (4-8,5 horas), capacidad de carga (10 toneladas por vehículo) y frecuencia de recolección (cada tres días), con el fin de determinar su influencia sobre la productividad diaria en toneladas procesadas. Este análisis permitió cuantificar el impacto de los factores logísticos sobre el rendimiento operativo, identificando relaciones negativas entre distancias recorridas, tiempos de transporte y niveles de productividad.

Además, como parte del enfoque Lean, se incorporó el modelo "Justo a Tiempo" (JIT) como estrategia para reducir inventarios innecesarios y sincronizar los flujos de materiales en la planta. El JIT se centra en minimizar los tiempos de entrega, optimizar los desplazamientos internos y garantizar que los recursos estén disponibles en el momento preciso, promoviendo una mayor eficiencia global (Solano et al., 2022). Asimismo, se adoptaron principios de la gestión Lean definidos por Ortiz et al. (2022), quienes la describen como un sistema de organización basado en la eliminación continua de desperdicios y en la mejora de la calidad y eficiencia en cada fase del proceso productivo.

Esta combinación metodológica –diagnóstico cualitativo, modelación cuantitativa y estrategias Lean– proporcionó un marco integral para comprender la estructura actual de la logística inversa en la empresa y proponer soluciones específicas orientadas a la sostenibilidad operativa, reducción de costos y mejora del desempeño ambiental.

RESULTADOS

El análisis de resultados se fundamenta en la aplicación de herramientas propias de la filosofía Lean Logistics, particularmente el Value Stream Mapping (VSM), y en modelos estadísticos de regresión lineal que permiten identificar y cuantificar los factores críticos que afectan la eficiencia de los procesos de logística inversa en la empresa "Plásticos Navarrete".

El VSM permitió mapear de manera detallada el flujo de actividades, desde la recolección de residuos plásticos hasta su transformación en pellets y posterior distribución. Esta herramienta facilitó la identificación de tiempos muertos, cuellos de botella y porcentajes de uso operativo, permitiendo visualizar el valor agregado de cada etapa del proceso (Quishpe, 2021). La Tabla 1 resume los principales indicadores obtenidos a partir del análisis de cada etapa.

Tabla 1.
Datos de cada etapa del proceso logístico inverso

Etapas	CT	CPC	C/O	EN	U/T
Recolección de residuos	6 h	10 t	n/a	12 h	75%
Transporte a planta	6 h	10 t	n/a	12 h	80%
Recepción	48 h	20 t	1 h	24 h	70%
Clasificación	1.5 h	5 t	30 min	16 h	85%
Almacenamiento	30 min.	20 t	n/a	16 h	90%
Transformación en pellets	8 h	0.5 t	1 h	20 h	80%
Distribución final	4 h	10 t	1 h	12 h	75%

Nota. Los datos reflejan el rendimiento operativo en cada etapa del flujo logístico inverso analizado.

La etapa más crítica corresponde a la recepción del material, con un tiempo de espera de 48 horas, causado por la acumulación previa a la clasificación, lo cual afecta el flujo general del sistema. Este cuello de botella compromete la continuidad del proceso y genera una baja eficiencia operativa. Asimismo, la transformación en pellets presenta una capacidad limitada (0.5 toneladas) y un nivel elevado de tiempos muertos (20 %), atribuibles a la obsolescencia de la maquinaria (Ortiz et al., 2022).

A partir del VSM se determinó un Lead Time total de 114 horas, equivalente a 4,75 días, con un tiempo de valor agregado (TVA) de solo 0,96 días, lo que representa apenas el 20,18 % del tiempo total del proceso, evidenciando una baja eficiencia (Duro y Gilart, 2016).

Con el fin de cuantificar la influencia de variables logísticas sobre la productividad, se aplicó un modelo de regresión lineal para evaluar la relación entre la distancia de recolección y la productividad (toneladas/día). Los datos se presentan en la Tabla 2.

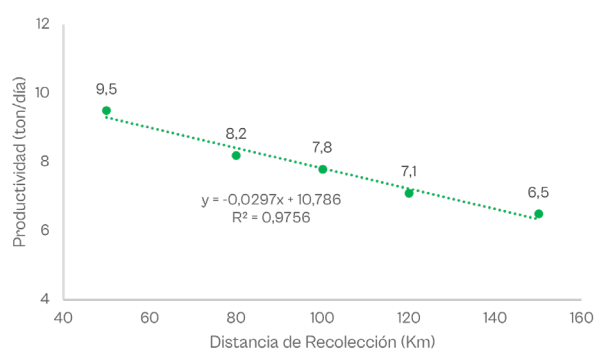
Tabla 1.
Datos estadísticos para regresión lineal

Distancia de recolección (km)	Tiempo de transporte (horas)	Productividad (ton/día)
50	4	9.5
80	5.5	8.2
100	6.5	7.8
120	7	7.1
150	8.5	6.5

Nota. Relación directa entre la distancia de recolección y el tiempo de transporte, y una relación inversa con la productividad.



Figura 1.
Relación de las variables distancia de recolección y productividad



Nota. La regresión evidencia una relación lineal inversa: por cada kilómetro adicional de recolección

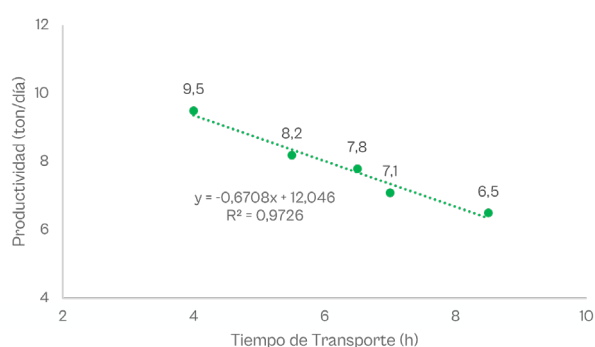
La ecuación de regresión resultante fue:

$$y = 0.0297x + 10.789 \text{ con } R^2 = 0.9756$$

El valor de R^2 obtenido (97.56 %) indica una correlación muy fuerte, evidenciando que la distancia de recolección tiene un impacto directo y negativo sobre la productividad, ya que cada kilómetro adicional reduce la producción en aproximadamente 0.0297 toneladas/día. Esto confirma la necesidad de optimizar las rutas logísticas (Orozco et al., 2016).

De forma complementaria, se evaluó la relación entre el tiempo de transporte y la productividad. La Figura 2 representa esta relación inversa.

Figura 2.
Relación de las variables tiempo de transporte (horas) y productividad



Nota. La regresión muestra una relación lineal inversa entre el tiempo de transporte y la productividad.

La ecuación del modelo fue:

$$y = 0.6708 + 12.046 \text{ con } R^2 = 0.9726$$

El modelo indicó que cada hora adicional de transporte reduce la productividad en 0.6708 toneladas/día, confirmando que los tiempos logísticos extensos afectan de manera significativa el desempeño operativo. La alta correlación del modelo (97.26 %) refuerza la necesidad de reducir tiempos mediante el rediseño de rutas y el mantenimiento preventivo de vehículos (Solano et al., 2022).

El análisis global evidencia que el sistema de logística inversa de la empresa presenta inefficiencias estructurales en al menos tres niveles: retrasos operativos en la recepción, clasificación y transformación; baja capacidad técnica de equipos y maquinaria; y rutas logísticas subóptimas que incrementan tiempos y costos.

La implementación de acciones como la automatización de la clasificación, la modernización de maquinaria y la adopción plena de "Lean Logistics y Justo a Tiempo (JIT)" podría reducir el Lead Time en al menos 3 días e incrementar el valor agregado a un 35 %, con lo cual se potenciaría de manera significativa la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad de la empresa (Monroy, 2023; Olaya, 2024)

Contribución de autores (CRediT)

Manotoa-Mejía, Mayra desarrolló la conceptualización, la metodología, el análisis de datos y la redacción del borrador original del artículo. Palacios-Ortega, Juan realizó la revisión crítica del contenido, la corrección de estilo, la validación y la supervisión general del manuscrito.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arroyo López, P., Villanueva Bringas, M., Gaytán Iniestra, J., & García Vargas, M. (2014). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos: Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. *Contaduría y Administración*, 59(1), 9–41. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71242-2](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71242-2)
2. Campoverde, J., Carrillo, M. E., Jiménez Yumbra, J., Roldán Nariño, R., Loyola, D., & Coronel-Pangol, K. (2022). Revisión de la literatura sobre logística inversa, sus aplicaciones y tendencias futuras. *Enfoque UTE*, 13(2), 31–47. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.782>
3. Cure, L., González, J., & Amaya-Mier, R. (2006). Logística inversa: Una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones. *Ingeniería y Desarrollo*, 20, 184–202. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85202013>
4. Duro Novoa, V., & Gilart Iglesias, V. (2016). La competitividad en las instituciones de educación superior: Aplicación de filosofías de gestión empresarial Lean, Six Sigma y Business Process Management (BPM). *Economía y Desarrollo*, 157(2), 166–181. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425548450012>
5. Gómez Montoya, R. A., Correa Espinal, A. A., & Vásquez Herrera, L. S. (2012). Logística inversa: Un enfoque con responsabilidad social empresarial. *Criterio Libre*, 10(16), 143–158. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.16.1167>
6. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª. Ed.). McGraw Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
7. Monroy, X. D. (2023). Industria 4.0 impacta la logística inversa. *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 7(1). <https://doi.org/10.23850/25907441.5277>
8. Olaya, J. L. (2024). Propuesta de mejora en el proceso de elaboración de chocolate de la empresa Sol Nor-teño, basado en el modelo de gestión Lean Manufacturing. *Revista Científica Pakamuros*, 12(2). <https://doi.org/10.37787/k03d1z19>
9. Orozco, D. L. P., Carranza, D. F. B., & Peláez, P. F. S. (2016). Diseño de cadena de abastecimiento bajo el concep-to de logística inversa para el sector manufacturero de papel en la zona centro del Valle del Cauca. *Scientia et Technica*, 21(4). <https://doi.org/10.22517/23447214.13191>
10. Ortiz Porras, J., Salas Bacalla, J., Huayanay Palma, L., Manrique Alva, R., & Sobrado Malpartida, E. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antifiama de Lima, Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
11. Quishpe, F. J. (2021). Análisis y optimización en la producción de envases de cartón, empleando el value stream mapping. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 536–542. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23589>
12. Solano, B. E. C., Limache, N. H., Cyndi, D. P., Gutiérrez, J. N. M., Ríos, V. Y. B., Chura, A. O., & Huamaní, J. T. (2022). Aplicación de la metodología Just in Time (JIT) para aumentar la productividad en las empresas latinoameri-canas. *FitoVida*, 1(2), 24–28. <https://doi.org/10.56275/fitovida.v1i2.11>



LOGÍSTICA INVERSA Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO EN DEVOLUCIONES FARMACÉUTICAS: ESTUDIO DE CASO EN LETERAGO DEL ECUADOR S.A.⁶

Reverse Logistics and Regulatory Compliance in Pharmaceutical Returns: A Case Study at Leterago del Ecuador S.A.

Miguel Valverde-García

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

mavalverde1@utpl.edu.ec

Merino-Vivanco Xavier

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

xrmerino@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo identificar oportunidades de mejora en la logística inversa de Leterago del Ecuador S. A., con énfasis en la trazabilidad de las devoluciones farmacéuticas, la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo. Se aplicó un enfoque mixto sustentado en el análisis de procesos y herramientas de mejora continua. Mediante el modelo SIPOC se representó el flujo de devoluciones desde su origen hasta la emisión de notas de crédito y disposición final, mientras que la técnica de los 5 Porqués permitió determinar las causas de los retrasos, errores de registro y deficiencias de almacenamiento. A partir del diagnóstico, se rediseñaron los procedimientos de recepción, digitalización, clasificación, almacenamiento, preparación y transporte, y se propuso integrar el sistema SAC con un sistema de gestión de almacenes. Los resultados mostraron un incremento del 35 % en la productividad del ingreso de boletas, una reducción de los retrasos de cinco días a uno y la ampliación del área de almacenamiento de 130 a 1.000 m². Además, la efectividad aumentó del 85 % al 95 % y las devoluciones fuera de política disminuyeron del 46 % al 5 %. Se concluye que el rediseño logístico, la automatización, la capacitación y la reorganización del espacio fortalecen la trazabilidad, el cumplimiento regulatorio y la eficiencia operativa.

Palabras clave: cumplimiento normativo; devoluciones farmacéuticas; logística inversa.

ABSTRACT

The study aimed to identify opportunities for improvement in the reverse logistics of Leterago del Ecuador S.A., focusing on the traceability of pharmaceutical returns, operational efficiency, and regulatory compliance. A mixed-methods approach was applied, grounded in process analysis and continuous improvement tools. The SIPOC model was used to map the returns flow from origin to the issuance of credit notes and final disposition, while the "5 Whys" technique helped identify the root causes of delays, recording errors, and storage deficiencies. Based on the diagnosis, procedures for receiving, digitizing, sorting, storing, preparing, and transporting goods were redesigned, and a proposal was made to integrate the SAC system with a warehouse management system. Results showed a 35% increase in productivity regarding return slip processing, a reduction in delays from five days to one, and an expansion of the storage area from 130 m² to 1,000 m². Furthermore, effectiveness rose from 85% to 95%, and returns falling outside policy guidelines dropped from 46% to 5%. The study concludes that logistics redesign, automation, training, and space reorganization strengthen traceability, regulatory compliance, and operational efficiency.

Keywords: regulatory compliance; pharmaceutical returns; reverse logistics.



INTRODUCCIÓN

La logística inversa se ha convertido en un pilar fundamental dentro de la cadena de suministro, especialmente en sectores regulados como el farmacéutico, donde la seguridad del consumidor y el cumplimiento normativo son prioritarios. Este enfoque logístico comprende el conjunto de procesos destinados a la gestión de productos retornados, ya sea para su reutilización, reciclaje o disposición final segura, asegurando la trazabilidad y reduciendo los impactos ambientales (Jean, 2007; Control Group, 2018). En el contexto farmacéutico ecuatoriano, la normativa vigente establece requisitos estrictos sobre el manejo de medicamentos caducados, exigiendo su retiro de circulación al menos 60 días antes de la fecha de vencimiento, tal como lo establece el artículo 175 del Registro Oficial n.º 423 (Ley Orgánica de Salud, 2006).

La empresa Leterago del Ecuador S.A., una de las principales distribuidoras farmacéuticas del país, enfrenta una problemática significativa relacionada con la gestión de devoluciones por vencimiento legal. Estas devoluciones representan un volumen promedio mensual de 5.000 boletas, lo que implica una carga operativa considerable y altos costos asociados a procesos ineficientes, acumulación de productos y demoras en la emisión de notas de crédito. De hecho, los indicadores internos muestran desviaciones críticas en el procesamiento de devoluciones, con pérdidas económicas que alcanzaron los 3 millones de dólares en el cierre de 2022.

Este estudio se enfoca en identificar oportunidades de mejora dentro del proceso de logística inversa de Leterago, proponiendo estrategias que aseguren la trazabilidad, el cumplimiento normativo y la eficiencia operativa. La revisión de literatura muestra que una logística inversa eficaz no solo garantiza la disposición segura de medicamentos vencidos, sino que también fortalece la

reputación empresarial, reduce costos y mejora la relación con proveedores y clientes (Oliveira et al., 2022; Conkta, 2023). Además, las buenas prácticas en almacenamiento farmacéutico, como lo establece la normativa ARCSA (2020), requieren espacios y procedimientos diferenciados para el manejo de devoluciones, lo cual representa un reto logístico que debe ser abordado de manera estructurada.

En este marco, se plantea la implementación de un sistema integral de gestión de devoluciones que responda tanto a los requerimientos legales como a la necesidad de optimización operativa. A través del análisis de procesos actuales, el rediseño de procedimientos y la incorporación de herramientas tecnológicas, se busca establecer un modelo replicable de logística inversa eficiente y sostenible para el sector farmacéutico ecuatoriano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para abordar los problemas detectados en el proceso de logística inversa de la empresa Leterago del Ecuador S.A., se empleó un enfoque metodológico mixto, basado en herramientas de mejora continua y análisis de procesos. La elección metodológica consideró tanto el diagnóstico de las actividades actuales como la propuesta de un rediseño integral orientado a la eficiencia operativa, la trazabilidad y el cumplimiento normativo.

Inicialmente, se aplicó el modelo SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), herramienta reconocida dentro del enfoque Six Sigma, que permite visualizar los elementos clave de un proceso y sus interrelaciones. Esta metodología fue útil para mapear el flujo de devoluciones desde su origen (clientes y farmacias) hasta la emisión de notas de crédito y la disposición final del producto. El modelo facilitó la identificación de actividades críticas, cuellos de botella y falta de estandarización en tareas operativas.

Tabla 1.
Modelo SIPOC aplicado al proceso de devoluciones

Entradas		Proceso	Salidas	Clientes
Farmacias / parte comercial	Boleta de devolución (sin información completa del lote)	Verificación manual, anotación de lote, clasificación por laboratorio, ingreso a sistema	Nota de crédito, mercadería ingresada al sistema y lista para su almacenamiento	Cliente, área de almacén

Nota. El modelo SIPOC permitió visualizar las entradas, actividades críticas y salidas del proceso de devoluciones.

Posteriormente, para profundizar en las problemáticas identificadas, se aplicó la herramienta de análisis de causa raíz conocida como los 5 Porqués, desarrollada por Taiichi Ohno en el marco del Sistema de Producción Toyota. Esta técnica permitió detectar las verdaderas

causas de fallos en la operación logística, más allá de los síntomas visibles. Su aplicación facilitó la formulación de soluciones precisas y dirigidas a la eliminación de ineficiencias estructurales (Businessmap, s.f.).



Tabla 2.
Análisis de inversión en herramientas tecnológicas

Proceso	Costo estimado (USD)	Tiempo estimado	Responsable
Desarrollo en sistema SAC	\$4.000	1 mes	Gerente de Tecnología (TI)
Integración con sistema WMS	\$3.000	2 meses	Gerente de Tecnología (TI)
Implementación total del WMS	\$40.000	6 meses	Jefe de Logística Inversa

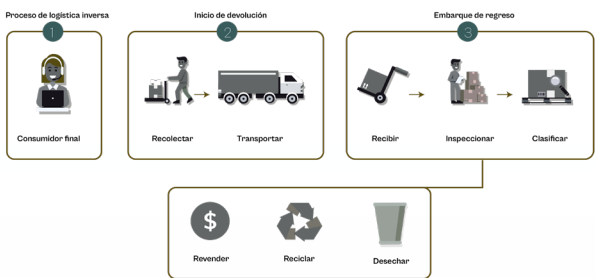
Nota. Los valores corresponden a presupuestos aproximados para la implementación tecnológica requerida.

Con base en los hallazgos anteriores, se propuso un rediseño integral del proceso de logística inversa que contempla las siguientes etapas clave:

- **Recepción:** validación física de productos y boletas de devolución.
- **Ingreso:** digitalización de datos en el sistema de gestión.
- **Almacenamiento:** clasificación según laboratorio, fecha de caducidad y lote.
- **Picking y expedición:** preparación de productos para su retorno a proveedor.
- **Transporte:** envío de productos caducados a plantas de incineración autorizadas.

Este flujo integral se sustenta en el modelo propuesto por Gómez (2010), quien define la logística inversa como un proceso que contempla desde la recolección y clasificación hasta la disposición final o reutilización del producto.

Figura 1.
Proceso integral de logística inversa



Nota. El proceso integra la devolución, recolección, transporte, recepción, inspección y clasificación del producto retornado.

Como parte del rediseño, se contempló el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas mediante el desarrollo de una interfaz en el sistema interno SAC y su integración con un Sistema de Gestión de Almacenes (WMS). Este sistema permitirá gestionar las coordenadas de ubicación, automatizar tareas de trazabilidad y optimizar el uso del espacio físico en almacenes.

Según Giral (2023), los WMS son fundamentales para mejorar la eficiencia en los procesos de logística inversa, ya que permiten rastrear productos devueltos, controlar los flujos internos y asignar recursos de forma óptima. La implementación del sistema integral propuesto implicó el levantamiento de un presupuesto detallado. A continuación, se presentan los costos y tiempos estimados para cada uno de los componentes tecnológicos considerados.

RESULTADOS

Tras la aplicación de la metodología SIPOC, complementada con la herramienta de los 5 porqués, se identificaron múltiples deficiencias estructurales en el proceso de logística inversa de la empresa Leterago del Ecuador S.A. Estas debilidades, principalmente relacionadas con la trazabilidad, los tiempos de procesamiento, la infraestructura y la sistematización, fueron abordadas mediante planes de acción específicos. Los resultados de estos planes se detallan en la Tabla 3.



Tabla 3.
Análisis de inversión en herramientas tecnológicas

Problema	Solución	Avance	Resultado
No se visualiza el lote en la boleta de devolución	Visualización integrada en el sistema para validar lotes según historial de compra	70 %	Mejora del 35 % en la productividad del ingreso de boletas
Vendedores no generan pedidos de devolución	Obligación de generar pedidos durante la visita comercial	100 %	Aplicación efectiva en farmacias y distribuidores
Cadenas grandes no informan sus devoluciones oportunamente	Implementación de carga automática por archivo TXT validado físicamente	100 %	Mejora del 70 % en tiempos de ingreso al sistema
Ausencia de personal especializado para recepción de devoluciones	Asignación de personal con escáneres para control y clasificación	100 %	Reducción de retrasos de 5 días a solo 1 día
Espacio físico inadecuado para el flujo logístico	Relocalización de bodega y rediseño del layout con mayor capacidad	100 %	Optimización del flujo de entrada, almacenamiento y salida
Frecuencia insuficiente de recolección en provincias	Incremento de recolecciones de 1 a 3 veces por semana	100 %	Agilización del ingreso y disminución de acumulación

Nota. Los avances corresponden al porcentaje de implementación alcanzado en cada acción.

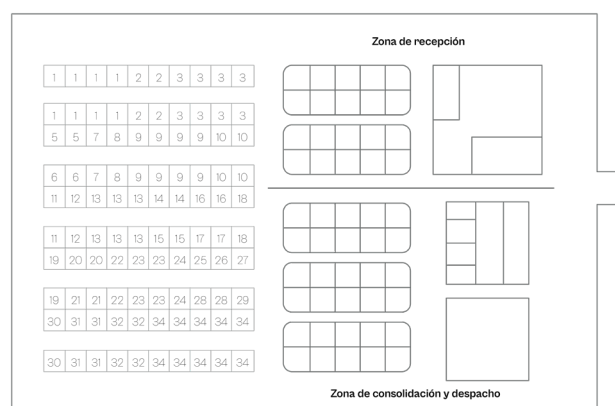
Una de las intervenciones más significativas fue la redistribución del espacio físico destinado a logística inversa. Se amplió el área de almacenamiento de 130 m² a 1.000 m², permitiendo implementar un layout optimizado, segmentado por proveedor, lote y fecha de caducidad. Este rediseño facilitó la asignación eficiente de espacios en función del volumen histórico de devoluciones por laboratorio, favoreciendo el orden, la trazabilidad y la agilidad en el picking.

Figura 2.
Área anterior de logística inversa: espacio limitado sin perchas.



Nota. Esta configuración incrementa los recorridos internos y dificulta el flujo entre recepción, almacenamiento y despacho.

Figura 3.
Nueva bodega de logística inversa con layout optimizado (1.000 m²)



Nota. El layout propuesto organiza las posiciones de almacenamiento, recepción y consolidación-despacho mediante zonas y pasillos definidos.

A pesar de que no fue posible incluir el lote directamente en la boleta de devolución al momento de la generación, se estableció un mecanismo basado en el historial de ventas del cliente para evitar la recepción de lotes no distribuidos por Leterago. Este control mejoró la precisión en el ingreso de devoluciones.

Asimismo, se automatizó el registro de devoluciones de grandes cadenas como Farcomed y Difare mediante la implementación de un archivo TXT, el cual contiene campos clave como código EAN, lote y descripción del producto. Este archivo se carga directamente en el sistema, previa verificación física semanal en las instalaciones del cliente. Esta automatización redujo errores y tiempos operativos de manera significativa.



Otro hito clave fue la capacitación dirigida al equipo comercial, orientada al correcto llenado de las boletas de devolución. La formación fortaleció la cultura organizacional en cuanto a trazabilidad y cumplimiento normativo, y contribuyó a una emisión más oportuna de notas de crédito.

En cuanto al ingreso de productos devueltos, se incorporó un control con escáner y verificación cruzada entre la boleta física y la digital. Este proceso fue acompañado por un KPI de control de efectividad, comparando boletas emitidas vs. ingresadas. El KPI mejoró del 85 % inicial al 95 % al cierre del primer mes de implementación, consolidando un control robusto.

Finalmente, al separar el almacenamiento por proveedor y fechas de vencimiento, se lograron reducir los tiempos de preparación de las devoluciones. Este cambio permitió cumplir con los calendarios de retiro de productos exigidos por los proveedores, disminuyendo las devoluciones fuera de política del 46 % al 5 %, lo cual representa una mejora sustancial tanto en eficiencia como en cumplimiento.

Estos resultados reflejan la eficacia de la combinación de metodologías de análisis de procesos, rediseño logístico y capacitación del personal, lo que coincide con lo expuesto por Gómez (2010) y Giral (2023), quienes destacan que una logística inversa bien gestionada puede generar beneficios operativos, financieros y reputacionales para las empresas.

Contribución de autores (CRediT)

Valverde-García, Miguel¹ participó en la conceptualización, el desarrollo metodológico, el análisis de resultados y la redacción original del manuscrito. Merino Vivanco, Xavier² contribuyó con la revisión crítica, la edición del contenido y la corrección del documento. Todos los autores aprueban la versión final del artículo y se responsabilizan de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). (2020). Normativa técnica sanitaria de buenas prácticas de almacenamiento, distribución y/o transporte para establecimientos farmacéuticos y establecimientos de dispositivos médicos de uso humano. Registro Oficial, Edición Especial N.º 455. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-02/Documento_Buenas-Pr%C3%A1cticas-Almacenamiento-Distribuci%C3%B3n-Transporte-para-Establecimientos-Farmac%C3%A9uticos-Establecimiento-Dispositivos-M%C3%A9dicos-uso-humano_0.pdf
2. Businessmap. (s.f.). Los 5 porqués: La mejor herramienta de análisis de causa raíz. <https://businessmap.io/es/gestion-lean/mejora-continua/los-5-porques-herramienta-de-analisis>
3. Control Group. (2018). Logística inversa: concepto, tipos y utilidad. <https://controlgroup.es/blog/logistica-inversa-concepto-tipos-utilidad>
4. Equipo Editorial Conekta. (2023). Guía completa sobre logística inversa y estrategias efectivas para tus devoluciones. Conekta. <https://www.conekta.com/blog/logistica-inversa>
5. Giral, F. (2023). Logística inversa: ¿Cómo llevarla a cabo? <https://www.netlogistik.com/es/blog/logistica-inversa-y-como-llevarla-a-cabo#:~:text=Los%20WMS%20pueden%20ayudar%20a,los%20procesos%20de%20log%C3%ADstica%20inversa>
6. Gómez Montoya, R. A. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Producción+ Limpia*, 5(2), 63-76. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3875599>
7. Ley Orgánica de Salud. (2006). Suplemento del Registro Oficial N.º 423 del 22 de diciembre de 2006. <https://www.igualdadgenero.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/LEY-ORGANICA-DE-SALUD-LOS.pdf>
8. Obando, R. (2024). Mejora de procesos: Qué es, metodologías, herramientas y ejemplos. HubSpot. <https://blog.hubspot.es/sales/mejora-procesos#:~:text=El%20brainstorming%2C%20al%20ser%20una,los%20procesos%20de%20una%20empresa>
9. Oliveira, C. M., Sena, M. P. M., Sales, C. A., Souza, M. F. R., Melo, R. B. C., Freitas, C. S., Mello, A. G. N. C., & Sena, L. W. P. (2022). O papel do farmacêutico na logística reversa de medicamentos no Brasil: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 11(1), e30611124854. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24854>





OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y TRANSPORTE SOSTENIBLE



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN EN LA EMPRESA PRO-FOOD CORPORATION UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO⁷

Optimization of Distribution Routes at Pro-Food Corporation in Quito

David Solís-Collahuazo

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
dasolis@utpl.edu.ec

Adriana Chamba-González

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
anchamba1@utpl.edu.ec

Carolina Parreño-Bonilla

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
cdparreno1@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar un modelo de optimización de rutas de distribución para Pro-Food Corporation, ubicada en Quito, orientado a reducir los costos operativos, los kilómetros recorridos, el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono. La metodología comprendió la depuración y categorización de la base de clientes, la determinación de frecuencias de visita, la agrupación geográfica mediante coordenadas y el balanceo de las jornadas de atención con herramientas de Microsoft Excel. Posteriormente, se empleó el sistema de gestión de transporte TMS DRIVIN para simular rutas dinámicas y estimar distancias, tiempos, número de vehículos y factores de carga. Los resultados fueron comparados con los registros de 2023 y 2024, mientras que las emisiones directas se calcularon conforme a las directrices del IPCC y al alcance 1 de la norma ISO 14064-1. El escenario proyectado para 2025 evidenció una reducción aproximada del 10,5 % en los gastos de distribución, 1.705 viajes menos y una disminución de 133.395 kilómetros recorridos. Asimismo, el consumo de diésel y las emisiones se reducirían alrededor del 14 %, equivalente a 55 tCO₂eq respecto de 2024. Para 2026 se estimó una reducción de costos del 15,4 %, 2.414 viajes menos y una disminución de 96,4 tCO₂eq. Se concluye que la planificación dinámica de rutas favorece la eficiencia logística, el aprovechamiento de la capacidad vehicular y la sostenibilidad ambiental de las operaciones de distribución.

Palabras clave: distribución logística; eficiencia operativa; gestión de transporte.

ABSTRACT

This study aimed to design a distribution route optimization model for Pro-Food Corporation, located in Quito, in order to reduce operating costs, distance traveled, fuel consumption, and carbon dioxide emissions. The methodology included cleaning and categorizing the customer database, defining visit frequencies, geographically grouping customers through coordinate data, and balancing service schedules using Microsoft Excel tools. The TMS DRIVIN transportation management system was subsequently used to simulate dynamic routes and estimate distances, travel times, vehicle requirements, and load factors. The results were compared with company records from 2023 and 2024, while direct greenhouse gas emissions were calculated according to IPCC guidelines and Scope 1 of ISO 14064-1. The projected 2025 scenario showed an approximate 10.5% reduction in distribution expenses, 1,705 fewer trips, and a decrease of 133,395 kilometers traveled. Diesel consumption and emissions were also projected to decline by approximately 14%, equivalent to 55 tCO₂eq compared with 2024. For 2026, the model estimated a 15.4% cost reduction, 2,414 fewer trips, and a decrease of 96.4 tCO₂eq. It is concluded that dynamic route planning can improve logistics efficiency, vehicle capacity utilization, and the environmental sustainability of distribution operations.

Keywords: logistics distribution; operational efficiency; transport management.

⁷Artículo de Investigación



INTRODUCCIÓN

Para alcanzar la mayor optimización y eficiencia de recursos en las rutas de distribución, es importante trabajar juntamente con la fuerza de ventas y la fuerza logística. Si el input de las frecuencias y días de atención es dado por la fuerza de ventas, se corre el riesgo de tener rutas desproporcionadas e ineficientes. Por otro lado, si el input está a cargo de la fuerza logística, con seguridad se generan problemas en la calidad del servicio.

Contextualizando, las rutas o recorridos de la preventa no son similares a las que se realizan en rutas de distribución por varios factores como la trayectoria, los tiempos de servicio, el sentido de las calles y las condiciones de tráfico. En ese sentido, es importante conocer todas las variables posibles que pueden influir al momento de generar los ruterios, sin dejar de lado la evaluación de los canales de atención, la categoría de clientes, el drop en dólares y el drop en kilogramos.

En función de lo expuesto, el objetivo es generar un rutero de ventas que cubra las necesidades operacionales comerciales y la optimización en las rutas de distribución, logrando así una reducción y una utilización más eficiente de los recursos. Con esta reducción no solo se logra mejorar el gasto sobre la venta, sino que también se aporta al medio ambiente a través de la disminución de la huella de carbono.

Este trabajo plantea la posibilidad de encontrar un método que se adapte a las necesidades actuales de la empresa. En materia de sostenibilidad, su importancia radica en la reducción de la huella de carbono al minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero que se liberan al exterior. En el aspecto social, permitirá otorgar un mejor servicio a la comunidad, además de contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 11 y 13).

El modelo propuesto permite reducir tanto los kilómetros recorridos como el número de camiones utilizados, favoreciendo una opción más sostenible y alineada con los objetivos económicos y ambientales de la empresa. Esto se logrará mediante un software que genera rutas dinámicas, es decir, rutas que se ajustan en tiempo real durante el proceso, respondiendo a situaciones imprevistas como aumentos en el tamaño de los pedidos, cancelaciones de último momento o tráfico (Kucharska, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

En función de la matriz de categorización de clientes, se realizó una depuración de la base actual (rutero de ventas) para fijar las frecuencias de visita para cada cliente. Para determinar los días de atención, se ordenaron los clientes en función del ejecutivo de ventas y la latitud,

con el fin de obtener la mayor concentración por zonas y así evitar desplazamientos innecesarios. Además, mediante fórmulas en Microsoft Excel se ejecutó un balanceo para equilibrar el número de visitas.

Adicionalmente, se utilizó el software de TMS DRIVIN para modelar las rutas según los datos obtenidos, con el objetivo de generar rutas dinámicas y visualizar los recorridos de preventa. Consecuentemente, el sistema arrojó algunos inputs como kilómetros a recorrer, tiempos en ruta, número de camiones requeridos, factor de carga y otros datos propios de la plataforma.

Con el fin de comparar los datos obtenidos, se extrapolaron los resultados de la simulación con datos actuales y se los contrastó con la información correspondiente a los años 2023 y 2024. La información del año 2025 se proyectó en función de la tendencia en el consumo de los meses siguientes, tomando como referencia el porcentaje de participación mensual en 2023 y 2024, proveniente de los cubos de información del ERP.

Para el cálculo de la huella de carbono, se consideraron las directrices sugeridas por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), en las cuales se establece que las emisiones de gases de efecto invernadero se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión respectivo. La norma ISO 14064-1:2006 establece tres alcances para la determinación de la huella de carbono. En este caso se realizará un cálculo de alcance 1, que comprende las emisiones producidas por las operaciones directas de la empresa, derivadas del combustible utilizado por la flota vehicular (Espíndola & Valderrama, 2012).

Bajo este preámbulo, Mangia (2017) indica que la fórmula utilizada para el cálculo de las emisiones de CO₂e derivadas de las operaciones de distribución es:

$$Emisión = \sum [C(lt) * EF_c \left(\frac{t}{lt}\right)] \quad (1)$$

Donde C es la cantidad de combustible utilizado en litros y EF_c es el factor de emisión correspondiente. De acuerdo con la IPCC (2006), los factores de emisión aplicables son:

Tabla 1.
Factor de emisión del combustible utilizado

Tipo de combustible	Factor de emisión (tCO ₂ /L)
Gasolina	0.002242
Diésel	0.002677

Nota. Para el caso de estudio se utilizó el factor de emisión del diésel, al ser el combustible empleado por la flota de vehículos.



RESULTADOS

Una vez analizados los datos obtenidos, se determinó que, respecto al tema de optimización de rutas, en lo que resta del año en curso se podría obtener una reducción del 10,5 % en los gastos de distribución, lo que repre-

senta 1.705 viajes menos y una disminución de 133.395 km (Tabla 2). Para el año 2026 se estima alcanzar una reducción del 15,4 %, equivalente a \$350.966, con 2.414 viajes menos y una disminución proyectada de 234.368 km recorridos. En términos de huella de carbono, esto representa una reducción de 96,4 tCO₂eq.

Tabla 2.
Inputs de transporte

Valores	2023	2024	2025	2025 vs 2024
Costo flete	\$1.376.023,9	\$1.390.075,3	\$1.246.643,1	-10,3 %
Costo mano de obra	\$882.695,0	\$888.305,0	\$793.108,4	-10,7 %
Capacidad (t)	64.955,6	65.522,3	53.960,0	-17,6 %
Eficiencia peso	60 %	61 %	70 %	+14,4 %
Peso producto (t)	37.324,5	38.181,2	37.683,7	-1,3 %
Kms recorridos	875.821,0	927.209,7	793.814,4	-14,4 %
Número de viajes	15.984,0	16.089,0	14.383,8	-10,6 %
Rendimiento ponderado (gal)	24,6	24,6	24,6	0 %
Litros diésel	134.468,0	142.357,9	121.877,3	-14,4 %

Nota. En 2025 disminuyeron los costos de transporte, kilómetros recorridos, número de viajes y consumo de diésel respecto de 2024.

Como se observa en la Tabla 3, existe un incremento del 5 % en la cantidad de tCO₂eq entre 2023 y 2024, lo que proyecta un crecimiento continuo de emisiones en los años siguientes.

No obstante, gracias al método aplicado, como se presenta en la Figura 2, el año 2025 muestra una reducción del 14 % respecto a 2024, equivalente a 55 tCO₂e

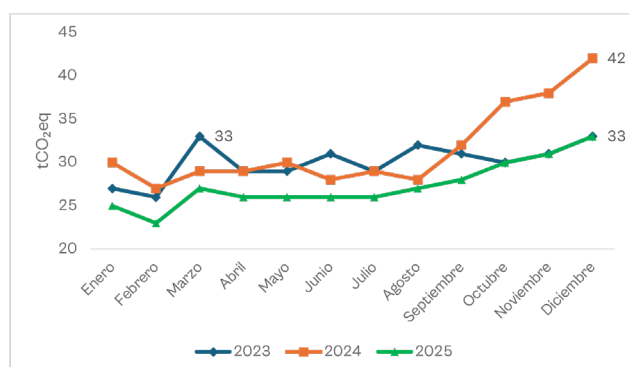
Tabla 2.
Cantidad de emisiones de tCO₂eq y diésel consumido en 2023-2025

Mes	Diésel 2023	Diésel 2024	Diésel 2025	tCO eq 2023	tCO eq 2024	tCO eq 2025
Enero	10.064	11.139	9.329	27	30	25
Febrero	9.833	10.011	8.741	26	27	23
Marzo	12.168	10.857	10.162	33	29	27
Abril	10.894	10.990	9.927	29	29	26
Mayo	10.884	11.196	9.725	29	30	26
Junio	11.579	10.586	9.779	31	28	26
Julio	10.958	11.069	9.704	29	29	26
Agosto	12.103	10.724	10.075	32	28	27
Septiembre	11.534	11.982	10.356	31	32	28
Octubre	11.320	13.928	11.092	30	37	30
Noviembre	11.665	14.362	11.434	31	38	31
Diciembre	12.345	15.514	12.236	33	42	33
TOTAL	134.468	142.358	121.877	360	381	326

Nota. El incremento en octubre, noviembre y diciembre responde a demanda estacional.



Figura 1.
Gráfica de emisiones de CO₂ en el periodo 2023-2025



Nota. La comparación evidencia que 2024 registra el mayor nivel de emisiones del período analizado

Se puede notar que al aplicar el método sugerido se logran beneficios importantes: menor consumo de combustible, menor desgaste de vehículos y mayor rentabilidad logística. Asimismo, se obtiene una mejor planeación de entregas, reducción de tiempos de viaje y satisfacción del cliente.

Como propuesta para disminuir la cantidad de emisiones de CO₂ emitidas al ambiente, se plantea implementar una estrategia de compensación de carbono mediante proyectos de sostenibilidad y reforestación. Esto permitirá, además, solicitar certificaciones ambientales asociadas a la reducción de la huella de carbon.

Contribución de autores (CRediT)

Solís-Collahuazo, David¹ y Chamba-González, Adriana² participaron en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis de resultados y redacción original del manuscrito. Parreño Bonilla, Carolina³ contribuyó con la revisión crítica, edición del contenido y corrección del documento. Todos los autores aprueban la versión final del artículo y se responsabilizan de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
3. International Organization for Standardization (ISO). (2006). ISO 14064-1:2006: Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. ISO. <https://www.iso.org/standard/38381.html>
4. Kucharska, E. (2019). Problema de enrutamiento dinámico de vehículos: disponibilidad de clientes predictiva e inesperada. *Symmetri*, 11(4), 546. <https://doi.org/10.3390/sym11040546>
5. Mangía, J. C. (2017). Cálculo de la huella de carbono de la empresa de servicios logísticos Ransa y determinación de oportunidades de mejora, para la aplicación de sistema de producción más limpia [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio Institucional UISek. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2716>



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS LOGÍSTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN EL TRANSPORTE DE BALANCEADO: CASO CAMARONERAS S.A.⁸

Logistics Route Optimization for CO₂ Emission Reduction in Animal Feed Transport: The Case of Camaroneras S.A.

Luis Guashpa-Yantalema

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

loguashpa@utpl.edu.ec

Betsy Lucas-Espinoza

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

belucas2@utpl.edu.ec

Juan Palacios-Ortega

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

jcpalacios2@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar el transporte de alimento balanceado entre Guayaquil y Machala para reducir el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono generadas por la flota de Camaroneras S. A. El estudio se fundamentó en datos operativos reales correspondientes a una demanda semanal de 250 toneladas, una flota inicial de 30 camiones con capacidad de 8 toneladas por unidad, una distancia promedio de 300 km por viaje de ida y vuelta y un rendimiento de 3 km por litro de diésel. Para evaluar el desempeño ambiental se aplicó un modelo matemático que integró el número de vehículos, los días de operación, la distancia recorrida, el rendimiento de combustible y un factor de emisión de 2,64 kg de CO₂ por litro de diésel. Los resultados mostraron que la demanda semanal puede cubrirse con cinco camiones distribuidos durante siete jornadas, en lugar de movilizar simultáneamente las 30 unidades. El escenario actual registra un consumo estimado de 21.000 litros de diésel y emisiones de 55.440 kg de CO₂, mientras que el escenario optimizado reduciría el consumo a 3.500 litros y las emisiones a 9.240 kg de CO₂.

Palabras clave: Consumo de combustible, eficiencia de flota, emisiones de dióxido de carbono.

ABSTRACT

This study aimed to optimize animal feed transportation between Guayaquil and Machala in order to reduce fuel consumption and carbon dioxide emissions generated by the fleet of Camaroneras S. A. The analysis was based on actual operational data corresponding to a weekly demand of 250 tons, an initial fleet of 30 trucks with an 8-ton capacity per vehicle, an average round-trip distance of 300 km, and a fuel efficiency of 3 km per liter of diesel. Environmental performance was assessed through a mathematical model integrating the number of vehicles, operating days, distance traveled, fuel efficiency, and an emission factor of 2.64 kg of CO₂ per liter of diesel. The results showed that the weekly demand could be fulfilled by operating five trucks over seven working days instead of deploying all 30 vehicles simultaneously. The current scenario requires an estimated 21,000 liters of diesel and generates 55,440 kg of CO₂, whereas the optimized scenario would reduce fuel consumption to 3,500 liters and emissions to 9,240 kg of CO₂.

Keywords: fuel consumption, fleet efficiency, carbon dioxide emissions, sustainable logistics,

INTRODUCCIÓN

En el sector acuícola, uno de los principales desafíos logísticos es garantizar un transporte eficiente de los insumos hacia los centros de producción. En este contexto, el presente estudio analiza el nivel de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generado por una flota de 30 camiones encargados de transportar alimento balanceado desde un depósito hasta una camaronera. Cada unidad completa un viaje de ida y vuelta en un solo día, operación que en conjunto produce aproximadamente 55.440 kilogramos de CO₂. Esta cifra representa un problema ambiental significativo, por lo cual se propone la aplicación de un modelo matemático que permita estimar tanto el consumo de combustible como las emisiones generadas, en función de la cantidad mínima de camiones necesarios para cumplir la carga en una jornada laboral eficiente.

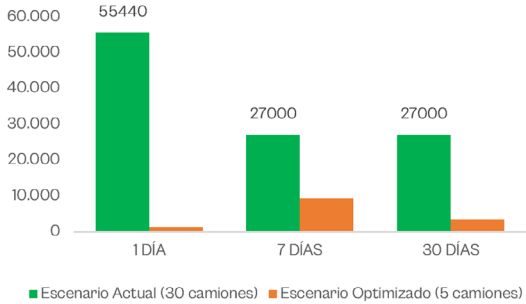
El objetivo principal del presente trabajo es optimizar las rutas de traslado del balanceado con el fin de reducir las emisiones contaminantes de Camaroneras S.A. en el trayecto comprendido entre Guayaquil (punto A) y Machala (punto B). Para ello, se propone el uso de una fórmula específica que permita calcular las emisiones de CO₂ generadas por una flota optimizada capaz de transportar 250 toneladas de balanceado semanalmente.

Ecuador es uno de los principales productores de camarón en Iberoamérica; sin embargo, esta actividad genera impactos ambientales considerables debido al uso intensivo de combustible por parte de los vehículos de transporte, así como por otros componentes propios del sistema productivo acuícola (Huiracocha, 2022, p. 26). Este crecimiento ha impulsado el surgimiento de nuevas empresas orientadas a fortalecer los procesos logísticos mediante el uso de tecnologías que optimicen la producción y, al mismo tiempo, reduzcan los niveles de contaminación ambiental (Escobedo et al., 2024). Un ejemplo de ello es Aqua CRG del Ecuador, que promueve soluciones tecnológicas sostenibles.

Paralelamente, investigaciones como la de Biomar S.A. evidencian que las deficiencias logísticas, especialmente en lo que respecta a la entrega de balanceado, generan retrasos y reprocesos que afectan negativamente la competitividad del sector (Arévalo, 2020). Estos problemas han sido abordados mediante metodologías como el marco lógico, que permiten identificar sus causas y estructurar propuestas de mejora integrales.

En esa misma línea, Cardona (2025) destaca que una logística eficiente requiere un estricto control del consumo de combustible. Por su parte, González (2018) subraya la importancia de calcular con precisión las emisiones de CO₂ generadas por las flotas de transporte, como base para tomar decisiones que favorezcan la sostenibilidad operativa.

Figura 1.
Emisiones del CO₂ según la flota



Nota. La figura compara las emisiones de CO₂ de la flota actual de 30 camiones con el escenario optimizado de cinco unidades en distintos periodos. La reducción de la flota evidencia una disminución significativa de la carga contaminante y una mayor eficiencia operativa.

Según los datos analizados, actualmente la flota de 30 camiones genera 55,44 kilogramos de CO₂ por día. Con una optimización parcial, esta cifra podría reducirse a 27,72 kilogramos diarios. No obstante, al reducir la flota a cinco camiones y aplicar una optimización completa, las emisiones diarias disminuirían drásticamente a 1,32 kilogramos, lo que demuestra el impacto significativo que una estrategia logística adecuada puede tener sobre el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se fundamenta en datos reales provenientes de la operación logística de la empresa Camaroneras S.A., específicamente en el proceso de transporte de alimento balanceado desde la ciudad de Guayaquil hasta Machala. La demanda semanal establecida es de 250 toneladas (t), las cuales deben ser transportadas a través de una flota compuesta actualmente por 30 camiones, cada uno con una capacidad de 8 toneladas.

La operación logística se desarrolla en jornadas laborales de 8 horas diarias, lo cual permite que cada vehículo realice un solo viaje por día. El trayecto entre Guayaquil y Machala (ida y vuelta) comprende una distancia promedio de 300 km, con un tiempo estimado de 4 horas por viaje.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ asociadas al transporte, se adoptó un rendimiento promedio de 3 km/L de diésel, valor obtenido a partir de registros históricos de consumo de la propia flota. El factor de emisión empleado fue de 2,64 kg de CO₂ por litro de diésel, conforme a las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006).

Con estos parámetros, se estimó que la operación semanal genera aproximadamente 55.440 kg de CO₂. Esta cuantificación sirvió como línea base para el análisis.



sis comparativo posterior, orientado a evaluar el impacto ambiental y desarrollar estrategias de optimización de rutas mediante técnicas de modelación logística. Las ecuaciones utilizadas se muestran a continuación:

Ecuación 1. Cálculo del CO₂ total generado por la flota de transporte:

$$CO_2 \text{ total} = N * A * \left(\frac{k}{R}\right) * E$$

Donde:

N: número de camiones

A: número de días de operación

k: kilómetros recorridos por viaje

R: rendimiento del vehículo (km/L)

E: emisión de CO₂ por litro de diésel (kg CO₂/L)

Ecuación 2. Cálculo del número mínimo de camiones requeridos:

$$V_{min} = \left\lceil \frac{C_{total}}{Q * D} \right\rceil$$

Donde:

Ctotal: carga total a transportar (toneladas)

Q: capacidad del camión (toneladas)

D: número de días laborales disponibles

Estas ecuaciones permiten dimensionar de forma más eficiente los recursos logísticos requeridos, determinando la cantidad mínima de vehículos necesarios para cumplir con la demanda semanal sin exceder la jornada laboral y, al mismo tiempo, minimizar las emisiones de gases contaminantes.

RESULTADOS

El objetivo principal de este estudio fue minimizar el costo operativo del transporte de alimento balanceado entre Guayaquil y Machala, considerando variables clave como la distancia total recorrida, el consumo de combustible, el tiempo operativo y las emisiones de CO₂ asociadas.

Para ello, se calculó la flota mínima necesaria para satisfacer la demanda semanal de 250 toneladas (t), a partir de la capacidad útil de los vehículos y las jornadas disponibles. La ecuación utilizada fue la siguiente:

Ecuación 3. Cálculo de la flota mínima requerida:

$$V_{min} = \left\lceil \frac{C_{total}}{Q * D} \right\rceil = \left\lceil \frac{250}{8 * 7} \right\rceil = \left\lceil \frac{250}{56} \right\rceil = 4.46 \rightarrow 5 \text{ camiones}$$

Este cálculo demuestra que la demanda semanal puede cubrirse con solo 5 camiones, distribuyendo la operación a lo largo de siete días laborales, en lugar de movilizar 30 camiones en una sola jornada.

A continuación, se presenta el cálculo de las emisiones de CO₂ bajo este nuevo esquema optimizado:

$$CO_2 = N * A * \left(\frac{k}{R}\right) * E = 5 * 7 * \left(\frac{300}{3}\right) * 2.64 = 9,240 \text{ Kg de } CO_2$$

Al aplicar estos cálculos al escenario actual (30 camiones, 1 jornada), se obtiene un consumo total aproximado de 21.000 litros de diésel, generando 55.440 kg de CO₂. En cambio, bajo el escenario optimizado (5 camiones, 7 jornadas), el consumo se reduce a 3.500 litros de diésel semanales, equivalentes a 9.240 kg de CO₂.

Esta reducción se explica porque el modelo optimizado disminuye la cantidad de vehículos en circulación simultáneamente, lo que reduce el número total de recorridos diarios y, por tanto, el consumo agregado de combustible. Si bien los camiones operan más días, el sistema se vuelve más eficiente al eliminar desplazamientos redundantes y mejorar la utilización de la capacidad de carga de cada unidad.

Tabla 1.
Comparación de escenarios operativos

Parámetro	Escenario actual (30 camiones)	Escenario optimizado (5 camiones * 7 días)
Número de camiones	30	5
Jornadas de operación	1 día	7 días
Capacidad por camión (t)	8	8
Carga semanal total (t)	250	250
Emisiones totales de CO ₂ (kg)	55.440	9.240
Reducción de emisiones (%)	-	83,3 %

Nota. El escenario optimizado mantiene la carga semanal de 250 t con cinco camiones operando durante siete días. Esta redistribución reduce las emisiones de CO₂ de 55.440 a 9.240 kg, equivalente a una disminución del 83,3 %.

La comparación evidencia que, si bien el modelo actual permite cumplir con la entrega total en un solo día, su impacto ambiental y energético es significativamente mayor. Por el contrario, el modelo optimizado redistribuye la operación semanal, lo que:

- aumenta la eficiencia en el uso de la flota (mayor aprovechamiento de la capacidad de carga por unidad);



- reduce el consumo de combustible total al eliminar viajes simultáneos innecesarios;
- disminuye las emisiones de CO₂ en un 83,3 %, contribuyendo directamente a la mitigación del impacto ambiental.

La asignación eficiente de la flota y la planificación operativa permiten una reducción sustancial de emisiones sin comprometer la cobertura logística. Esta estrategia representa un modelo sostenible y replicable en empresas de transporte de carga, alineado con los objetivos de eficiencia energética y responsabilidad ambiental en el sector logístico.

Contribución de autores (CRediT)

Guashpa Yantalema, Luis, y Lucas Espinoza, Betsy realizaron la conceptualización, el desarrollo metodológico, el análisis de resultados y la redacción del borrador original del artículo. Palacios-Ortega, Juan contribuyó con la revisión crítica del contenido, la corrección de estilo, la validación académica y la supervisión general del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arévalo Adams, M. Á. (2020). Propuesta de mejora a los procesos logísticos de la empresa Biomar S.A. [Proyecto de grado para la obtención del título de Tecnólogo en Administración de Empresas, Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología]. Repositorio Institucional ITB. <https://dspace.itb.edu.ec/handle/123456789/2718>
2. Cachimuel-Iza, D. R., Monar-Albán, R. E., Garay-Cisneros, V. A., & Velasquez-Molina, P. G. (2022). Proceso de diseño y planificación de rutas de transporte para mejorar los tiempos de entrega. Polo del Conocimiento, 7(4), 13-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8399926>
3. Cardona, M. M. (2025). La sostenibilidad como desafío para optimizar la logística y el transporte en el e-commerce: Impacto ambiental e implicaciones tributarias. Revista Justicia & Trabajo, (3), 26-26. <https://doi.org/10.69592/2952-1955-EXTRA-MAYO-2025-ART-1>
4. Escobedo, E. S., Grately, J. P., Barrientos, R. E., & Dueñas, A. G. D. (2024). Sostenibilidad en la logística y operaciones. Business Innova Sciences, 5(3), 35-59. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13844550>
5. González, V. (2018). Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en compañía minera Doña Inés de Collahuasi [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/164023>
6. Huiracocha Sáenz, W. A. (2022). Diseño y construcción de un sistema de transporte neumático de retorno de finos y reproceso, para la mejora de procesos de producción en una planta de balanceado [Tesis de maestría, Escuela de Negocios ESPAE, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. DSpace ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/62605>
7. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
8. Jiménez Sánchez, J., & Jiménez Castillo, J. (2016). Logística del autotransporte de carga: Estrategias de gestión. Instituto Mexicano del Transporte. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt483.pdf>
9. Zájia, J. (2024). Indicadores de productividad para la mejora de la calidad en el área de empaque de nutrición animal de una empresa de balanceados ubicada en el cantón Durán [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. DSpace UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26957>



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE ENTREGA PARA REDUCIR EMISIONES CONTAMINANTES MEDIANTE UN MODELO DE ENRUTAMIENTO MULTIMODAL ⁹

Optimization of Delivery Routes to Reduce Pollutant Emissions Using a Multimodal Routing Model

Gabriel Jaramillo-Ochoa

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

gajaramillo@utpl.edu.ec

Fernando Torres-Guzman

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

fetorres@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar y evaluar un modelo sostenible de enrutamiento multimodal para reducir las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia de la distribución de mercancías en la región Sierra del Ecuador. Se trabajó con una red logística simulada integrada por un centro de distribución, puntos de transferencia y destinos clasificados en zonas urbanas, periurbanas e interurbanas. La flota considerada estuvo conformada por camiones, motocicletas y bicicletas de carga, asignados de acuerdo con la distancia, la capacidad requerida y las características geográficas de cada tramo. El modelo integró variables de capacidad, consumo de combustible, costos operativos y factores de emisión, y fue resuelto mediante algoritmos de recocido simulado y algoritmos genéticos. Para evaluar la propuesta se comparó un escenario convencional, basado exclusivamente en camiones, con un escenario multimodal sostenible. Los resultados de la simulación mostraron una reducción de entre el 25 % y el 35 % en las emisiones totales de CO₂, así como una disminución de hasta el 70 % en los tramos urbanos de última milla. También se estimó una reducción de entre el 20 % y el 30 % en la distancia recorrida, un ahorro del 18 % en el consumo de combustible y una disminución de hasta el 22 % en los costos logísticos. Se concluye que el enrutamiento multimodal constituye una alternativa viable para mejorar simultáneamente el desempeño ambiental, económico y operativo de la distribución.

Palabras clave: enrutamiento multimodal; logística verde; transporte sostenible; distribución de última milla; emisiones de dióxido de carbono; optimización de rutas.

ABSTRACT

This study aimed to design and evaluate a sustainable multimodal routing model to reduce pollutant emissions and improve freight distribution efficiency in the Ecuadorian Highlands. A simulated logistics network was developed, comprising a distribution center, transfer hubs, and destinations classified as urban, peri-urban, and interurban areas. The heterogeneous fleet included trucks, motorcycles, and cargo bicycles, which were assigned according to distance, required capacity, and the geographical characteristics of each route segment. The model incorporated vehicle capacity, fuel consumption, operating costs, and emission factors and was solved using Simulated Annealing and Genetic Algorithms. The proposal was evaluated by comparing a conventional scenario based exclusively on trucks with a sustainable multimodal scenario. Simulation results showed a reduction of between 25% and 35% in total CO₂ emissions, with decreases of up to 70% in urban last-mile segments. The model also produced an estimated reduction of between 20% and 30% in total distance traveled, an 18% decrease in fuel consumption, and savings of up to 22% in logistics costs. It is concluded that multimodal routing represents a viable alternative for simultaneously improving the environmental, economic, and operational performance of freight distribution systems.

Keywords: multimodal routing; green logistics; sustainable transportation; last-mile delivery; carbon dioxide emissions; route optimization.



INTRODUCCIÓN

La reducción de emisiones contaminantes derivadas del transporte terrestre se ha convertido en una prioridad mundial. En América Latina, el transporte de mercancías genera aproximadamente el 39 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), cifra que en Ecuador se eleva hasta un 49 %, dada la fuerte dependencia del transporte por carretera (Ariza et al., 2024; Villa Lara, 2025). Estas emisiones están directamente relacionadas con el uso extensivo de vehículos de combustión interna en cadenas logísticas, particularmente en contextos urbanos congestionados y con condiciones geográficas adversas como la región Sierra ecuatoriana (Okyere et al., 2022; Royo et al., 2025).

El uso de transporte público en Ecuador también refleja una demanda significativa de soluciones sostenibles. Según FARO (2020), el 60 % de la población nacional utiliza transporte público, incrementándose a 66 % en la provincia de Pichincha, lo que acentúa la presión sobre sistemas logísticos y de movilidad. Estas condiciones demandan estrategias innovadoras que integren eficiencia logística con criterios ambientales (Dwivedi et al., 2022).

Uno de los enfoques emergentes con mayor potencial es el desarrollo del Green Vehicle Routing Problem (GVRP), una evolución del clásico problema de enrutamiento de vehículos (VRP), que incorpora variables ambientales en la optimización de rutas (Coulombel et al., 2018; Sabet & Farooq, 2022). Este modelo permite planificar rutas considerando el impacto ambiental de cada tipo de vehículo, promoviendo el uso de modos limpios como bicicletas y motocicletas eléctricas para la distribución urbana, especialmente en los últimos kilómetros (Büttgen et al., 2021; Shojaei et al., 2022).

Asimismo, estudios recientes destacan que los sistemas logísticos multimodales permiten reducir significativamente tanto los costos operativos como las emisiones de CO₂, al integrar vehículos pesados para recorridos interurbanos con flotas más ligeras y sostenibles para entregas locales (Derpich et al., 2024; Zhu et al., 2024). Estas prácticas están siendo implementadas con éxito en ciudades europeas y asiáticas, mostrando reducciones de hasta un 60 % en emisiones urbanas mediante el uso de bicicletas de carga y motos eléctricas (Okyere et al., 2022; Shojaei et al., 2022).

En este contexto, el presente estudio propone un modelo de enrutamiento multimodal sostenible aplicado a la región Sierra del Ecuador, combinando camiones, motocicletas y bicicletas. La propuesta busca minimizar las emisiones contaminantes optimizando el uso de cada tipo de vehículo según su idoneidad geográfica y operativa. A través de algoritmos computacionales y un enfoque de sostenibilidad, se pretende demostrar que la optimización logística puede coexistir con la eficiencia ambiental y económica, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos nacionales frente al cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología desarrollada en este estudio se fundamenta en un modelo de enrutamiento de vehículos multimodal con enfoque sostenible, diseñado para minimizar las emisiones contaminantes derivadas de la distribución urbana e interurbana de mercancías. Este modelo se aplicó a una red logística simulada en la región Sierra del Ecuador, considerando características geográficas, urbanas y operativas propias de este contexto. La propuesta busca evaluar el impacto ambiental de diferentes configuraciones de flota y modos de transporte bajo una lógica de reparto de última milla sostenible (Büttgen et al., 2021).

El primer paso metodológico consistió en la definición de la red logística. Se estableció un centro de distribución (CD) principal ubicado en una ciudad nodal, desde el cual se despachan mercancías a varios destinos en ciudades y comunidades aledañas. Estos destinos se agruparon según su ubicación y densidad poblacional para diferenciarlos entre zonas urbanas, periurbanas e interurbanas. A cada destino se le asignó una demanda q_j expresada en kilogramos.

La flota de transporte se definió como heterogénea y conformada por tres tipos de vehículos: camiones, motocicletas y bicicletas de carga. Cada tipo de vehículo se caracterizó por su capacidad de carga (C_i), consumo de combustible por kilómetro recorrido (f_i), costo operativo por kilómetro (K_i) y factor de emisión (E_i), medido en kilogramos de CO₂ por litro de combustible consumido. Por ejemplo, los camiones se emplearon en tramos interurbanos con una capacidad de hasta 3000 kg, un consumo estimado de 0,35 L/km y un factor de emisión de 2,7 kg CO₂/L. Las motocicletas y bicicletas se utilizaron en tramos urbanos y de última milla, con capacidades de 150 kg y 50 kg, respectivamente. Las bicicletas fueron consideradas libres de emisiones (Okyere et al., 2022).

Una vez definidos los parámetros, se formuló un modelo de optimización con el objetivo de minimizar el "costo total" de transporte, entendiendo este como la combinación del costo económico y el impacto ambiental. Para ello, se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Costo total}_{ij} = k_i d_{ij} + \alpha E_i f_i d_{ij}$$

donde d_{ij} representa la distancia entre dos nodos logísticos, y α es un coeficiente de penalización ambiental que permite priorizar rutas más limpias. Este enfoque pondera negativamente los kilómetros recorridos por vehículos más contaminantes, incentivando así el uso de medios sostenibles (Shojaei et al., 2022).

La asignación de vehículos a cada tramo de la ruta se basó en una lógica de segmentación territorial. Los camiones fueron asignados a tramos mayores a 15 km, conectando el centro de distribución con microcentros



urbanos o puntos de transferencia (hubs) en ciudades destino. Desde estos hubs, las motocicletas se encargaron de distribuir pedidos en áreas periurbanas y de mediana distancia (entre 5 y 15 km), mientras que las bicicletas de carga atendieron los sectores urbanos centrales con distancias menores a 5 km. Esta jerarquía operativa fue integrada al modelo mediante restricciones de compatibilidad modal y capacidad máxima de carga.

Para resolver el problema de asignación y generación de rutas, se recurrió a algoritmos metaheurísticos, específicamente Simulated Annealing (SA) y algoritmos genéticos (GA), debido a su eficiencia en encontrar soluciones cercanas al óptimo en problemas de gran escala con múltiples variables (Alvarez & Maheut, 2023). La función objetivo buscó minimizar el costo total agregado de todas las rutas generadas, sujeto a restricciones de capacidad, compatibilidad geográfica y secuenciación de entregas. Este enfoque ha demostrado ser eficaz en otros estudios sobre logística urbana sostenible (Tang et al., 2013).

Se definieron dos escenarios para análisis comparativo. El primero representa la operación actual, donde los camiones realizan todo el proceso de entrega sin segmentación modal. El segundo escenario aplica el modelo propuesto, incorporando la flota multimodal y criterios de sostenibilidad. En cada escenario se calcularon indicadores clave de desempeño, como la distancia total recorrida, consumo de combustible, emisiones generadas, costos operativos y tiempo total de entrega. Estos indicadores permiten evaluar el impacto real de la propuesta en términos ambientales, económicos y logísticos.

RESULTADOS

La aplicación del modelo de enrutamiento multimodal propuesto mostró resultados positivos en términos de eficiencia logística y sostenibilidad ambiental. Al simular la operación bajo dos escenarios: uno tradicional con uso exclusivo de camiones y otro optimizado con flota multimodal; se observaron reducciones significativas en varios indicadores clave de desempeño.

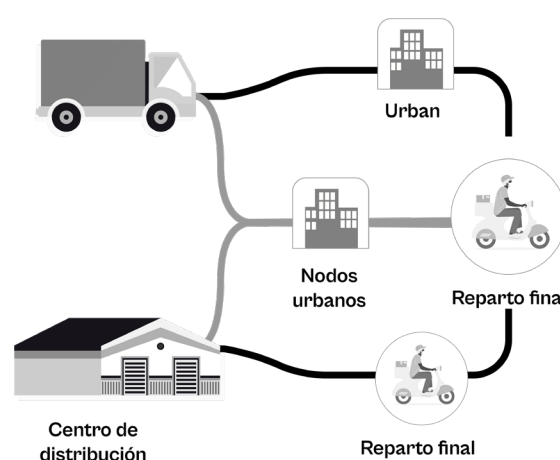
En primer lugar, la emisión total de CO₂ generada por las operaciones logísticas se redujo entre un 25 % y un 35 % respecto al escenario base, dependiendo del nivel de participación de bicicletas y motocicletas en las entregas urbanas. Esta reducción fue especialmente notable en las zonas urbanas densas, donde la sustitución de vehículos de combustión por bicicletas de carga generó una disminución de emisiones de hasta un 70 % en los tramos de última milla, replicando resultados observados en estudios europeos (Büttgen et al., 2021).

Asimismo, se evidenció una disminución del 20 % al 30 % en la distancia total recorrida por la flota, atribuida a la optimización de rutas y a la asignación modal eficiente. La implementación de algoritmos inteligentes de planificación redujo recorridos redundantes y consolidó

entregas en zonas con alta densidad de pedidos. Esto impactó directamente en la eficiencia energética, logrando un ahorro estimado del 18 % en el consumo total de combustible.

Los costos operativos también experimentaron mejoras: la reducción del uso de camiones en zonas urbanas y el aprovechamiento de vehículos más eficientes permitieron una disminución de hasta un 22 % en gastos logísticos, considerando tanto combustible como mantenimiento. Estos resultados respaldan la hipótesis de que las estrategias ambientalmente sostenibles también pueden ser económicamente viables (Sabet & Farooq, 2022).

Figura 1.
Esquema conceptual del modelo de enrutamiento multimodal sostenible



Nota. El esquema representa un modelo de distribución multimodal que articula centros de distribución, nodos urbanos y reparto final mediante vehículos de baja emisión. Esta configuración reduce recorridos, congestión y emisiones en la última milla.

Además de los beneficios cuantificables, se identificaron impactos colaterales positivos relevantes para el entorno urbano. La menor circulación de camiones dentro de las ciudades redujo la congestión vial, el ruido y el riesgo de accidentes, favoreciendo así condiciones de movilidad más seguras y saludables. Esto coincide con estudios que destacan cómo el cambio hacia vehículos más limpios en la distribución urbana mejora la percepción de seguridad vial y la calidad del aire (Sabet & Farooq, 2022).

La aplicación del modelo representa un avance estratégico para las empresas logísticas de la región Sierra del Ecuador. No solo permite una reducción tangible en la huella de carbono logística, sino que también contribuye al cumplimiento de las metas nacionales de mitigación del cambio climático. Además, fomenta la adopción de tecnologías limpias, reduce la dependencia de combustibles fósiles y promueve un modelo operativo resiliente y replicable. Estos logros posicionan a las empresas participantes como agentes de innovación dentro de una transición hacia una logística verde y responsable.

Contribuciones de los autores

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez Gallo, S., & Maheut, J. (2023). Multi-criteria analysis for the evaluation of urban freight logistics solutions: A systematic literature review. *Mathematics*, 11(19), 4089. <https://doi.org/10.3390/math11194089>
2. Ariza Beltrán, K., Moreno, J., & Yory, N. (2024). Transporte de bajas emisiones para cumplir con el Acuerdo de París en América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/transporte-de-bajas-emisiones-para-cumplir-con-el-acuerdo-de-paris-en-america-latina-y-el-caribe>
3. Büttgen, A., Turan, B., Hemmelmayr, V., Evangelista, P., Thompson, R., Kiba-Janiak, M., & Browne, M. (2021). Evaluating distribution costs and CO₂ emissions of a two-stage distribution system with cargo bikes: A case study in the city of Innsbruck. *Sustainability*, 13(24), 13974. <https://doi.org/10.3390/su132413974>
4. Coulombel, N., Dablanc, L., Gardrat, M., & Koning, M. (2018). The environmental social cost of urban road freight: Evidence from the Paris region. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 514–532. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.002>
5. Derpich, I., Duran, C., Carrasco, R., Moreno, F., Fernandez-Campusano, C., & Espinosa-Leal, L. (2024). Pursuing optimization using multimodal transportation system: A strategic approach to minimizing costs and CO₂ emissions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(6), 976. <https://doi.org/10.3390/jmse12060976>
6. Dwivedi, A., Shardeo, V., & Patil, A. (2022). Analysis of recovery measures for sustainable freight transportation. *Journal of Asia Business Studies*, 16(3), 495–514. <https://doi.org/10.1108/jabs-05-2021-0191>
7. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). Estadísticas de Transportes 2021. INEC. <https://anda.inec.gob.ec/anda5/index.php/catalog/944>
8. Okyere, S., Yang, J., & Adams, C. A. (2022). Optimizing the sustainable multimodal freight transport and logistics system based on the genetic algorithm. *Sustainability*, 14(18), 11577. <https://doi.org/10.3390/su141811577>
9. Royo, B., Zhang, Y., Lewis, A., & Dehdari, P. (2025). CO₂ emissions in urban freight transport: Developing and testing the EcoLogistics tool. *Case Studies on Transport Policy*, 20, 101415. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101415>
10. Sabet, S., & Farooq, B. (2022). Green vehicle routing problem: State of the art and future directions. *IEEE Access*, 10, 101622–101642. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3208899>
11. Shojaei, M., Fakhrmoosavi, F., Zockaie, A., Ghamami, M., Mittal, A., & Fishelson, J. (2022). Sustainable transportation networks incorporating green modes for urban freight delivery. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 148(6), 04022028. <https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000669>
12. Tang, X., Zhang, J., & Xu, P. (2013). A multi-objective optimization model for sustainable logistics facility location. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22, 45–48. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.03.003>
13. Villa Lara, V. (2025). Formulación de estrategias para optimizar la descarbonización en empresas de transporte con flota tercerizada: Estudio de caso. *Revista EIA*, 22(44), 1–34. <https://doi.org/10.24050/reia.v22i44.1853>
14. Zhu, P., Lv, X., Shao, Q., Kuang, C., & Chen, W. (2024). Optimization of green multimodal transport schemes considering order consolidation under uncertainty conditions. *Sustainability*, 16(15), 6704. <https://doi.org/10.3390/su16156704>



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LA DISTRIBUCIÓN NACIONAL: UN ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD LOGÍSTICA¹⁰

Transport Route Optimization for Emission Reduction in National Distribution: A Logistics Sustainability Approach

Christian Moreno-Falcony

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
cjmoreno3@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo de optimización de rutas de transporte para reducir las emisiones de dióxido de carbono generadas durante la distribución nacional de mercancías desde un centro de distribución ubicado en Quito hacia más de cien establecimientos comerciales. La metodología integró información histórica de pedidos procedente del sistema interno MAX, datos de geolocalización obtenidos mediante GPS y herramientas de análisis espacial como GeoPandas y OSMnx. El modelo fue implementado en Python mediante un algoritmo del tipo Vehicle Routing Problem con restricciones de capacidad, horarios de atención y condiciones viales. Su función objetivo consistió en minimizar la distancia recorrida y el número de furgones refrigerados, manteniendo una capacidad máxima de 24 pallets por vehículo y los niveles de servicio requeridos. Los resultados mostraron una reducción del 15 % en la flota utilizada, al pasar de 140 a 119 furgones diarios, sin afectar la demanda ni los puntos de entrega. Asimismo, las emisiones asociadas al funcionamiento de los sistemas de refrigeración disminuyeron de aproximadamente 109.597 a 78.293 kg de CO₂ diarios, lo que representa una reducción estimada de 31.304 kg. Se concluye que la automatización de la planificación, la consolidación geográfica de pedidos y el aprovechamiento eficiente de la capacidad vehicular permiten mejorar el desempeño operativo y reducir significativamente la huella de carbono de la distribución nacional.

Palabras clave: análisis geoespacial; emisiones de dióxido de carbono; optimización de rutas; sostenibilidad logística; transporte refrigerado; vehicle routing problem.

ABSTRACT

This study aimed to develop a transport route optimization model to reduce carbon dioxide emissions generated during the nationwide distribution of goods from a distribution center located in Quito to more than one hundred retail establishments. The methodology integrated historical order information obtained from the internal MAX system, geolocation data collected through GPS, and spatial analysis tools such as GeoPandas and OSMnx. The model was implemented in Python using a capacitated Vehicle Routing Problem algorithm that considered vehicle capacity, delivery time windows, and road conditions. Its objective function was to minimize the total distance traveled and the number of refrigerated trucks while maintaining a maximum capacity of 24 pallets per vehicle and the required service levels. The results showed a 15% reduction in the daily fleet, from 140 to 119 refrigerated trucks, without affecting demand coverage or delivery destinations. In addition, emissions associated with refrigeration systems decreased from approximately 109,597 to 78,293 kg of CO₂ per day, representing an estimated reduction of 31,304 kg. It is concluded that automated planning, geographical order consolidation, and efficient vehicle-capacity utilization can improve operational performance and significantly reduce the carbon footprint of nationwide distribution activities.

Keywords: geospatial analysis; carbon dioxide emissions; route optimization; logistics sustainability; refrigerated transport; vehicle routing problem.

INTRODUCCIÓN

La empresa CF, dedicada a la comercialización de alimentos y artículos de primera necesidad, enfrenta actualmente un desafío logístico significativo: la distribución de mercancías desde su centro de distribución (CD) en Quito hacia más de 100 locales ubicados a nivel nacional. En este escenario, alcanzar una mayor eficiencia operativa y adoptar prácticas sostenibles en el transporte se ha vuelto una prioridad estratégica, especialmente considerando el impacto ambiental de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) derivadas del transporte terrestre refrigerado (Robles-Obando, 2017; Herrera Sanz, 2024).

El transporte de mercancías representa una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en la cadena de suministro (Demir et al., 2014), siendo el sector logístico responsable de hasta el 30 % del total de emisiones en algunos países latinoamericanos (Rodríguez Olarte, 2024). Diversos estudios recomiendan la adopción de modelos de logística verde y

herramientas de optimización para minimizar el número de vehículos utilizados, los kilómetros recorridos y, en consecuencia, la huella de carbono de las operaciones (El Moussaoui, 2025; Herrera Sanz, 2024).

Actualmente, el sistema de distribución de CF moviliza diariamente más de 300.000 bultos mediante aproximadamente 150 furgones refrigerados. Cada uno de estos vehículos, equipados con sistemas de refrigeración Thermo King que funcionan con diésel (capacidad de 50 galones), tiene una capacidad de carga máxima de 24 pallets. Sin embargo, se han identificado ineficiencias en la planificación de rutas, debido al despacho fragmentado de pedidos que rara vez llena la capacidad total del vehículo. Este fenómeno genera un uso subóptimo de recursos y un mayor impacto ambiental (Granados, 2023).

Por tanto, el propósito de este estudio es proponer una mejora sustancial en la gestión de rutas y cargas a través de un enfoque de logística sostenible, con base en datos reales de geolocalización, demanda de productos y herramientas tecnológicas de simulación. La planificación óptima del transporte puede lograr no solo una mejora en la eficiencia operativa y económica, sino también una disminución considerable en el consumo de combustible y emisiones contaminantes (Aroca Babich & Lurbe, 2025).

Este análisis se justifica aún más si se considera que las emisiones generadas únicamente por los sistemas de refrigeración en la operación diaria de la empresa ascienden a 109.597 kg de CO₂, basadas en los siguientes parámetros: consumo promedio de 0,8 gal/hora por unidad, velocidad media de 60 km/h y una emisión estimada de 10,21 kg de CO₂ por galón de diésel, de acuerdo con datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2020).

En la Tabla 1 se presenta la distribución actual de furgones utilizados por zonas del país, donde se evidencia un uso elevado que puede ser objeto de racionalización

Tabla 1.
Cantidad de furgones utilizados para un despacho diario de 330.000 bultos

Zona	Total furgones sin optimización
Zona Costa Centro (Guayas)	45
Zona Sur (Cuenca)	27
Zona Costa Norte (Manta)	26
Zona Norte (Ibarra)	21
Zona Centro (Ambato)	21
Total general	140

Nota. La operación requiere 140 furgones para despachar diariamente 330.000 bultos, con mayor concentración en la zona Costa Centro (45 unidades). La distribución territorial evidencia oportunidades de optimización mediante consolidación de carga y reducción de vehículos subutilizados.

Además, como se observa en la Tabla 2, existen pedidos que no aprovechan la capacidad total de carga de los furgones, especialmente en la zona Sur. Esta situación genera una utilización ineficiente de los vehículos, incrementando el número de unidades necesarias para cubrir la demanda. Como consecuencia, aumentan los costos operativos, el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes, afectando la eficiencia logística y el impacto ambiental de la distribución

Tabla 2.
Cantidad de pallets solicitados por locales de la zona Sur

Local	Pallets solicitados
1D_Aki Azogues	20
1D_Juguetón La Pradera_seco	20
1D_Aki Pasaje	13
1D_Super Aki Pasaje	12
1D_Aki Santa Rosa	14
1D_Aki Huaquillas	19
1D_Juguetón Machala_seco	15
1D_Aki Machala	9
1D_Megamaxi Machala	6

Nota. La demanda de la zona Sur varía entre 6 y 20 pallets por local, con mayor concentración en Aki Azogues, Juguetón La Pradera y Aki Huaquillas. Esta dispersión evidencia la necesidad de consolidar pedidos y ajustar la asignación vehicular según la capacidad requerida.



La Figura 1 ilustra un caso típico de recorrido desde el CD hasta un local en Machala, reflejando las distancias considerables que deben cubrirse y el impacto que esto tiene sobre el consumo de combustible.

Figura 1.
Distancia que recorre un furgón desde el CD hasta un local de Machala



Nota. La ruta entre el centro de distribución y Machala comprende aproximadamente entre 509 y 538 km, con tiempos estimados superiores a nueve horas. Esta distancia incrementa el consumo de combustible, los costos operativos y la necesidad de optimizar la consolidación de carga.

Este uso intensivo de furgones refrigerados genera aproximadamente 109.597 kg de CO₂ diarios, exclusivamente por el funcionamiento del sistema Thermo King. Este cálculo se basa en:

- Distancia promedio del viaje,
- Tiempo de desplazamiento por ruta,
- Velocidad media del cabezal: 60 km/h,
- Consumo promedio del sistema de refrigeración: 0,8 gal/hora,
- Emisión de 10,21 kg de CO₂ por galón de diésel, según la EPA.

Este contexto justifica la necesidad de adoptar estrategias de optimización en la gestión de rutas y carga, orientadas hacia un modelo logístico más eficiente y ambientalmente responsable. El presente trabajo propone una solución integral basada en técnicas de optimización y sustentabilidad, alineada con los principios de logística verde recomendados por organismos internacionales y estudios recientes.

Tabla 3.
Emisiones diarias de CO₂ generadas por 140 furgones refrigerados

Zona	Total furgones sin optimización	Emisión (kg de CO ₂)
Zona Costa Centro (Guayas)	45	2.573,10
Zona Sur (Cuenca)	27	54.185,70
Zona Costa Norte (Manta)	26	33.957,64
Zona Norte (Ibarra)	21	11.076,42
Zona Centro (Ambato)	21	7.804,52
Total furgones	140	109.597,00

Nota. Las emisiones diarias de los 140 furgones refrigerados ascienden a 109.597 kg de CO₂, con mayor concentración en las zonas Sur y Costa Norte. La variación territorial responde a las diferencias en distancia, tiempo de recorrido y consumo del sistema de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar un modelo de optimización de rutas de transporte centrado en la minimización de emisiones de CO₂, sin comprometer la eficiencia ni la capacidad operativa del sistema de distribución. La investigación se enfocó en la identificación y aplicación de técnicas cuantitativas y computacionales que permitieran reducir el número de furgones refrigerados necesarios para cubrir más de 100 locales a nivel nacional, manteniendo los niveles de servicio requeridos.

Para ello, se implementó una metodología estructurada en varias fases. En primer lugar, se recopiló información logística operativa a partir del sistema digital interno "MAX", una plataforma que permite a los gerentes de cada punto de venta ingresar pedidos de forma precisa y en tiempo real. Esta herramienta alimenta una base de datos centralizada en el centro de distribución, desde donde se obtiene el historial de pedidos segmentado por local, día y mes. Esta base de datos permitió identificar patrones de consumo, volúmenes de pallets solicitados y frecuencias de entrega, insumos fundamentales para la planificación logística.

En segundo lugar, se recolectó información geoespacial mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) instalado en los furgones. A partir de estas coordenadas, se generaron mapas de localización y rutas actuales utilizando herramientas de análisis espacial basadas en sistemas de información geográfica (GIS), en combinación con librerías especializadas de Python como GeoPandas y OSMNX. Estas tecnologías permitieron calcular distancias reales entre puntos de entrega, tiempos estimados de recorrido y topología vial, considerando las condiciones geográficas del país y restric-

ciones por zona, tales como horarios de tráfico y acceso urbano restringido (Rodríguez Olarte, 2024).

El modelo de optimización fue implementado en Python mediante algoritmos de tipo Vehicle Routing Problem (VRP) con restricciones de capacidad. La función objetivo del modelo fue minimizar la distancia total recorrida por los furgones y, por lo tanto, el consumo de diésel de los sistemas de refrigeración, directamente relacionado con las emisiones de CO₂. El algoritmo permitió agrupar geográficamente los pedidos y asignar rutas eficientes a cada unidad, respetando la capacidad máxima de 24 pallets por furgón, los horarios de atención de los locales y las condiciones viales del trayecto (Toth & Vigo, 2014).

Con las rutas óptimas generadas, se simuló el impacto ambiental del nuevo modelo. Se consideró un consumo promedio de 0,8 galones de diésel por hora del sistema Thermo King y un factor de emisión de 10,21 kg de CO₂ por galón, según los datos de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA, 2020). Esta estimación permitió cuantificar con precisión las emisiones generadas y compararlas con el escenario base, demostrando una reducción significativa en la huella de carbono de la operación logística.

En conjunto, la metodología adoptada demostró ser eficaz para enfrentar los desafíos actuales del transporte de última milla en contextos de alta demanda y dispersión geográfica, a través de un enfoque técnico, ambientalmente responsable y respaldado por tecnologías de análisis espacial y optimización computacional.

RESULTADOS

La implementación del modelo de optimización mediante programación en Python permitió generar mejoras significativas en la planificación logística diaria. Como principal resultado, se logró una reducción del 15 % en la cantidad de furgones refrigerados utilizados, al reorganizar estratégicamente la distribución de los pallets entre los diferentes locales a nivel nacional. Esta mejora no solo refleja una optimización operativa, sino que representa un impacto positivo directo en el consumo de diésel y en la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Con base en los datos originales, la operación diaria requería el uso de 140 furgones refrigerados para el despacho de más de 300.000 bultos. Sin embargo, tras aplicar el modelo de optimización, esta cantidad se redujo a 119 furgones, manteniendo la misma demanda de pallets y puntos de entrega. La Tabla 4 presenta el desglose por zonas geográficas tras la aplicación del modelo.

Tabla 4.
Reducción del 15 % de vehículos

Zona	Total furgones con optimización	Emisión (kg de CO ₂)
Total Zona Costa Centro (Guayas)	40	2.573,10
Total Zona Sur (Cuenca)	23	54.185,70
Total Zona Costa Norte (Manta)	22	33.957,64
Total Zona Norte (Ibarra)	17	11.076,42
Total Zona Centro (Ambato)	17	7.804,52
Total general	119	109.597,00

Nota. Las emisiones diarias de los 140 furgones refrigerados ascienden a 109.597 kg de CO₂, con mayor concentración en las zonas Sur y Costa Norte. La variación territorial responde a las diferencias en distancia, tiempo de recorrido y consumo del sistema de refrigeración.

Esta mejora fue posible gracias a que el algoritmo desarrollado en Python permitió agrupar locales cercanos dentro de un mismo furgón, maximizando su capacidad de carga (24 pallets) y respetando las restricciones logísticas operativas. La Tabla 5 resume cómo se realizó esta agrupación eficiente, lo cual evitó viajes subutilizados y optimizó el uso de cada unidad de transporte.

Tabla 5.
Optimización con Python

Zona	Locales	Despacho 1 (pallets)	Despacho 2 (pallets)
Zona Sur	1D_Aki Azogues	20	-
Zona Sur	1D_Juguetón La Pradera_seco	20	-
Zona Sur	1D_Aki Pasaje / 2D_Super Aki Pasaje	13	12
Zona Sur	1D_Aki Santa Rosa	14	-
Zona Sur	1D_Aki Huaquillas / 2D_Megamaxi Machala	19	6
Zona Sur	1D_Juguetón Machala_seco / 2D_Aki Machala	15	9

Nota. La optimización mediante Python consolida locales cercanos y distribuye los pedidos en despachos de hasta 24 pallets. Esta asignación reduce viajes subutilizados y mejora el aprovechamiento de la capacidad vehicular.

Desde el punto de vista ambiental, este ajuste logístico tuvo un impacto directo en la reducción de emisiones de CO₂. Específicamente, se pasó de una emisión estimada de 109.597 kg de CO₂ diarios (con 140 furgones) a una nueva cifra de 78.293 kg, representando una disminución de 31.304 kg de CO₂ diarios, únicamente considerando el uso de los sistemas de refrigeración Thermo King. Este resultado se presenta en las Tablas 6 y 7.



Tabla 6.
Emisiones de CO₂ generadas por zona utilizando 119 furgones refrigerados (con optimización)

Zona	Total furgones con optimización	Emisión (kg de CO ₂)
Total Zona Costa Centro (Guayas)	40	2.286,00
Total Zona Sur (Cuenca)	23	46.125,30
Total Zona Costa Norte (Manta)	22	28.716,03
Total Zona Norte (Ibarra)	17	8.967,27
Total Zona Centro (Ambato)	17	6.128,40
Total furgones	119	78.223,00

Nota. Con la optimización a 119 furgones, las emisiones diarias se reducen a 78.223 kg de CO₂, concentrándose principalmente en las zonas Sur y Costa Norte. Esto representa una disminución de 31.374 kg frente al escenario inicial de 109.597 kg.

Tabla 7.
Comparación de emisiones de CO₂ antes y después de la optimización

Escenario	Furgones	Emisión estimada (kg CO ₂)
Sin optimización	140	109.597
Con optimización (modelo Python)	119	78.293
Reducción estimada	-21	-31.304

Nota. La optimización reduce la flota de 140 a 119 furgones y las emisiones estimadas de 109.597 a 78.293 kg de CO₂. Esto representa una disminución del 15 % en vehículos y del 28,6 % en emisiones.

Estos resultados demuestran que una correcta automatización en la planificación logística permite no solo ahorrar recursos operativos y económicos, sino también contribuir activamente a la sostenibilidad ambiental. Aunque el estudio se centró en las emisiones de los

sistemas de refrigeración, se prevé que la reducción del número de viajes también genere una disminución considerable en el consumo de diésel de los cabezales, lo cual podría reforzar aún más los beneficios medioambientales del modelo propuesto.

Contribución de autores (CRedit)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aroca Babich, A., & Lurbe, R. M. (2025). Logística, energía y sostenibilidad, revisión de literatura. AACINI - Revista Internacional de Ingeniería Industrial, 4(2), 14-31. <https://riii.fi.mdp.edu.ar/index.php/AACINI-RIII/article/view/125>
2. Demir, E., Bektaş, T., & Laporte, G. (2014). A review of recent research on green road freight transportation. European Journal of Operational Research, 237(3), 775-793. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.033>
3. El Moussaoui, A. E. (2025). Impact of logistics pooling on reduction of CO₂ emissions in last-mile logistics. Management & Sustainability: An Arab Review, 4(2), 383-401. <https://doi.org/10.1108/msar-04-2024-0023>
4. Granados, O. (2023). Diagnóstico de la gestión logística de la empresa Ciclo Especial: Propuesta de mejoras en procesos de almacenamiento, embalaje y entrega de productos que permitan el fortalecimiento empresarial y del sector de la movilidad sostenible [Proyecto aplicado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66779>
5. Herrera Sanz, L. (2024). Emisiones de CO₂ y huella de carbono en el transporte de mercancías [Tesis de titulación, Universidad de Valladolid]. UVaDOC. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/71289>



6. Robles-Obando, N. (2017). Optimización de la cadena de suministros mediante un modelo que incorpora su impacto en el cambio climático. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 118–129. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3416>
7. Rodríguez Olarte, J. A. (2024). Modelo de simulación por eventos discretos para calcular las emisiones de CO₂ en la logística de última milla de una compañía textil en Colombia para distintas políticas de distribución y consolidación [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87541>
8. Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2014). *Vehicle routing: Problems, methods, and applications* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch1>
9. United States Environmental Protection Agency. (2020). Greenhouse gas emissions from a typical passenger vehicle. <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>



OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE ENTREGA PARA REDUCIR EMISIONES CONTAMINANTES EN ÚLTIMA MILLA UBICADA EN EL CENTRO DISTRIBUCIÓN QUITO NORTE AJECUADOR¹¹

Optimization of Delivery Routes to Reduce Pollutant Emissions in Last-Mile Operations at the AJECUADOR Quito North Distribution Center

Jefferson Viteri-Luna

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

jpviteri3@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar las rutas de distribución de última milla del Centro de Distribución Quito Norte de AJECUADOR mediante la incorporación de herramientas tecnológicas orientadas a mejorar la eficiencia operativa y reducir las emisiones asociadas al transporte urbano. Se aplicó un enfoque mixto, descriptivo-explicativo y de campo, que integró observación estructurada, revisión documental de registros de rutas y ventas, y entrevistas semiestructuradas al personal responsable de la planificación logística. Participaron 33 colaboradores, entre personal administrativo y transportistas, y la observación se efectuó durante seis jornadas consecutivas. El diagnóstico evidenció desequilibrios en la asignación de clientes y cargas, sobreutilización de determinadas unidades y limitaciones del software MAP INFO, cuyo proceso de planificación requería entre 60 y 120 minutos y no validaba automáticamente la capacidad vehicular ni las restricciones operativas. Como alternativa, se evaluaron las plataformas Efetexia y SimplyRoute, capaces de procesar la información en menos de ocho minutos e integrar variables como capacidad de carga, número de clientes, condiciones viales y tiempos de entrega. Los resultados muestran que la automatización propuesta reduce significativamente el tiempo de planificación, los ajustes manuales y el riesgo de errores operativos.

Palabras clave: eficiencia operativa; logística sostenible; optimización de rutas; software de enrutamiento; transporte urbano; última milla.

ABSTRACT

This study aimed to optimize last-mile distribution routes at AJECUADOR's Quito North Distribution Center by incorporating technological tools designed to improve operational efficiency and reduce transport-related emissions in urban areas. A mixed, descriptive-explanatory, and field-based approach was applied, integrating structured observation, documentary analysis of route and sales records, and semi-structured interviews with personnel responsible for logistics planning. A total of 33 employees participated, including administrative staff and drivers, while operational activities were observed over six consecutive working days. The diagnostic assessment revealed imbalances in customer and load allocation, overutilization of certain vehicles, and significant limitations in the MAP INFO software. Route planning with this system required between 60 and 120 minutes and did not automatically validate vehicle capacity or operational restrictions. Efetexia and SimplyRoute were evaluated as technological alternatives capable of processing information in less than eight minutes and integrating variables such as load capacity, number of customers, road restrictions, and estimated delivery times. The results show that the proposed automation significantly reduces planning time, manual adjustments, and the risk of operational errors.

Keywords: operational efficiency; sustainable logistics; route optimization; routing software; urban transport; last-mile delivery.



INTRODUCCIÓN

AJECUADOR forma parte de una multinacional de bebidas de origen peruano con más de tres décadas de trayectoria en el mercado internacional, presente en más de 20 países en Latinoamérica, Asia y África. Actualmente, se posiciona como la cuarta compañía en volumen de ventas de bebidas sin alcohol y el tercer mayor productor mundial de bebidas carbonatadas, con un portafolio que incluye marcas como BIG COLA, Cielo, Pulp, Sporade y Volt (AJEGROUP, 2023). La expansión de su operación comercial ha incrementado el tránsito de mercancías en contextos urbanos, generando retos logísticos vinculados con eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental.

En el contexto actual, la sostenibilidad logística se ha consolidado como un elemento estratégico dentro de la cadena de suministro, al integrar criterios ambientales, económicos y sociales en la gestión empresarial (Reynolds, 2024). Diversos estudios destacan que las organizaciones con prácticas logísticas sostenibles reducen costos operativos, mejoran la imagen corporativa y mitigan el impacto ambiental generado por el transporte (Bertolini et al., 2024; Sun & Li, 2025). Particularmente, la distribución urbana (especialmente la etapa de última milla) concentra aproximadamente el 40 % de los costos logísticos totales y representa entre el 20 % y el 30 % de las emisiones contaminantes del transporte urbano (Ayadi et al., 2024; Muriel et al., 2022).

La última milla cobra especial relevancia en ciudades con alta densidad vehicular, como Quito, donde la congestión, las restricciones vehiculares y la morfología urbana compleja intensifican el uso de combustibles fósiles y la generación de CO₂ (Akkad & Bányai, 2020). Frente a estos desafíos, la optimización de rutas basada en herramientas tecnológicas y modelos matemáticos surge como una alternativa eficaz para reducir tiempos de entrega, mejorar la asignación de flota y disminuir emisiones asociadas al transporte (Lei et al., 2024; Yin, 2025). Además, soluciones con algoritmos de enrutamiento permiten integrar variables como capacidad del vehículo, tráfico, demanda de clientes y restricciones geográficas, aumentando la productividad y sostenibilidad operativa (Comi et al., 2018).

El presente trabajo tiene como propósito optimizar las rutas de distribución de AJECUADOR en su centro de distribución Quito Norte mediante la incorporación de soluciones tecnológicas que permitan planificar la última milla con criterios de eficiencia logística y reducción de emisiones contaminantes. Con ello se busca no solo incrementar la productividad y la reducción de tiempos operativos, sino también contribuir a los objetivos de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social empresarial alineados con los estándares globales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enmarca en un enfoque mixto de tipo descriptivo-explicativo, dado que combina el análisis cualitativo de los procesos operativos con la evaluación cuantitativa del desempeño logístico, permitiendo comprender el comportamiento actual de la distribución de última milla y proyectar mejoras mediante soluciones tecnológicas (Hernández-Sampieri, 2018). El estudio es de campo, ya que se realizó en el entorno real de operación del centro de distribución AJECUADOR Quito Norte, donde se observaron los flujos logísticos, la asignación de rutas y el comportamiento del transporte en operación diaria.

La población estuvo conformada por el personal operativo involucrado en la distribución final de productos. La muestra se seleccionó mediante muestreo intencional o de criterio, debido a que únicamente participaron actores directamente vinculados a la planificación y ejecución de la última milla, con el fin de garantizar información pertinente y específica para el diagnóstico (Otzen & Manterola, 2017). En total participaron 33 colaboradores, distribuidos entre 5 miembros administrativos encargados de la planificación, control y validación documental, y 28 transportistas responsables de la ejecución de rutas y operación vehicular, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1.
Colaboradores participantes del centro de distribución AJECUADOR Quito Norte

Área	Cantidad
Administración	5
Transportistas	28
Total	33

Nota. La tabla presenta la distribución del personal involucrado directamente en la planificación y ejecución de la última milla.

Para la recolección de datos se empleó la observación estructurada, seleccionada por su pertinencia para documentar procesos operativos reales, identificar fallos logísticos recurrentes y registrar conductas no declaradas por los trabajadores, elementos clave para el análisis de mejoras en el diseño de rutas. Se aplicó una ficha protocolizada de observación construida en tres categorías: capacidad de carga por unidad y su uso real; distribución de clientes por ruta y desbalances operativos; y tiempos requeridos en las etapas de planificación, asignación y ejecución de la distribución. Esta observación se realizó durante seis jornadas consecutivas en turnos de distribución, permitiendo identificar patrones de sobrecarga vehicular, ausencia de criterios técnicos en la asignación de camiones y desbalances en la distribución de clientes.



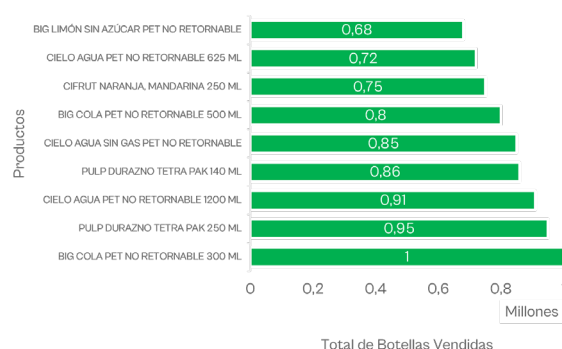
La observación se complementó con una revisión documental de registros de rutas y ventas correspondientes a los meses de enero a abril, que permitió analizar volúmenes distribuidos, kilometraje por vehículo, zonas de cobertura y frecuencia de visitas. Además, se aplicaron entrevistas semiestructuradas al analista de transporte y al administrador del centro de distribución, con el propósito de corroborar la información obtenida y comprender la operatividad y limitaciones del software vigente empleado para la planificación.

Previo a la implementación de las soluciones tecnológicas propuestas, se realizó una validación técnica comparativa entre el software MAP INFO utilizado previamente por la empresa y las plataformas Efleetixia y SimplyRoute. La validación consistió en pruebas piloto de ingreso de datos, en las cuales se registró que MAP INFO requería entre 60 y 120 minutos para generar rutas, mientras que Efleetixia y SimplyRoute procesaron la información en menos de 8 minutos. En esta fase también se verificó la capacidad de las plataformas para validar restricciones operativas, tales como la capacidad máxima de carga por vehículo, el número de clientes por ruta y la identificación de restricciones viales específicas de la ciudad de Quito. Finalmente, se evaluó la compatibilidad entre las herramientas tecnológicas y los procesos internos del centro de distribución, verificándose la comunicación automática entre las áreas de preventa, liquidación de stock y facturación. La validación técnica evidenció que las herramientas propuestas cumplieran con los requerimientos de eficiencia operativa y mitigación de errores humanos, lo cual coincide con prácticas recomendadas para la optimización sostenible de rutas en entornos urbanos (Lei et al., 2024; Muriel et al., 2022).

RESULTADOS

Con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en la planificación logística del centro de distribución AJECUADOR Quito Norte, se llevó a cabo un análisis detallado de los datos correspondientes al primer cuatrimestre del año. Durante el período comprendido entre enero y abril, se registró un volumen total de ventas de 10.021.836 botellas, destacándose como productos más comercializados la BIG COLA PET retornable de 300 ml, el Pulp durazno Tetra Pack de 250 ml y el agua Cielo de 1200 ml. Esta información se resume en la Figura 1, la cual presenta el desglose general de ventas por categoría de producto.

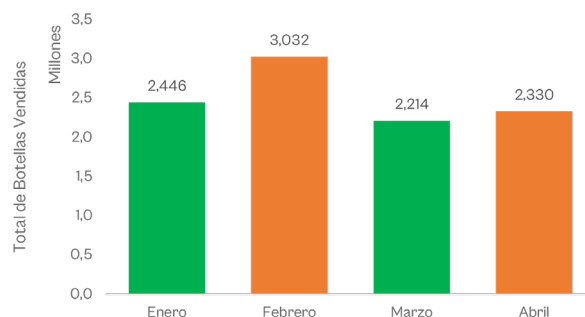
Figura 1.
Datos de ventas



Nota. Las ventas por producto oscilan entre 0,68 y 1,00 millones de botellas, con mayor participación de BIG COLA PET 300 ml, Pulp Durazno 250 ml y Cielo Agua 1200 ml. La distribución evidencia una demanda relativamente concentrada en estos productos.

El análisis mensual evidenció que febrero fue el mes con mayor demanda, con un total de 3.031.763 botellas vendidas, como se representa en la Figura 2, que muestra la progresión de ventas en los cuatro meses analizados. Este comportamiento estacional permitió identificar picos de actividad que afectan directamente la distribución y el uso de la flota de transporte.

Figura 2.
Ventas enero-abril

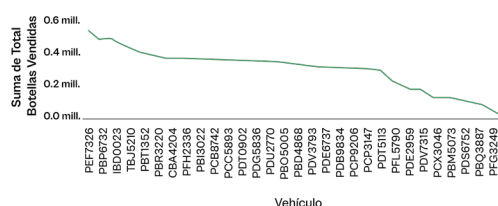


Nota. Las ventas alcanzaron su máximo en febrero, con 3,032 millones de botellas, y descendieron en marzo a 2,214 millones. En abril se observa una recuperación moderada, aunque sin alcanzar el nivel registrado en febrero.

Respecto a la distribución, se analizó la trazabilidad de los camiones que operan en el centro logístico. El vehículo con mayor volumen de entregas fue el de placa PFF3726, con 564.064 botellas distribuidas, asignado principalmente a rutas foráneas. La Figura 3 presenta el comportamiento de los distintos vehículos, destacando el volumen por unidad, lo que permitió detectar desequilibrios en la asignación de carga y áreas de sobreutilización.



Figura 3.
Ventas por unidad de transporte (enero-abril)



Nota. La distribución evidencia una alta concentración de ventas en pocas unidades de transporte y una disminución progresiva entre los vehículos restantes. Este comportamiento revela desequilibrios en la asignación de carga y posibles niveles de subutilización de la flota.

En relación con la herramienta utilizada para la planificación de rutas, se identificó que el software actual, MAP INFO, presenta limitaciones significativas. Aunque se trata de un sistema de información geográfica (SIG), carece de licencias activas y presenta una interfaz compleja para el usuario. Según lo indicado por el analista de transporte y el administrador del centro, el proceso de amarre de rutas puede tomar entre 1 y 2 horas, debido a su bajo nivel de automatización y a la necesidad de realizar ajustes manuales. Además, el sistema no valida automáticamente la capacidad de carga ni la cantidad de clientes asignados por camión, lo que incrementa la probabilidad de sobrecargas o rutas ineficientes, como se observa en la Figura 4.

Figura 4.
Software MAP INFO



Nota. El software MAP INFO permite visualizar la distribución territorial de clientes, zonas y rutas de reparto. Sin embargo, su limitada automatización y validación de capacidad dificultan la optimización integral de la planificación logística.

La flota operativa está compuesta por camiones tercerizados de aproximadamente 2,8 toneladas de capacidad, los cuales deben enfrentar restricciones propias de la ciudad de Quito, como pico y placa, alta congestión vehicular y condiciones geográficas adversas, lo que refuerza la necesidad de un sistema de planificación más robusto y adaptable.

Para superar estas deficiencias, se propuso la incorporación del software Efetexia, en conjunto con SimplyRoute, como soluciones tecnológicas orientadas a la optimización de rutas. Estas herramientas permiten integrar datos desde el área comercial (preventa) y el área de liquidación (stock disponible) en un proceso de ingreso automatizado de menos de 5 minutos. A partir

de esa información, se ejecutan algoritmos de optimización logística que consideran restricciones como capacidad de carga, número de clientes por ruta y tiempos estimados de entrega.

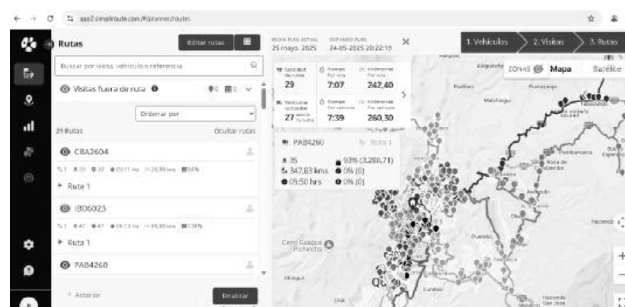
La validación final se realiza con el analista de logística y, una vez aprobada la planificación, los datos se transmiten directamente al servidor, con un tiempo de ejecución adicional de solo 3 minutos, eliminando por completo la necesidad de realizar ajustes manuales en la fase de facturación y entrega. Esto representa una mejora sustancial en la eficiencia operativa, permitiendo una reducción de tiempos, costos logísticos y emisiones contaminantes. Las Figuras 5 y 6 muestran las interfaces operativas del sistema Efetexia y del módulo de planificación en SimplyRoute, respectivamente.

Figura 5.
Efetexia planificación



Nota. La interfaz centraliza la información de clientes, pedidos, vehículos y estados de planificación, facilitando el control operativo. Su uso permite identificar pedidos pendientes, verificar asignaciones y mejorar la programación de rutas.

Figura 6.
Planificación en SimplyRoute



Nota. La plataforma permite visualizar y optimizar rutas, vehículos, paradas, distancias y tiempos de recorrido en un entorno georreferenciado. Su aplicación mejora la asignación de recursos, reduce trayectos innecesarios y facilita el seguimiento de la operación logística.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akkad, M. Z., & Bányai, T. (2020). Multi-objective approach for optimization of city logistics considering energy efficiency. *Sustainability*, 12(18), 7366. <https://doi.org/10.3390/su12187366>
2. Ayadi, H., Benaissa, M., Hamani, N., & Kermad, L. (2024). Selecting indicators to assess the sustainability of urban freight transport using a multi-criteria analysis. *Logistics*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/logistics8010012>
3. Bertolini, M., De Matteis, G., & Nava, A. (2024). Sustainable last-mile logistics in economics studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 16(3), 1205. <https://doi.org/10.3390/su16031205>
4. Comi, A., Schiraldi, M. M., & Buttarazzi, B. (2018). Smart urban freight transport: Tools for planning and optimising delivery operations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 88, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.08.006>
5. Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n:+Las+rutas+cuantitativa,+cualitativa+y+mixta.+McGraw-Hill+Education.&ots=Tk_hZW-kG4&sig=CrIGqVwDyImGjITqtj87YW_DE5l&redir_esc=y
6. Lei, C., Zhang, H., Yan, X., & Miao, Q. (2024). Green supply chain optimization based on two-stage heuristic algorithm. *Processes*, 12(6), 1127. <https://doi.org/10.3390/pr12061127>
7. Muriel, J. E., Zhang, L., Fransoo, J. C., & Perez-Franco, R. (2022). Assessing the impacts of last mile delivery strategies on delivery vehicles and traffic network performance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 144, 103915. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103915>
8. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Sampling techniques on a population study. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>
9. Reynolds, S. (2024). Sustainable supply chain practices: A qualitative investigation of green logistics strategies. *MDPI Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1089.v1>
10. Sun, G., & Li, T. (2025). Optimizing logistics in forestry supply chains: A vehicle routing problem based on carbon emission reduction. *Forests*, 16(1), 62. <https://doi.org/10.3390/f16010062>
11. Yin, N. (2025). Research on green logistics distribution path based on genetic algorithm. *Procedia Computer Science*, 261, 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.682>



PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIAS Y CONDIMENTOS MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES ¹²

Transportation Route Optimization Proposal for the Distribution of Spices and Seasonings Using Digital Tools

Jaime Fares-Maza

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
jafares@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar las rutas de transporte para la distribución de especias y condimentos en la empresa ILE C.A., ubicada en Machala, mediante la implementación del software OptimoRoute. Se desarrolló una metodología experimental basada en cuatro etapas: recopilación de datos operativos, modelización del Problema de Ruteo de Vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP), selección de la herramienta tecnológica y simulación de escenarios optimizados. El estudio utilizó información georreferenciada de clientes, capacidades de carga, tiempos de servicio y restricciones operativas para generar rutas más eficientes. Los resultados evidenciaron una redistribución equilibrada de las 137 entregas entre los tres vehículos disponibles, reduciendo el kilometraje total de 81 km a 60 km, equivalente a una disminución del 25,92 %. Esta optimización permitió disminuir de forma proporcional el costo diario de transporte de USD 212,79 a USD 157,62, generando un ahorro bruto de USD 55,17 por jornada. Tras considerar el costo diario del software (USD 4,05), el ahorro neto estimado fue de USD 51,12 diarios, equivalente a USD 15.336,00 anuales bajo un escenario de 300 días operativos. Se concluye que la implementación de herramientas digitales de optimización mejora la eficiencia operativa, el aprovechamiento de la flota, la sostenibilidad logística y la competitividad de la empresa.

Palabras clave: eficiencia logística; logística de distribución; optimización de rutas; OptimoRoute; software de optimización; Vehicle Routing Problem.

ABSTRACT

This study aimed to optimize transportation routes for the distribution of spices and seasonings at ILE C.A., located in Machala, through the implementation of the OptimoRoute software. An experimental methodology was developed based on four stages: operational data collection, Vehicle Routing Problem (VRP) modeling, selection of the technological tool, and simulation of optimized distribution scenarios. The study incorporated georeferenced customer locations, vehicle capacities, service times, and operational constraints to generate more efficient delivery routes. The results showed a balanced redistribution of the 137 deliveries among the company's three vehicles, reducing the total travel distance from 81 km to 60 km, representing a 25.92% reduction. This optimization enabled a proportional reduction in the daily transportation cost from USD 212.79 to USD 157.62, generating a gross saving of USD 55.17 per day. After accounting for the daily cost of the software (USD 4.05), the estimated net saving was USD 51.12 per day, equivalent to USD 15,336.00 annually based on 300 operating days. It is concluded that the implementation of digital route optimization tools improves operational efficiency, fleet utilization, logistics sustainability, and the overall competitiveness of the company.

Keywords: distribution logistics; logistics efficiency; OptimoRoute; route optimization; optimization software; Vehicle Routing Problem



INTRODUCCIÓN

La planificación eficiente de rutas de transporte se ha convertido en un elemento esencial para las empresas distribuidoras que buscan mejorar su desempeño operativo y reducir costos logísticos. En contextos donde se manejan grandes volúmenes de entregas, como ocurre en las empresas dedicadas a la comercialización de especias y condimentos, una gestión deficiente de rutas puede generar demoras en los tiempos de entrega, recorridos innecesarios y sobrecostos significativos. Esta situación se agrava cuando las decisiones de reparto se toman de manera empírica, sin el apoyo de herramientas tecnológicas que permitan optimizar los recorridos y asignar de forma equitativa las cargas entre los vehículos disponibles. Tal es el caso del almacén de la empresa ILE C.A. en Machala, donde se identificó que las rutas eran planificadas por los conductores sin ningún tipo de apoyo sistematizado, lo cual provocaba ineficiencias como rutas cruzadas, sobrecarga de trabajo en algunos vehículos y una pobre distribución de los recursos disponibles.

En respuesta a este problema, el presente estudio propone una solución basada en la implementación de un software especializado en la optimización de rutas de transporte. La herramienta seleccionada, OptimoRoute, permite automatizar la asignación de entregas, minimizando distancias y tiempos de servicio. Esta propuesta se sustenta en una metodología experimental que integra el levantamiento de datos operativos, el modelado del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP, por sus siglas en inglés) y la posterior simulación de escenarios logísticos optimizados. Según Chica-Mendoza et al. (2024), los algoritmos exactos, heurísticos y metaheurísticos aplicados al VRP permiten mejorar sustancialmente el rendimiento logístico de las empresas al minimizar costos operativos y balancear la distribución de entregas. En este sentido, Marrero Domínguez (2023) destaca cómo los softwares de gestión de flotas han permitido reducir tiempos de recorrido y consumo de combustible, generando valor para las organizaciones.

La eficiencia lograda mediante el uso de software de optimización de rutas (SORM) no solo radica en la reducción de distancias o tiempos, sino también en la capacidad de adaptarse dinámicamente a variables del entorno, como el tráfico, el clima o restricciones operativas. Guerras-Pastor (2024) resalta que estos sistemas utilizan algoritmos avanzados capaces de evaluar múltiples variables en tiempo real, lo que permite reajustar las rutas sobre la marcha. A esto se suma la visión de Aguilar Montoya (2023), quien afirma que las organizaciones que adoptan estas herramientas mejoran su posicionamiento en el mercado, elevan sus niveles de servicio y logran impactos positivos en sus utilidades, al garantizar entregas más rápidas y mejor planificadas.

Actualmente, las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático están revolucionando la forma en que se optimizan las rutas de distribución. Gómez-Sánchez (2024) sostiene que estas tecnologías permiten a los sistemas de optimización aprender de datos históricos como el tráfico, condiciones meteorológicas y restricciones logísticas, generando soluciones progresivamente más precisas. Asimismo, Reyes-Rueda (2020) enfatiza que los sistemas basados en aprendizaje automático ofrecen una mejora continua, al adaptarse proactivamente a eventos imprevistos como cierres viales o picos de demanda.

Con base en este marco conceptual y técnico, la presente investigación tiene como objetivo general optimizar las rutas de transporte en la empresa ILE C.A. mediante el uso del software OptimoRoute, con el fin de reducir distancias recorridas y tiempos de entrega. Para ello, se realizó un diagnóstico detallado del estado actual de la empresa, se ejecutaron simulaciones de rutas con base en datos reales y se elaboró una propuesta operativa de distribución optimizada. Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de soluciones tecnológicas en la logística de distribución puede generar beneficios tangibles en términos de eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad.

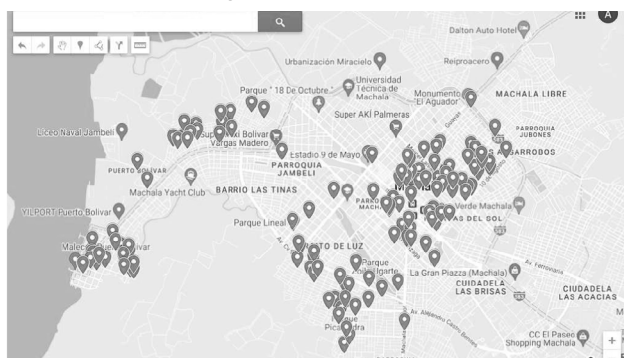
MATERIALES Y MÉTODOS

La optimización de rutas de transporte representa un desafío clave para las empresas de distribución debido a su impacto directo en la eficiencia operativa, los costos logísticos y la calidad del servicio al cliente. En este caso práctico se aplica una metodología experimental centrada en el uso de herramientas tecnológicas, específicamente un software especializado, para optimizar las rutas de transporte de una empresa dedicada a la distribución de especias y condimentos. La metodología se estructura en cuatro etapas: recolección de datos, modelización del problema, selección del software y simulación de rutas optimizadas.

La primera etapa consistió en recopilar información clave de las operaciones logísticas de la empresa ILE C.A. de Machala. Se levantaron datos sobre las rutas actuales, capacidades de carga de los vehículos, distancias recorridas, costos fijos y variables de transporte, así como las ubicaciones exactas de los clientes. Esta información fue indispensable para alimentar correctamente el software de optimización, ya que, según Caichug-Gómez y Zupa-Guachambosa (2024), el éxito del proceso de optimización depende en gran medida de la calidad de los datos proporcionados. Además, como lo señala Nazate-Ponce (2024), disponer de datos precisos permite reducir distancias recorridas, mejorar el nivel de servicio al cliente y disminuir costos operativos. Las ubicaciones georreferenciadas obtenidas a través de Google Maps fueron representadas mediante marcadores y posteriormente cargadas al sistema (Figura 1).



Figura 1.
Ubicación de los clientes georreferenciada



Nota. La georreferenciación evidencia una alta concentración de clientes en sectores urbanos de Machala y una dispersión menor hacia zonas periféricas. Esta distribución sirve de base para agrupar puntos de entrega y diseñar rutas con menor distancia y tiempo de recorrido.

Con los datos recopilados, se procedió a modelar el problema como un caso clásico del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP, por sus siglas en inglés), el cual consiste en determinar la asignación óptima de rutas a una flota de vehículos que debe realizar entregas a múltiples destinos, considerando restricciones como distancia, capacidad y tiempo. Mogollón-Oviedo y Zafra-Castillo

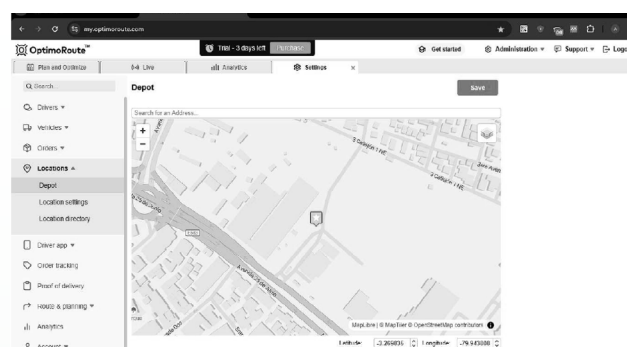
Tabla 1.
Características de cada opción de Software

Software	Mejor para	Facilidad de uso	Optimización de rutas	Costo	Características clave
Route4Me	Empresas pequeñas y medianas con necesidades simples de optimización	Muy fácil de usar	Optimización simple en tiempo real	Accesible	Integración con GPS, CRM y flotas; seguimiento en tiempo real; informes detallados
OptimoRoute	Empresas medianas con necesidades complejas	Intuitiva, fácil de configurar	Optimización en tiempo real con ventanas y restricciones	Asequible según vehículos	Integración con sistemas de flotas; análisis detallados y estimación de tiempos
Llamasoft	Grandes empresas con redes logísticas complejas	Requiere conocimientos técnicos	Optimización avanzada de rutas y cadena de suministro	Costoso	Análisis predictivo, simulaciones, integración avanzada con ERP

Nota. La tabla resume las características principales de cada software según criterios de facilidad de uso, capacidad de optimización y costos asociados.

La fase final consistió en la simulación de rutas utilizando el software OptimoRoute. Según Rabia y Bellabdaoui (2020), la simulación en entornos empresariales permite tomar decisiones estratégicas fundamentadas en datos reales, adaptándose a contextos cambiantes. Para ello, se creó una cuenta en la plataforma y se ingresaron datos como la ubicación del almacén obtenida mediante coordenadas (Figura 2), el número de vehículos disponibles, la capacidad máxima de carga y la duración estimada de cada entrega (Figura 3). Posteriormente, se registraron las coordenadas de todos los puntos de entrega mediante una hoja Excel con datos obtenidos desde Google Maps, alimentando la plataforma como se observa en la Figura 4.

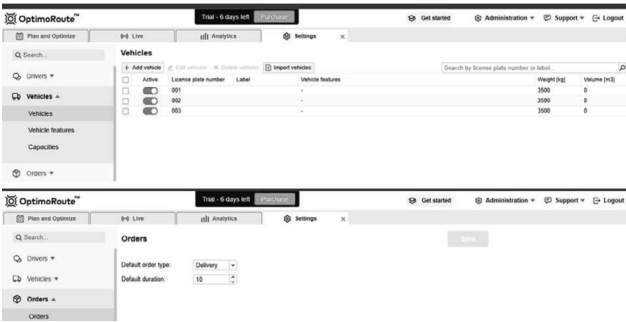
Figura 2.
Datos de ubicación del almacén mediante coordenadas



Nota. La plataforma registra la ubicación geográfica del almacén mediante coordenadas, estableciendo el punto de origen de las operaciones de distribución. Este dato permite calcular distancias, tiempos de desplazamiento y secuencias óptimas de entrega.



Figura 3.
Ingreso de vehículos, capacidad de carga máxima y duración de entrega por cliente



Nota. La plataforma registra los vehículos disponibles, su capacidad máxima de carga y la duración estimada del servicio por cliente. Estos parámetros permiten asignar recursos según las restricciones operativas y evitar sobrecargas o tiempos improductivos.

Figura 4.
Ingreso de coordenadas de ubicación de todos los clientes en el software OptimoRoute

Review Imported Orders

Import orders summary: 137

Order ID	Date	Location Accuracy	Location	Address	Geocoded Address	Latitude	Longitude	Duration
2129	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.272679615525773	...	-3.272679615525773, -79.9562...	-3.272679	-79.9562072	10 min
2130	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.27192293118387	...	-3.27192293118387, -79.9523...	-3.271923	-79.9523903	10 min
2131	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.2842781908984154	...	-3.2842781908984154, -79.9728...	-3.284278	-79.9728068	10 min
2132	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.27831291295821	-7...	-3.27831291295821, -79.95728...	-3.278312	-79.9572895	10 min
2133	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.27192293118387	...	-3.27192293118387, -79.9523...	-3.271923	-79.9523903	10 min
2134	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.2842781908984154	...	-3.2842781908984154, -79.9728...	-3.284278	-79.9728068	10 min
2135	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.272679615525773	...	-3.272679615525773, -79.9562...	-3.272679	-79.9562072	10 min
2136	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.2842781908984154	...	-3.2842781908984154, -79.9728...	-3.284278	-79.9728068	10 min
2137	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.272679615525773	...	-3.272679615525773, -79.9562...	-3.272679	-79.9562072	10 min
2138	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.2842781908984154	...	-3.2842781908984154, -79.9728...	-3.284278	-79.9728068	10 min
2139	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.272679615525773	...	-3.272679615525773, -79.9562...	-3.272679	-79.9562072	10 min
2140	12/11/2024	GPS Coordinates	-3.2842781908984154	...	-3.2842781908984154, -79.9728...	-3.284278	-79.9728068	10 min

Discard Save

Nota. El ingreso de coordenadas geográficas permite localizar los puntos de entrega y validar la información importada en OptimoRoute. Estos datos constituyen la base para agrupar clientes y calcular rutas óptimas de distribución.

Una vez ingresada toda la información, el software procesó las variables de entrada (distancia, tiempo, capacidad y restricciones) y generó las rutas más eficientes para los tres camiones de la empresa. Estas rutas distribuyeron de forma equitativa la carga y minimizaron el kilometraje total.

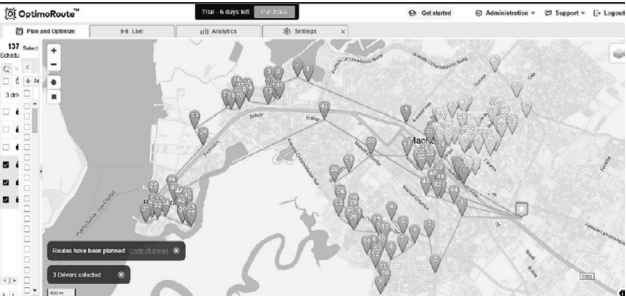
RESULTADOS

Luego de aplicar la metodología experimental basada en el uso del software OptimoRoute, se procedió a ejecutar la simulación de rutas optimizadas para la empresa ILE C.A., dedicada a la distribución de especias y condimentos en la ciudad de Machala. Los resultados obtenidos se compararon con los registros previos al proceso de optimización, permitiendo evaluar con precisión los efectos del uso de tecnología en la distribución urbana. Esta comparación consideró indicadores clave como el número de entregas, los kilómetros recorridos y los costos operativos, lo que permite analizar el impacto desde un enfoque técnico y económico.

La Figura 5 muestra la interfaz del software OptimoRoute con las rutas generadas automáticamente tras ingresar las coordenadas de los puntos de entrega, la

capacidad de los camiones y la duración promedio por servicio. Estas rutas se construyeron considerando restricciones de tiempo, carga y distancia, lo que evidencia una distribución más equitativa de las entregas y una planificación más lógica de los trayectos. Este comportamiento coincide con lo planteado por Gómez-Sánchez (2024), quien destaca que el uso de algoritmos inteligentes mejora la eficiencia del reparto al considerar múltiples variables operativas.

Figura 5.
Simulación de rutas de transporte optimizadas



Nota. La simulación agrupa los puntos de entrega por zonas y asigna recorridos diferenciados a cada vehículo. Esta configuración reduce cruces, equilibra la carga operativa y optimiza las distancias de distribución.

Como se observa en la Tabla 2, el número total de entregas se mantuvo constante (137), pero la redistribución entre los camiones fue más equitativa tras la optimización.

Antes del proceso, el camión 3 era responsable de 77 entregas, casi el doble de las del camión 1 (23 entregas) y muy por encima de las 37 del camión 2. Con la optimización, el camión 3 pasó a realizar 45 entregas, mientras que el camión 1 incrementó su participación a 44 y el camión 2 pasó a 48. Esto refleja una carga de trabajo más balanceada entre los vehículos, evitando la sobresaturación de rutas específicas. La Figura 6 ilustra este cambio.

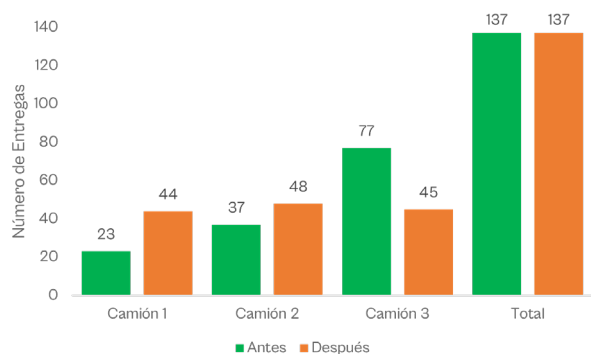
Tabla 2.
Análisis comparativo de número de entregas por camión

Camión	Antes	Después
1	23	44
2	37	48
3	77	45
Total	137	137

Nota. La optimización mantiene las 137 entregas, pero redistribuye la carga de forma equilibrada entre los tres camiones. El ajuste reduce la sobrecarga del camión 3 y mejora la utilización operativa de la flota.



Figura 6.
Análisis comparativo de número de entregas por camión



Nota. La optimización mantiene constante el total de 137 entregas, pero redistribuye la carga entre los tres camiones. El ajuste disminuye la concentración operativa del camión 3 y mejora el equilibrio en la utilización de la flota.

Esta mejora operacional está en línea con los hallazgos de Aguilar Montoya (2023), quien destaca que las herramientas de optimización permiten reorganizar tareas y mejorar el rendimiento tanto del personal como de la flota, incrementando la eficiencia general del sistema logístico.

En lo referente al kilometraje total, la optimización redujo la distancia recorrida de 81 km a 60 km, lo que representa una disminución del 25,92 %. Este porcentaje corresponde a una reducción total de kilómetros para toda la operación diaria evaluada, no solo para rutas específicas. Sin embargo, el mayor impacto se observó en el camión 3, que pasó de recorrer 39 km a solo 16 km, debido a que sus trayectos estaban previamente saturados. Por el contrario, el camión 1, pese a incrementar ligeramente su recorrido de 18 km a 20 km, logró duplicar su número de entregas, lo que evidencia un mejor aprovechamiento de su capacidad de carga y del trayecto asignado. Esto demuestra que la reducción no es homogénea entre vehículos, sino fruto de una reorganización estratégica del sistema en su conjunto (Figura 7 y Tabla 3).

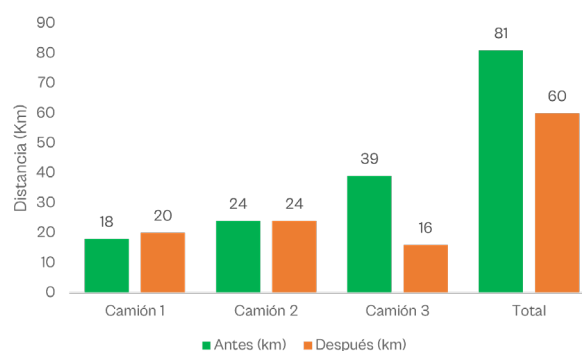
Asimismo, es importante destacar que las rutas optimizadas fueron contrastadas con los registros operativos previos para validar su factibilidad de ejecución. Si bien no se realizaron recorridos físicos de prueba, la simulación se fundamentó en información real georreferenciada y tiempos promedio de descarga obtenidos en campo, lo cual permite generar decisiones confiables en entornos logísticos cuando se dispone de datos reales de operación.

Tabla 3.
Análisis comparativo de kilómetros recorridos

Camión	Antes (km)	Después (km)
1	18	20
2	24	24
3	39	16
Total	81	60

Nota. La optimización redujo la distancia total recorrida de 81 a 60 km, equivalente a una disminución del 25,9 %. El principal ajuste se registró en el camión 3, cuyo recorrido descendió de 39 a 16 km.

Figura 7.
Análisis comparativo de kilómetros recorridos



Nota. La optimización redujo la distancia total de 81 a 60 km, equivalente al 25,9 %. Aunque el camión 1 aumentó ligeramente su recorrido, la reducción del camión 3 de 39 a 16 km evidencia una distribución más equilibrada de las rutas.

Estos resultados confirman lo planteado por Cai-chug-Gómez y Zupa-Guachambosa (2024), quienes subrayan que una correcta alimentación de datos y el uso de software especializado permiten optimizar recorridos, reduciendo tiempos, costos y las emisiones asociadas al transporte.

En términos económicos, la reducción del kilometraje diario de 81 km a 60 km se tradujo en una disminución estimada del costo diario de transporte de USD 212,79 a USD 157,62, equivalente a un ahorro bruto de USD 55,17 por jornada. Este cálculo se obtuvo considerando la reducción proporcional de la distancia recorrida, manteniendo constantes las demás condiciones operativas de la distribución. Al descontar el costo estimado del software de optimización (USD 4,05 diarios), el ahorro neto alcanzó USD 51,12 por día. Bajo un escenario de 300 días operativos al año, el ahorro anual estimado asciende a USD 15.336,00, sin considerar beneficios adicionales derivados de una mejor planificación logística, como la disminución de tiempos improductivos, un uso más equilibrado de la flota y una mayor eficiencia operativa. Estos resultados evidencian que la optimización de rutas genera beneficios económicos significativos cuando la reducción del recorrido se refleja directamente en los costos de transporte.

Tabla 4.
Análisis comparativo de costos de transporte y ahorros diarios

Concepto	Antes (USD)	Después (USD)	Diferencia
Costo total diario	212,79	157,62	-55,17
Costo diario del software	—	4,05	—
Ahorro neto diario	—	51,12	—
Ahorro anual estimado (300 días)	—	15.336,00	—

Nota. El costo diario de transporte se estimó de manera proporcional a la reducción del kilometraje total recorrido, pasando de 81 km a 60 km. Tras descontar el costo diario del software de optimización, se obtuvo un ahorro neto de USD 51,12 por jornada, equivalente a USD 15.336,00 anuales bajo un escenario de 300 días operativos.



Los resultados obtenidos validan la efectividad de OptimoRoute en contextos de distribución urbana, pues la reorganización de cargas, la reducción del kilometraje y la disminución proporcional de los costos de transporte evidencian un impacto directo en la eficiencia logística y económica de la empresa. Estos hallazgos coinciden con lo expuesto por Aguilar Montoya (2023), quien demuestra que los sistemas de optimización permiten mejorar la productividad en operaciones de distribución al equilibrar la carga de trabajo entre los vehículos, reducir recorridos innecesarios y optimizar el uso de los recursos operativos.

Asimismo, este comportamiento se relaciona con lo planteado por Akkad y Bányai (2020), quienes sostienen que el uso de modelos computacionales de optimización contribuye a incrementar la eficiencia energética en la logística urbana, debido a la disminución de desplazamientos y tiempos improductivos. En esta misma línea, estudios recientes afirman que la digitalización de procesos de transporte permite a las empresas adoptar prácticas más sostenibles y competitivas, ya que reducen costos generales de operación y mejoran la capacidad de respuesta ante la dinámica del mercado (Ayadi et al., 2024; Reynolds, 2024). De este modo, la empresa ILE C.A. no solo mejora su operación inmediata, sino que se alinea con tendencias de sostenibilidad, eficiencia y transformación digital en la cadena de suministro.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Montoya, S. L. (2023). Optimización de rutas de compañías distribuidoras y surtidoras en Tegucigalpa [Trabajo de grado, Centro Universitario Tecnológico CEUTEC]. Repositorio UNITEC. <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/11989>
2. Akkad, M. Z., & Bányai, T. (2020). Multi-objective approach for optimization of city logistics considering energy efficiency. *Sustainability*, 12(18), 7366. <https://doi.org/10.3390/su12187366>
3. Ayadi, H., Benaissa, M., Hamani, N., & Kermad, L. (2024). Selecting indicators to assess the sustainability of urban freight transport using a multi-criteria analysis. *Logistics*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/logistics8010012>
4. Barea Rueda, D. (2024). Implantación de un sistema ERP en una empresa de servicios informáticos [Trabajo de final de grado, Universidad Oberta de Catalunya]. Repositorio Institucional UOC. <https://openaccess.uoc.edu/items/Oe46c072-a00a-42a5-9cf9-39867922263e>
5. Bertolini, M., De Matteis, G., & Nava, A. (2024). Sustainable last-mile logistics in economics studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 16(3), 1205. <https://doi.org/10.3390/su16031205>
6. Caichug Gómez, F. A., & Zupa Guachambosa, J. S. (2024). Propuesta de un plan de optimización de rutas y frecuencias para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato-EPM GIDSA [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22548>
7. Chica Mendoza, J. X., Muñoz Ríos, C. M., Mera Bravo, M. J., Tuárez Zambrano, G. M., & Macías Barberán, J. R. (2024). Optimización de la cadena de suministro en la agroindustria de servicio alimentario. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 5(2), 458-485. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.282>
8. Comi, A., Schiraldi, M. M., & Buttarazzi, B. (2018). Smart urban freight transport: Tools for planning and optimising delivery operations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 88, 48-61. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.08.006>
9. Gómez Sánchez, C. (2024, junio). El impacto de la inteligencia artificial (IA) en la gestión del comercio exterior a través de la utilización del análisis predictivo. *Revista de Investigación Formativa, Innovación y Aplicaciones. Técnico-Tecnológicas*, 6(1), 9-19. <https://ojs.formacion.edu.ec/index.php/rei/article/view/344/690>
10. Lei, C., Zhang, H., Yan, X., & Miao, Q. (2024). Green supply chain optimization based on two-stage heuristic algorithm. *Processes*, 12(6), 1127. <https://doi.org/10.3390/pr12061127>
11. Mogollon Oviedo, F. L., & Zafra Castillo, A. K. (2019). Diseño de un modelo de distribución y transporte y su im-



pacto en los costos del centro de distribución de la empresa Costa Gas S.A.C. [Tesis de titulación, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4801>

12. Muriel, J. E., Zhang, L., Fransoo, J. C., & Perez-Franco, R. (2022). Assessing the impacts of last mile delivery strategies on delivery vehicles and traffic network performance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 144, 103915. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103915>
13. Nazate Ponce, D. (2024). Mejora de la productividad en empresas de manufactura y servicios mediante la optimización de procesos con modelos y simulación por computadora. Caso práctico aplicado a una empresa dedicada a la fabricación de empaques tejidos en polipropileno: optimización de procesos correspondientes a la logística y distribución de productos [Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25469>
14. Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Sampling techniques on a population study. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>
15. Rabia, M. A. B., & Bellabdaoui, A. (2020). Simulation as a decision-making tool in a business analytics environment. *Proceedings of the 2020 5th International Conference on Logistics Operations Management (GOL 2020)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/gol49479.2020.9314725>
16. Reynolds, S. (2024). Sustainable supply chain practices: A qualitative investigation of green logistics strategies. *MDPI Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1089.v1>
17. Sun, G., & Li, T. (2025). Optimizing logistics in forestry supply chains: A vehicle routing problem based on carbon emission reduction. *Forests*, 16(1), 62. <https://doi.org/10.3390/f16010062>
18. Yin, N. (2025). Research on green logistics distribution path based on genetic algorithm. *Procedia Computer Science*, 261, 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.682>



EVALUACIÓN COMPARATIVA DE RUTAS PARA EL TRANSPORTE PESADO Y DE PASAJEROS EN PELILEO: ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL Y EFICIENCIA OPERATIVA¹³

Comparative Evaluation of Routes for Heavy Freight and Passenger Transportation in Pelileo: Analysis of Road Safety and Operational Efficiency

Ángel Laguna-Masaquiza

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

dasolis@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar comparativamente las principales rutas utilizadas para el transporte pesado e interprovincial en el cantón San Pedro de Pelileo, con el fin de identificar la alternativa que ofrece mejores condiciones de seguridad vial y eficiencia operativa. Se aplicó una metodología cuantitativa complementada con observación estructurada, análisis geoespacial mediante Sistemas de Información Geográfica y modelación de escenarios utilizando ArcGIS Network Analyst. La información se obtuvo a partir de los registros georreferenciados del Sistema Integrado de Seguridad ECU 911 correspondientes al período 2022-2024 y de inspecciones técnicas realizadas en campo. Se analizaron variables relacionadas con la frecuencia de incidentes, radios de giro, condiciones geométricas, tiempos de recorrido, consumo de combustible y maniobrabilidad de vehículos pesados. Los resultados evidenciaron que la Ruta Casco Urbano concentró el mayor número de incidentes, con 409 registros, mientras que la Ruta García Moreno presentó la menor siniestralidad, aunque con importantes limitaciones geométricas para la circulación de transporte pesado. La Ruta Paso Lateral redujo parcialmente la congestión del centro urbano; sin embargo, continúa presentando deficiencias de infraestructura y señalización que afectan su desempeño operativo. Se concluye que ninguna de las rutas evaluadas satisface plenamente los criterios de seguridad y eficiencia, por lo que se requieren intervenciones técnicas orientadas a mejorar la infraestructura vial y la gestión del transporte.

Palabras clave: análisis geoespacial; eficiencia operativa; planificación vial; seguridad vial; Sistemas de Información Geográfica; transporte pesado.

ABSTRACT

This study aimed to comparatively evaluate the main routes used for heavy freight and interprovincial transportation in the canton of San Pedro de Pelileo in order to identify the alternative offering the highest levels of road safety and operational efficiency. A quantitative methodology was applied, complemented by structured field observation, geospatial analysis using Geographic Information Systems (GIS), and scenario modeling through ArcGIS Network Analyst. The analysis was based on georeferenced traffic incident records obtained from the ECU 911 Integrated Security System for the 2022-2024 period, together with technical field inspections. Variables related to traffic incidents, turning radii, geometric road conditions, travel times, fuel consumption, and heavy-vehicle maneuverability were evaluated. The results showed that the Urban Center Route recorded the highest number of incidents, with 409 reported events, whereas the García Moreno Route presented the lowest accident rate but exhibited significant geometric limitations for heavy-vehicle circulation. The Bypass Route partially reduced urban congestion; however, deficiencies in road infrastructure and traffic signage continue to affect its operational performance. It is concluded that none of the evaluated routes fully satisfies the requirements for road safety and operational efficiency, highlighting the need for technical interventions aimed at improving road infrastructure and transportation management.

Keywords: geospatial analysis; operational efficiency; road planning; road safety; Geographic Information Systems; heavy transport.



INTRODUCCIÓN

El transporte de pasajeros y de carga constituye un pilar esencial para la conectividad territorial, la integración regional y el desarrollo económico sostenible, especialmente en ciudades intermedias como San Pedro de Pelileo, en la provincia de Tungurahua. Este cantón se posiciona como un nodo estratégico dentro del corredor logístico que conecta la Sierra central con la Amazonía ecuatoriana, facilitando el tránsito intraprovincial e interprovincial de bienes y personas. Sin embargo, el crecimiento de la demanda de transporte y las condiciones técnicas inadecuadas de la infraestructura vial han provocado serios problemas de movilidad, entre los cuales se destacan la congestión vehicular, la inseguridad vial y el deterioro acelerado de la red vial existente.

En respuesta a esta problemática, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pelileo implementó en 2024 el plan emergente denominado Recorrido Seguro, mediante la Resolución Administrativa No. 039-2024-A-GADMCSPP. Este plan propone como alternativa prioritaria el uso de la vía Paso Lateral para el transporte pesado, con el fin de descongestionar el casco urbano, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la seguridad vial. No obstante, persiste la necesidad de evaluar si esta nueva ruta representa una solución sostenible en comparación con otras rutas previamente establecidas: Casco Urbano, Ruta Bomberos y Ruta García Moreno.

Según datos proporcionados por el Sistema Integrado de Seguridad Ciudadana ECU 911, entre 2022 y 2024 se reportaron más de 4.000 incidentes de tránsito en Pelileo. Si bien se ha registrado una reducción acumulada del 8,3 % en incidentes durante este periodo, los datos absolutos aún reflejan deficiencias estructurales y operativas que afectan la competitividad del transporte y aumentan los costos logísticos, particularmente en los tramos más críticos como la avenida Confraternidad y el sector comercial El Tambo.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar comparativamente las cuatro rutas utilizadas para el transporte pesado, intraprovincial e interprovincial en Pelileo, a fin de determinar cuál de ellas garantiza mejores condiciones de seguridad vial y eficiencia operativa. Para ello, se emplearán herramientas geoespaciales, análisis estadísticos y evaluación de campo. El análisis geoespacial permitirá georreferenciar y clasificar los reportes de incidentes en torno a cada ruta mediante Sistemas de Información Geográfica, lo que facilitará la identificación de patrones de concentración de conflictos viales. Paralelamente, la aplicación de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales permitirá comparar la recurrencia y variabilidad de los eventos antes y después de la implementación del plan emergente Recorrido Seguro, evaluando su impacto operativo en la movilidad del transporte pesado. Final-

mente, se llevará a cabo observación estructurada en los tramos de mayor criticidad para analizar radios de giro, maniobrabilidad de unidades pesadas, señalización y condiciones geométricas, complementando la información registrada en la base de datos institucional.

La validación de los resultados se realizará mediante el cruce de información proveniente del Sistema Integrado de Seguridad Ciudadana ECU 911 con mediciones directas en campo y con la modelación de escenarios de circulación pesada en las rutas evaluadas. Este proceso permitirá contrastar los datos georreferenciados con las condiciones reales de operación, asegurando la confiabilidad del análisis comparativo entre rutas. De esta manera, el estudio no solo aporta una evaluación técnica de las alternativas de circulación, sino que también integra criterios de seguridad vial, gestión del riesgo y eficiencia operativa en consonancia con los desafíos identificados por Poole-Fuller (2017), Mauttone et al. (2003), Reyes Morales (2016), Benites Yarasca et al. (2021) y Moreno Samaniego (2019), quienes destacan la relevancia de la planificación sustentada en evidencia para el diseño y gestión de sistemas de transporte.

La evaluación comparativa de las rutas disponibles y el análisis de su impacto en términos de movilidad, seguridad y sostenibilidad se presenta como una herramienta fundamental para la toma de decisiones informadas en el ámbito de la planificación vial del cantón. La presente investigación busca no solo identificar la ruta más adecuada, sino también proponer mejoras técnicas y operativas que contribuyan al desarrollo de un sistema de transporte más seguro, eficiente y resiliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló mediante una metodología integral basada en un enfoque cuantitativo, complementado con observación estructurada y análisis geoespacial. Esta estrategia permitió identificar patrones de incidencia vial, deficiencias geométricas y operativas y comparativas técnicas entre las cuatro rutas evaluadas: Casco Urbano, Bomberos, García Moreno y Paso Lateral.

La fuente principal de información fue la base de datos del Sistema Integrado de Seguridad ECU 911, obtenida mediante visita institucional y validada con autorización previa. Esta base contenía registros georreferenciados de incidentes ocurridos entre enero de 2022 y noviembre de 2024, desagregados por tipo de incidente, ubicación, fecha y hora. La información fue depurada mediante técnicas de validación cruzada y limpieza de duplicados, garantizando su fiabilidad y adecuación a los objetivos del estudio (Palella & Martins, 2006). Además, se elaboró una ficha técnica para clasificar los eventos en dos categorías: accidentes de tránsito (choques, atropellos, volcamientos, entre otros) y servicios (vehículo mal estacionado, semáforo en mal estado, congestión vehicular, etc.), siguiendo el listado oficial del ECU 911.



Para delimitar el entorno espacial de análisis, se empleó la herramienta Buffer del software ArcMap, definiendo un radio de 50 metros alrededor del trazado central de cada ruta. Esta delimitación consideró posibles errores de georreferenciación y la proximidad de intersecciones donde se concentran incidentes (Enciso-Gómez et al., 2019). La precisión en la delimitación fue esencial para identificar puntos críticos y establecer comparaciones homogéneas entre rutas.

La evaluación geométrica se centró en los radios de giro de las intersecciones más relevantes, especialmente aquellas utilizadas por vehículos pesados. Se aplicó una metodología de observación directa en campo, complementada con análisis georreferenciado de los incidentes reportados en un radio de 100 metros desde dichos puntos. Como señalan Campos y Lule (2012), la observación estructurada permite captar elementos del entorno vial que no se evidencian en registros estadísticos, tales como maniobras forzadas, invasión de carriles y conflictos con peatones o ciclistas.

Se aplicaron herramientas de análisis descriptivo e inferencial con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, lo que permitió evaluar la variabilidad y recurrencia de los incidentes entre rutas antes y después de la implementación de la vía Paso Lateral en 2024. El uso de intervalos de confianza facilitó la determinación de diferencias significativas, siguiendo metodologías recientes aplicadas a sistemas de transporte (Londo & Sánchez, 2019), y permitió identificar tendencias de riesgo y desempeño vial por tipo de vía.

Para comparar operativamente las cuatro rutas se evaluaron variables como longitud (km), tiempos estimados de recorrido y consumo teórico de combustible. La eficiencia operativa se midió mediante tres indicadores: (i) tiempo promedio de viaje según condiciones de operación del transporte pesado; (ii) costo energético expresado en litros de combustible por kilómetro; y (iii) maniobrabilidad operacional, estimada según la cantidad de maniobras adicionales (detenciones, inversión de carril y ajustes de giro) observadas en campo. Estos indicadores permitieron valorar simultáneamente el desempeño logístico y la viabilidad geométrica de cada ruta.

Se modelaron escenarios mediante el módulo Network Analyst del software ArcGIS, con el fin de identificar la ruta óptima en términos de costo operacional, tiempo de viaje y riesgo reducido. En el modelo se integraron restricciones propias del contexto urbano de Pelileo, tales como límites de ancho de calzada, radios mínimos de giro, zonas de carga, velocidad máxima permitida, pendientes y presencia de intersecciones semaforizadas. Estas restricciones fueron incorporadas como atributos de impedancia dentro de la red SIG, lo que permitió simular condiciones reales de circulación de vehículos pesados bajo diversos escenarios operativos (Serna-Uran et al., 2016).

RESULTADOS

El análisis de resultados se orienta a evaluar la efectividad y seguridad de las cuatro rutas principales utilizadas para el transporte pesado, intraprovincial e interprovincial en el cantón San Pedro de Pelileo. Se emplearon herramientas estadísticas, geoespaciales y técnicas de clasificación de incidentes con base en la información provista por el Sistema Integrado de Seguridad Ciudadana ECU 911. Esto permitió identificar puntos críticos y patrones de siniestralidad vial durante el período 2022-2024. Para estructurar el análisis, los datos fueron clasificados en dos categorías principales, como se muestra en la Tabla 1, donde se diferencian los Accidentes, que comprometen de manera directa la seguridad vial, y los Servicios, que afectan la circulación de manera indirecta, generando fricción operativa y retrasos relevantes para el transporte pesado.

La categoría Accidentes incluye eventos de alto impacto como choques, atropellos, caídas de pasajeros, colisiones y volcamientos. Estos afectan de forma inmediata el tránsito y representan un riesgo directo para la integridad de los usuarios. En contraste, la categoría Servicios agrupa eventos como vehículos mal estacionados, semáforos en mal estado o cierres viales temporales, que, si bien no implican peligro inmediato para la vida, generan un efecto negativo en la movilidad y aumentan los tiempos de viaje, especialmente para vehículos pesados que requieren mayor espacio de maniobra.

Tabla 1.
Agrupación del listado de incidentes del ECU 911

Clasificación	Listado de incidentes	Justificación
Accidentes	Arrollamiento, atropello, caída de pasajero, choque, colisión, encunetamiento, estrellamiento, pérdida de carril, volcamiento, rozamiento (con/sin heridos), atípicos	Generan interrupciones inmediatas en el tránsito y representan un alto riesgo para la seguridad vial.
Servicios	Congestión, denuncias, explosión de neumáticos, semáforo en mal estado, vehículo mal estacionado, vía cerrada, otros	No implican riesgo inmediato para la vida, pero afectan la fluidez vehicular y los tiempos de recorrido.

Nota. Los registros del ECU 911 se agrupan en accidentes y servicios según su nivel de riesgo e impacto en la movilidad. Esta clasificación permite diferenciar eventos que comprometen la seguridad vial de aquellos que afectan principalmente la fluidez del tránsito.

Posteriormente, los registros fueron georreferenciados utilizando ArcMap y asignados a cada ruta mediante la función Select by Location. Los resultados consolidados para las cuatro rutas evaluadas se observan en la Tabla 2, donde se aprecia que la Ruta Casco Urbano concentró el mayor número de incidentes en los tres años analizados, alcanzando un total de 409 reportes. Esta cifra contrasta con los valores registrados en la Ruta Bomberos (165) y la Ruta García Moreno (127), que reflejan una menor conflictividad.



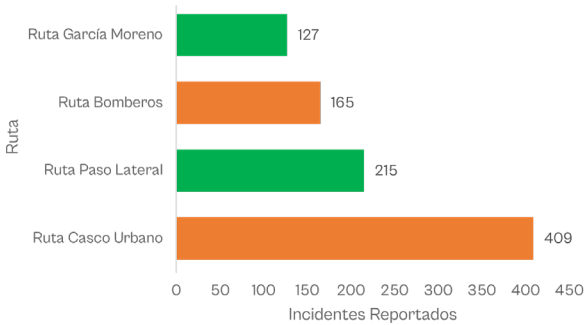
Tabla 2.
Incidentes de tránsito ocurridos en las rutas de estudio

Descripción de la ruta	2022	2023	2024	Total
Ruta Casco Urbano	146	133	130	409
Ruta Paso Lateral	75	61	79	215
Ruta Bomberos	56	54	55	165
Ruta García Moreno	43	36	48	127

Nota. La ruta Casco Urbano concentra la mayor cantidad de incidentes entre 2022 y 2024, con 409 reportes, pese a su reducción progresiva anual. Paso Lateral, Bomberos y García Moreno presentan menor incidencia, aunque las rutas Paso Lateral y García Moreno aumentan en 2024.

La distribución general de incidentes se puede visualizar en la Figura 1, que evidencia la alta concentración de eventos en la Ruta Casco Urbano, especialmente durante las horas de mayor actividad comercial. Este comportamiento se relaciona con la función mixta de esta vía, donde la presencia de comercios, peatones y paradas informales provoca interferencias constantes con el tránsito pesado.

Figura 1.
Incidentes reportados en las rutas evaluadas (2022-2024)



Nota. La ruta Casco Urbano concentra 409 incidentes, equivalentes al 44,7 % del total registrado. Esta diferencia evidencia una mayor conflictividad vial frente a Paso Lateral, Bomberos y García Moreno.

Para profundizar el análisis, se comparó la ruta más conflictiva (Casco Urbano) con aquella que registró la menor cantidad de incidentes (García Moreno), como se presenta en la Tabla 3. Los resultados indican que la Ruta Casco Urbano concentra el 43 % del total de reportes del período estudiado, mientras que la Ruta García Moreno, pese a su baja siniestralidad, muestra restricciones geométricas que comprometen su uso como corredor logístico pesado.

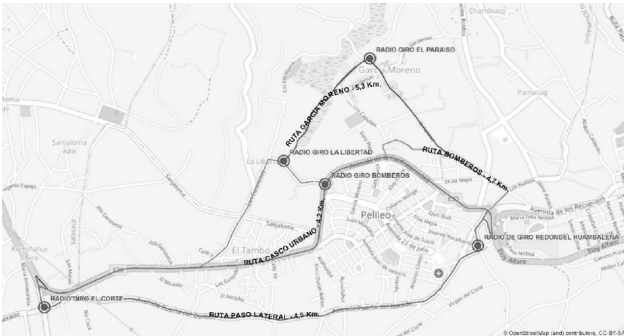
Tabla 3.
Comparación de accidentes y servicios

Descripción de la ruta	Accidentes	Servicios	Total
Ruta Casco Urbano	285	124	409
Ruta García Moreno	96	31	127

Nota. La ruta Casco Urbano registra 409 incidentes, más del triple que García Moreno (127), con predominio de accidentes sobre los servicios en ambas vías. Esta diferencia confirma su mayor nivel de conflictividad y riesgo operativo.

Estas condiciones geométricas deficientes fueron verificadas en campo, donde se observaron problemas asociados con el ancho de calzada, pendientes pronunciadas y radios de giro insuficientes. En la Figura 2 se ilustran los puntos críticos identificados, especialmente en intersecciones de la Ruta Bomberos y en tramos angostos de la Ruta García Moreno. Estas limitaciones coinciden con lo expuesto por Mauttone et al. (2003) y Poole-Fuller (2017), quienes destacan que, aun con baja siniestralidad, la geometría vial puede representar una barrera significativa para la operación eficiente de vehículos pesados.

Figura 2.
Radios de giro críticos en las rutas evaluadas



Nota. La figura identifica los puntos de las rutas evaluadas donde los radios de giro resultan críticos para la circulación de vehículos pesados. Estas restricciones geométricas incrementan el riesgo operativo y condicionan la selección de corredores logísticos.

Adicionalmente, se evaluó el funcionamiento del Paso Lateral durante su primer año operativo (2024). La Tabla 4 presenta el comportamiento mensual de incidentes en esta ruta, donde se evidencian picos significativos entre marzo y septiembre, coincidentes con temporadas de mayor actividad comercial y turística en Pelileo.

Tabla 3.
Comparación de accidentes y servicios

Mes	Accidentes	Servicios	Total
Enero	2	5	7
Febrero	3	3	6
Marzo	8	4	12
Abril	2	4	6
Mayo	3	1	4
Junio	4	3	7
Julio	2	1	3
Agosto	8	1	9
Septiembre	7	3	10
Octubre	3	2	5
Noviembre	5	1	6
Diciembre	2	2	4
Total	49	30	79

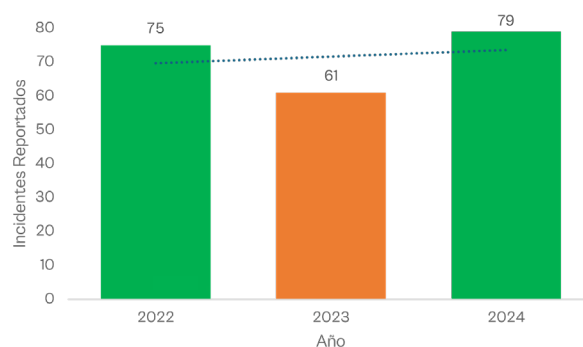
Nota. En 2024, la Ruta Paso Lateral registró 79 incidentes, de los cuales 49 correspondieron a accidentes y 30 a servicios. Los mayores niveles se presentaron en marzo, septiembre y agosto, evidenciando una concentración estacional de eventos.



La evolución mensual puede visualizarse en la Figura 3, donde se aprecia que, a pesar de haber sido concebida como una solución para descongestionar el centro urbano, la ruta continúa presentando eventos recurrentes relacionados con servicios e infraestructura. Esto evidencia la necesidad de reforzar la señalización, mejorar las pendientes de acceso y redimensionar los radios de giro, especialmente en los tramos de incorporación y salida hacia vías principales.

Estos hallazgos demuestran que, aunque el Paso Lateral contribuye parcialmente a desviar el transporte pesado del casco urbano, su efectividad operativa se encuentra limitada por deficiencias geométricas y la ausencia de medidas de control vial. De igual forma, la Ruta García Moreno, pese a su baja siniestralidad, requiere intervención estructural para ser considerada viable. En consecuencia, ninguna de las rutas puede considerarse plenamente eficiente ni segura para el transporte pesado sin la ejecución de mejoras técnicas específicas.

Figura 3. Incidentes (accidentes y servicios) reportados en la Ruta Paso Lateral



Nota. La variación anual de incidentes en la Ruta Paso Lateral evidencia la necesidad de fortalecer las medidas de seguridad e infraestructura para reducir los eventos reportados.

Contribución de autores (CRediT)

Todos los autores participaron de manera equitativa en la conceptualización, desarrollo metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Campos, G., & Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai*, 7(13), 45–60. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>
2. De Manuel Jerez, E., González Arriero, C., & Donadei, M. (2016). Las redes de movilidad urbana sostenible y la reactivación del espacio público: Alcosa. *Hábitat y Sociedad*, 9, 97–131. <https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2016.i9.06>
3. Enciso-Gómez, D., Antonio Cervantes, P. H., Robles Martínez, F., Durán-Páramo, E., & Castro-Frontana, D. G. (2019). Sistemas de información geográfica para optimizar el transporte de residuos a sitios de disposición final en el Estado de México, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(esp02), 55–67. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp02.06>
4. Follana Soler, M., Boned Gómez, S., Ferriz Valero, A., & Baena Morales, S. (2023). Educación vial en Educación Física de Primaria: Un estudio de revisión de la literatura. *Retos*, 51, 938–948. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.i01352>
5. Londo Yachambáy, F. P., & Sánchez Salcán, N. de J. (2019). Análisis estadístico de movilidad y educación vial dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. *Explorador Digital*, 3(3), 90–103. <https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v3i3.764>
6. Mauttone, A., Cancela, H., & Urquhart, M. E. (2003). Diseño y optimización de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano: Modelos y algoritmos. (Reportes Técnicos 03-07). Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/3494>
7. Moreno Samaniego, M. B. (2019). Estrategias institucionales para la mejora de la seguridad vial en Ecuador y Chile: Caso de análisis de los pilares 3 y 4 del Decenio de Acción [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador]. Repositorio Institucional UASB. <http://hdl.handle.net/10644/6848>
8. Mouratidis, K., Peters, S., & van Wee, B. (2021). Transportation technologies, sharing economy, and teleactivities: Implications for built environment and travel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102716. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102716>

9. Palella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2006). Metodología de la investigación cuantitativa (2.ª ed.). Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23578w/w23578w.pdf>
10. Poole-Fuller, E. (2017). ¿Hacia una movilidad sustentable? Desafíos de las políticas de reordenamiento del transporte público en Latinoamérica: El caso de Lima. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 21, 4–31. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2445>
11. Reyes Morales, N. (2016). Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW. *Industrial Data*, 19(2), 118-123. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12847>
12. Romero, R., Monticelli, A., Garcia, A., & Haffner, S. (2002). Test systems and mathematical models for transmission network expansion planning. *IEEE Proceedings – Generation, Transmission and Distribution*, 149(1), 27-36. <https://doi.org/10.1049/ip-gtd:20020026>
13. Serna-Uran, C. A., García-Castrillón, J. A., & Flórez-Londoño, O. (2016). Análisis de rutas de transporte de pasajeros mediante la herramienta Network Analyst de ArcGIS: Caso aplicado en la ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 7(2), 89–95. <https://doi.org/10.21500/20275846.2631>



PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN LOGÍSTICA EN LA DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS AUTOMOTRICES MEDIANTE SIG: CASO ANETA RIOBAMBA¹⁴

Logistics Optimization Proposal for Automotive Spare Parts Distribution Using Geographic Information Systems (GIS): The ANETA Riobamba Case Study

Angélica Vásquez-Sadva

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
dasolis@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar el proceso logístico de distribución de repuestos automotrices entre la matriz de ANETA en Quito y su sucursal en Riobamba mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se desarrolló un enfoque mixto que integró el análisis del proceso logístico actual con la modelación geoespacial empleando QGIS, información georreferenciada de la red vial nacional y datos provenientes de OpenStreetMap y Google Maps. El estudio evaluó tiempos de recorrido, costos de transporte, consumo de combustible y alternativas de abastecimiento mediante la localización estratégica de proveedores. Los resultados evidenciaron que el esquema actual presenta tiempos promedio de cuatro horas por traslado y costos operativos elevados debido al uso de rutas con paradas intermedias obligatorias. La simulación de rutas directas permitió reducir el tiempo de viaje hasta 2 horas y 50 minutos, equivalente a un ahorro aproximado del 25 %. Asimismo, se identificó a la ciudad de Ambato como una alternativa estratégica de abastecimiento, lo que permitiría disminuir los tiempos de entrega de tres días a un día y agilizar los procesos de devolución. Se concluye que la integración de herramientas SIG fortalece la planificación logística, reduce costos operativos y mejora la eficiencia y sostenibilidad de la cadena de suministro.

Palabras clave: cadena de suministro; logística de distribución; optimización de rutas; QGIS; repuestos automotrices; sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

This study aimed to optimize the logistics process for automotive spare parts distribution between ANETA's headquarters in Quito and its branch in Riobamba through the implementation of Geographic Information Systems (GIS). A mixed-method approach was applied by combining the analysis of the current logistics process with geospatial modeling using QGIS, georeferenced national road network data, and information obtained from OpenStreetMap and Google Maps. The study evaluated travel times, transportation costs, fuel consumption, and alternative supply strategies through the strategic location of suppliers. The results showed that the current distribution system requires an average travel time of four hours and incurs high operating costs due to mandatory intermediate stops along the route. Simulated direct routes reduced travel time to as little as 2 hours and 50 minutes, representing an approximate 25% improvement in operational efficiency. Additionally, the city of Ambato was identified as a strategic supply location capable of reducing delivery times from three days to one day while improving the efficiency of product return processes. It is concluded that the integration of GIS-based tools strengthens logistics planning, reduces operational costs, and enhances the efficiency and sustainability of the supply chain.

Keywords: supply chain; distribution logistics; route optimization; QGIS; automotive spare parts; geographic information systems.



INTRODUCCIÓN

En el contexto logístico global, las empresas deben adaptarse con rapidez a mercados dinámicos y exigentes, lo que implica optimizar continuamente sus procesos de abastecimiento, distribución y gestión de inventarios. Esto resulta especialmente crítico en cadenas de suministro de piezas automotrices, donde la disponibilidad, el tiempo de entrega y los costos operativos determinan el nivel de servicio al cliente y la competitividad organizacional (Saeed et al., 2023).

La entidad objeto de este estudio, el Automóvil Club del Ecuador (ANETA), institución privada con más de setenta años de trayectoria en formación vial, enfrenta el reto de distribuir repuestos automotrices desde su matriz en Quito hacia su sucursal en Riobamba para mantener operativa su flota vehicular mediante mantenimientos preventivos y correctivos. Este flujo logístico presenta múltiples ineficiencias: rutas extensas con alto tránsito y siniestralidad, alza persistente en los precios de combustible y vehículos no optimizados para cada tipo de carga o destino, lo que se traduce en viajes de más de 200 km, entregas fallidas o retrasadas y elevación de los costos operativos.

Los principales beneficiarios de esta investigación son la propia ANETA (al lograr mayor eficiencia en gestión de repuestos y costos de transporte), su sucursal en Riobamba (al disponer de repuestos en tiempo más oportuno y reducir paradas operativas) y, de un modo indirecto, los usuarios finales del servicio institucional (al incrementarse la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos de ANETA). Además, el estudio aportará valor al sector logístico local y a empresas similares, al proponer un modelo que puede replicarse en otras rutas interprovinciales del Ecuador.

La justificación de esta investigación radica en que, pese a la existencia de herramientas geoespaciales y de logística avanzada, muchas organizaciones medianas siguen operando con esquemas tradicionales que generan ineficiencias significativas: distancias innecesarias, tiempos de espera prolongados, costos incrementados y mayor impacto ambiental. Estudios recientes señalan que la integración de sistemas de información geográfica (SIG) combinados con análisis de rutas y localización de proveedores puede generar mejoras sustanciales en eficiencia, reducción de costos y sostenibilidad logística (Rismanto & Judijanto, 2025; Saeed et al., 2023; Yuan, 2024). Por tanto, resulta estratégico investigar cómo aplicar estos enfoques en el contexto específico de ANETA Riobamba, identificando rutas alternativas, proveedores más cercanos y optimización espacial de la distribución de repuestos.

En consecuencia, esta investigación se orienta a optimizar el proceso logístico de distribución de repuestos automotrices hacia la sucursal de ANETA en Riobamba, con el propósito de incrementar la eficiencia del transporte,

reducir los costos operativos y mejorar la calidad del servicio institucional mediante el aprovechamiento de datos geoespaciales y la evaluación estratégica de rutas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adoptó un enfoque mixto, combinando el análisis operativo interno del proceso logístico entre ANETA Quito y ANETA Riobamba con técnicas de modelación geoespacial orientadas a la optimización de rutas. El uso de enfoques mixtos en logística resulta pertinente cuando se requiere integrar datos cualitativos del proceso con modelación cuantitativa para la toma de decisiones basadas en desempeño, costos y tiempos de distribución, tal como recomiendan Patella et al. (2020) en el análisis de redes logísticas sostenibles.

En la primera fase se realizó un análisis descriptivo del proceso logístico actual. Se documentaron actividades como el control de stock, la solicitud de repuestos, la emisión de facturas, el transporte interprovincial, la recepción, la inspección y la devolución en caso de no conformidades. Se recolectaron tiempos de entrega, frecuencia de viajes, costos referenciales de transporte y ocurrencias de devoluciones. La información provino de registros internos de la institución, manteniendo confidencialidad sobre valores económicos específicos.

En la segunda fase se desarrolló un modelo geoespacial mediante el software QGIS, herramienta recomendada en estudios de transporte y logística por su capacidad de estructurar redes viales, trabajar con mapas multilayer y ejecutar cálculos de distancia-tiempo bajo condiciones reales de tráfico (Graser et al., 2025). Para ello, se obtuvo la coordenada GPS origen en ANETA Quito (-0.12843, -78.49377) y el destino en ANETA Riobamba (-1.66384, -78.66452), complementándose con datos abiertos de OpenStreetMap y Google Maps. El modelo incluyó capas temáticas como red vial nacional, infraestructura urbana, peajes y restricciones de tránsito, siguiendo recomendaciones de análisis geográfico para cadenas de suministro descritas por Rismanto y Judijanto (2025).

Se georreferenciaron distribuidoras de repuestos ubicadas en ciudades cercanas a Riobamba, como Ambato y Latacunga, evaluando su conveniencia como posible alternativa de abastecimiento local. A cada proveedor se le calcularon rutas de acceso, tiempos estimados de entrega y costos logísticos referenciales basados en distancia, apoyándose en metodologías de evaluación de localización de proveedores orientadas a la reducción de tiempos de ciclo y costos logísticos en mercados automotrices (Wang et al., 2024).

RESULTADOS

El análisis identifica que el proceso actual de distribución desde ANETA Quito hacia su sucursal en Riobamba presenta tiempos homogéneos de traslado, independientemente del tipo de vehículo utilizado. Como



se observa en la Tabla 1, tanto la camioneta (1 t) como la furgoneta (4,8 t) emplean un tiempo promedio de 4 horas, debido al recorrido obligatorio por ciudades intermedias (Latacunga y Ambato), lo que genera tiempos fijos de tránsito y ausencia de diferenciación operativa por capacidad de carga.

Tabla 1.
Clasificación por rutas al mes

Modelos auto	Tiempo	Ruta
Camioneta de 1 cabina	4 horas	Quito - Latacunga - Ambato - Riobamba
Furgoneta	4 horas	Quito - Latacunga - Ambato - Riobamba - Guaranda

Nota. La clasificación de rutas muestra tiempos de traslado similares entre los vehículos utilizados, evidenciando oportunidades para optimizar la planificación y distribución logística.

En cuanto a los costos asociados al trayecto, la Tabla 2 evidencia que el valor del pedido se mantiene constante (60 USD), mientras que el consumo de combustible varía entre 30 USD y 40 USD según el vehículo utilizado. Esto produce un costo promedio de 35 USD por envío, sin considerar depreciación de flota, lubricantes, mano de obra y gastos indirectos, lo cual subestima el costo logístico real.

Tabla 2.
Costos por rutas al mes

Gastos de pedidos en usd	Ruta	Modelos auto	Costo combustible
60 USD	Quito – Latacunga – Ambato – Riobamba	Camioneta de 1 cabina	30 USD
60 USD	Quito – Latacunga – Ambato – Riobamba – Guaranda	Furgoneta	40 USD

Nota. Los costos por viaje varían según el tipo de vehículo y la ruta utilizada, evidenciando oportunidades para optimizar el transporte y reducir los costos logísticos.

Se identifican además tres rutas directas alternativas evaluadas mediante tiempos estimados (QGIS + Google Maps). La Ruta 1 muestra el menor tiempo (2 h 50 min), seguida por la Ruta 3 con 2 h 51 min. Estos resultados demuestran que la eliminación de paradas intermedias podría reducir hasta una hora de tiempo operativo, representando un ahorro del 25 % respecto al modelo actual.

Rutas alternativas directas

- Ruta 1: Panamericana / Troncal de la Sierra E35 → 2 h 50 min

- Ruta 2: Panamericana / E35 + Av. Simón Bolívar → 3 h 00 min
- Ruta 3: Panamericana / E30 / E35 + Av. Simón Bolívar → 2 h 51 min

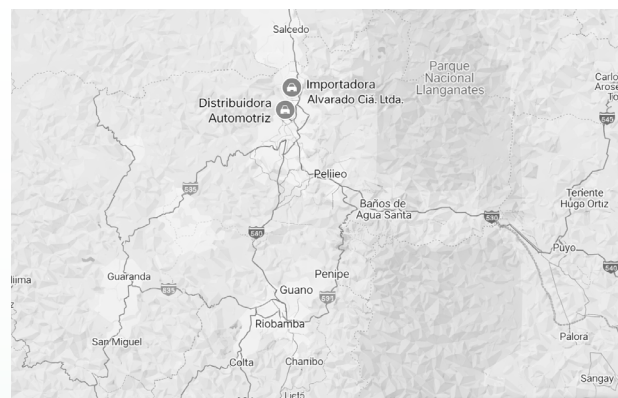
Por otro lado, el análisis geoespacial (ver Figura 1 y Figura 2) identifica cinco proveedores estratégicos ubicados fuera de Quito, siendo el caso más pertinente Distribuidora Paredes (Ambato), ubicada a solo una hora de Riobamba. Esta alternativa permite disminuir el tiempo de entrega de tres días a un día, además de agilizar devoluciones en menos de 24 horas. Este hallazgo revela la conveniencia de abastecimientos descentralizados, disminuyendo costos logísticos y tiempos de ciclo, complementando lo sugerido por Wang et al. (2024) en la eficiencia del mercado automotriz.

Figura 1.
Distribuidoras de repuestos automotrices en el Ecuador



Nota. La distribución geográfica de las distribuidoras de repuestos automotrices evidencia su cobertura a nivel nacional, facilitando el acceso a proveedores y el abastecimiento oportuno de insumos.

Figura 2.
Distribuidoras cercanas a ANETA Riobamba



Nota. La ubicación de distribuidoras cercanas permite identificar alternativas de abastecimiento más próximas, contribuyendo a reducir tiempos de transporte y costos logísticos.



Los hallazgos confirman que el esquema actual de abastecimiento dependiente de Quito genera tiempos improductivos y costos acumulados, aun cuando los envíos se realizan mediante vehículos institucionales. La ausencia de rutas directas y el uso obligatorio de sedes intermedias explican la ineficiencia observada, alineándose con estudios que demuestran que rutas rígidas incrementan tiempos de ciclo y costos de operación (de Koning et al., 2020; Rismanto y Judijanto, 2025).

Asimismo, la investigación evidencia que la localización geoespacial de proveedores representa un factor crítico para mejorar la cadena de suministro, lo que coincide con autores que destacan la influencia de la proximidad

logística en reducción de costos, sostenibilidad operativa y tiempos de entrega (Bray et al., 2019; Qu, 2024). El potencial abastecimiento desde Ambato demuestra la factibilidad de modelos descentralizados, que además contribuyen a una menor huella ambiental, en concordancia con la adopción de logística sostenible recomendada por Patella et al. (2021).

La optimización logística basada en SIG no solo reduce tiempos, sino que modifica la arquitectura de abastecimiento, disminuyendo la dependencia con la matriz y permitiendo decisiones estratégicas sustentadas en análisis espacial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bray, R. L., Serpa, J. C., & Colak, A. (2019). Supply chain proximity and product quality. *Management Science*, 65(9), 4079–4099. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2018.3161>
2. de Koning, R., Tan, W. G. Z., & van Nes, A. (2020). Assessing spatial configurations and transport energy usage for planning sustainable communities. *Sustainability*, 12(19), 8146. <https://doi.org/10.3390/su12198146>
3. Graser, A., Sutton, T., & Bernasocchi, M. (2025). The QGIS project: Spatial without compromise. *Patterns*, 6(7), 101265. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2025.101265>
4. Patella, S. M., Grazieschi, G., Gatta, V., Marcucci, E., & Carrese, S. (2020). The adoption of green vehicles in last mile logistics: A systematic review. *Sustainability*, 13(1), 6. <https://doi.org/10.3390/su13010006>
5. Qu, P. (2024). Design of supply chain logistics intelligent management information system based on GIS optimization model. *Procedia Computer Science*, 243, 396–405. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.049>
6. Rismanto, H., & Judijanto, L. (2025). Dynamic routing in urban logistics: A comprehensive review of AI, real-time data, and sustainability impacts. *Sinergi International Journal of Logistics*, 3(2), 68–79. <https://doi.org/10.61194/sijl.v3i2.741>
7. Saeed, A. K., Asad, F. H. A., & Mahammad, A. A. A. H. (2023). GIS-based modeling for optimal freight routes: A case study from Al-Najaf City (Iraq). *AIP Conference Proceedings*, 2775(1), 050011. <https://doi.org/10.1063/5.0161219>
8. Wang, H., Hao, H., & Wang, M. (2024). Optimization research on multi-trip distribution of reverse logistics terminal for automobile scrap parts under the background of sustainable development strategy. *Scientific Reports*, 14(1), 17305. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68112-4>
9. Yuan, F. (2024). Data analysis and optimization strategies for delivery operations in a Shenyang-based convenience store network. *SHS Web of Conferences*, 208, 04013. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202420804013>





DIGITALIZACIÓN Y GESTIÓN EFICIENTE



DISEÑO DE KPI SOSTENIBLES PARA EVALUAR OPERADORES LOGÍSTICOS EN ILELSA¹⁵

Design of Sustainable Key Performance Indicators (KPIs) for Evaluating Logistics Operators at ILELSA

Carrion Yaguana-Condoy JennyCordova

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja. jmyaguana6@utpl.edu.ecjdcordova@utpl.edu.ec

Holger JuanPereira-Ochoa

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja. hdpereira@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar una propuesta de indicadores clave de desempeño (KPI) sostenibles para evaluar la gestión logística de la empresa ILELSA, integrando las dimensiones ambiental, económica y social de la sostenibilidad. Se adoptó un enfoque cualitativo basado en entrevistas semiestructuradas dirigidas al responsable del área de logística, complementado con el análisis de información operativa y el uso de herramientas tecnológicas para estimar variables relacionadas con transporte, reutilización de materiales y emisiones de dióxido de carbono. A partir del análisis temático se diseñó un conjunto de indicadores orientados a medir las emisiones de CO₂, la reutilización de botellas, el reciclaje de cartón, los costos logísticos, los accidentes laborales y la capacitación del personal. Los resultados evidenciaron brechas significativas respecto a las metas establecidas, destacándose emisiones semanales de 1.410 kg de CO₂, un porcentaje de reutilización de botellas del 12,5 %, costos logísticos superiores a los valores esperados y ausencia de programas de capacitación para conductores. Se concluye que la implementación de KPI sostenibles constituye una herramienta estratégica para fortalecer la toma de decisiones, mejorar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y promover una gestión logística alineada con los principios del desarrollo sostenible.

Palabras clave: economía circular; emisiones de dióxido de carbono; gestión logística; indicadores clave de desempeño; logística sostenible; sostenibilidad empresarial.

ABSTRACT

This study aimed to design a proposal for sustainable Key Performance Indicators (KPIs) to evaluate logistics management at ILELSA by integrating the environmental, economic, and social dimensions of sustainability. A qualitative approach was adopted based on semi-structured interviews conducted with the company's logistics manager, complemented by the analysis of operational information and the use of technological tools to estimate variables related to transportation, material reuse, and carbon dioxide emissions. Through thematic content analysis, a set of sustainability indicators was developed to assess CO₂ emissions, bottle reuse, cardboard recycling, logistics costs, occupational accidents, and employee training. The results revealed significant gaps between current performance and the proposed targets, including weekly emissions of 1,410 kg of CO₂, a bottle reuse rate of 12.5%, logistics costs exceeding the established objective, and the absence of training programs for drivers. It is concluded that the implementation of sustainable KPIs provides a strategic management tool for supporting decision-making, improving operational efficiency, reducing environmental impacts, and promoting logistics management aligned with sustainable development principles.

Keywords: circular economy; carbon dioxide emissions; logistics management; key performance indicators; sustainable logistics; corporate sustainability.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las Naciones Unidas (2025), hoy en día la sostenibilidad se ha transformado en una pieza fundamental en las empresas, dado que no solo buscan acatar normativas medioambientales, sino que también aspiran a proyectar una imagen corporativa y responsable en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible. Dentro de este marco, la implementación de indicadores clave de rendimiento sostenible (KPI) constituye una herramienta esencial para evaluar, supervisar y potenciar la eficacia de los procesos logísticos, abarcando aspectos económicos, sociales y medioambientales dentro de la administración de las empresas (Toikka, 2025).

En la ciudad de Loja se encuentra ubicada la empresa ILELSA, dedicada a la producción y comercialización de bebidas alcohólicas, además de la distribución de otros productos relacionados. Pese a tener procesos operativos consolidados, la empresa aún no ha adoptado un modelo de logística sostenible, lo que significa que no cuenta con un sistema oficial de KPI sostenibles para evaluar su desempeño en esta área.

Sin embargo, existen algunas acciones individuales que demuestran un deseo de alinearse con criterios de sostenibilidad. Por ejemplo, la empresa ha instaurado la adquisición y reutilización de envases de vidrio, que pasan por un proceso de lavado y desinfección antes de ser reincorporados en la cadena de producción. La organización incentiva esta devolución con un pago de 0,05 USD por cada envase, como parte de su esfuerzo por reducir residuos y utilizar menos materia prima.

Por otro lado, se detectan oportunidades de mejora. En sus instalaciones existen pallets almacenados que no están siendo aprovechados ni reutilizados, lo cual representa un recurso infrautilizado. Además, la empresa utiliza cartones para el embalaje de sus productos; aquellos que resultan dañados o inservibles son vendidos, en lugar de buscar alternativas de reciclaje o reaprovechamiento interno que podrían reducir costos y mejorar su impacto ambiental. Finalmente, la flota vehicular carece de un sistema de monitoreo y de indicadores específicos para cuantificar emisiones de dióxido de carbono, ya que la planificación de rutas se realiza de forma manual, sin medir ni controlar la huella de carbono asociada a cada viaje.

Frente a este escenario, se plantea la necesidad de diseñar e implementar un sistema de KPI sostenibles que permita a la empresa ILELSA evaluar de manera objetiva sus procesos logísticos, identificar áreas de mejora, reducir impactos negativos al ambiente y optimizar el uso de recursos. Los KPI sostenibles permiten a las empresas medir el impacto de sus actividades en los ámbitos ambiental, social y económico, vinculando la sostenibilidad con el rendimiento empresarial (Schaltegger & Wagner, 2017).

El objetivo de la investigación es realizar una propuesta de KPI sostenibles para la empresa ILELSA, que le permita mejorar los aspectos ambientales, sociales y económicos, con el fin de lograr una mejor imagen dentro del mercado, obtener mejores créditos financieros y generar un impacto social positivo.

Dado que actualmente no se cuenta con una estructura de gestión de sostenibilidad ni con indicadores clave de desempeño (KPI), se optó por utilizar datos referenciales apoyándose en herramientas tecnológicas como Google Maps, para determinar cuántos kilómetros recorre cada vehículo según las rutas señaladas por la organización. Al no paletizar sus productos y utilizar como método la estibación, se recurrió a información de fabricantes de cajas de cartón para conocer las dimensiones usuales de los empaques empleados para botellas de licor; con estas medidas y las dimensiones del cajón del furgón se determinó cuántas cajas puede transportar cada camión al día. Con este dato se buscó estimar la cantidad de cajas que se venden para su reciclaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente estudio se adoptó un enfoque metodológico de tipo cualitativo, sustentado en la aplicación de entrevistas semiestructuradas como técnica principal de recolección de información. Esta metodología permitió explorar en profundidad las percepciones, prácticas y estrategias vinculadas a la sostenibilidad dentro del área logística de la empresa objeto de análisis.

La entrevista fue dirigida al responsable del área de Logística, con el propósito de obtener una comprensión detallada de los procesos operativos actuales, los principales desafíos asociados a la sostenibilidad, y la perspectiva institucional frente a la gestión ambiental y social. La conversación fue registrada utilizando un dispositivo móvil, previa autorización del entrevistado, garantizando en todo momento el respeto a los principios éticos de confidencialidad y consentimiento informado.

Para estructurar la entrevista, se diseñó una guía de preguntas centradas en cuatro ejes temáticos fundamentales: gestión de residuos sólidos, eficiencia en el transporte y consumo energético, responsabilidad social empresarial, y cumplimiento de normativas ambientales y logísticas. Esta guía facilitó una conversación fluida y focalizada en aspectos clave que inciden directamente en la sostenibilidad logística.

Una vez transcrita la información, se procedió al análisis de contenido temático, mediante el cual se identificaron patrones recurrentes, categorías emergentes y elementos significativos que reflejan el desempeño sostenible de la organización. A partir de este análisis, se construyó una propuesta inicial de indicadores clave de desempeño (KPI) orientados a evaluar la sostenibilidad



de las operaciones logísticas, alineados con los objetivos estratégicos de la empresa en los ámbitos ambiental, económico y social.

De acuerdo, con la información de que la empresa vende 350 botellas de licor al día, a partir de este dato y utilizando fórmulas matemáticas es posible estimar la cantidad de botellas vendidas semanalmente y a su vez con ello nos permite conocer cuantas botellas se reciclan.

$$\text{Toneladas} \frac{C_2}{\text{Kilómetro recorrido}} \quad [1]$$

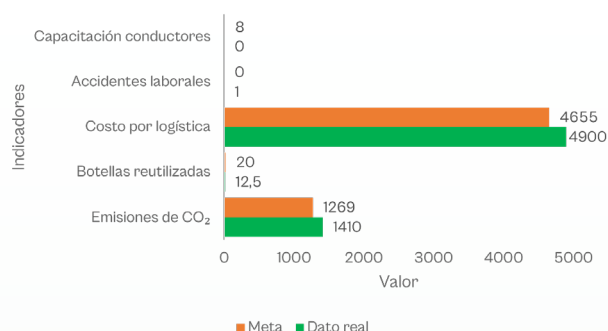
Tabla 1.
KPI propuestos para la empresa ILELSA

Indicador	Unidad	Frecuencia	Dato real	Meta	Cumplimiento	Ámbito
Emisiones de CO ₂	kg CO ₂ /semana	Semanal	1410	1269	No cumple	Ambiental
Botellas reutilizadas	% del total usado	Semanal	12,5	20	Bajo la meta	Ambiental
Reciclaje de cartón	% reciclado	Mensual	150 cartones vendidos	60 % estimado	Incompleto	Ambiental
Costo por logística	USD/entrega	Mensual	4900	4655	Requiere dato	Económico
Accidentes laborales	N° incidentes	Trimestral	1	0	No cumple	Social
Capacitación conductores	Horas/persona/año	Anual	0	8	No cumple	Social

Nota. Los indicadores reflejan el comportamiento ambiental, económico y social evaluado en la empresa ILELSA.

En el aspecto económico, el costo logístico mensual asciende a 4900 USD, superando la meta de 4655 USD, lo que evidencia ineficiencias operativas derivadas de la falta de procesos y herramientas de planificación logística.

Figura 1.
Comparativo de KPIs Sostenibles ILELSA



Nota. El comparativo de KPIs evidencia brechas en indicadores como costos logísticos, emisiones de CO₂, reutilización de botellas y capacitación, reflejando oportunidades de mejora en la gestión sostenible.

RESULTADOS

A partir del diseño y aplicación de los KPI propuestos para la empresa ILELSA se identificaron diversos hallazgos que evidencian oportunidades de mejora en la gestión sostenible. En lo que concierne al medio ambiente, se puede destacar que semanalmente las emisiones de dióxido de carbono alcanzan 1410 kg, valor superior al objetivo deseado de 1269 kg. Esto hace alusión a la falta de sistemas tecnológicos en la optimización de rutas y a que la organización no cuenta con una flota vehicular amigable con el ambiente. Asimismo, el bajo porcentaje de botellas reutilizadas (12,5 % frente al 20 % esperado) refleja una deficiente gestión de residuos y una limitada implementación de estrategias de economía circular. En lo que respecta al cartón, el cumplimiento es incompleto, lo que indica una gestión ineficiente en el aprovechamiento de materiales secundarios.

Finalmente, en el ámbito social, la empresa presenta un accidente laboral durante el primer trimestre y registra ausencia de capacitación para los conductores, lo que demuestra debilidades en la gestión del talento humano y en la cultura de prevención de riesgos. Estas carencias limitan el desarrollo de un entorno laboral seguro y sostenible.

Los resultados obtenidos coinciden con lo que menciona Peralta (2024), acerca de que la logística sostenible necesita integrar los ámbitos económicos, sociales y ambientales en la gestión de la cadena de suministro. Cold (2024) indica que implementar la logística inversa sostenible o dar un buen uso de los embalajes ayuda a minimizar el desperdicio y promover la sostenibilidad en la cadena de suministro.

Medrano (2025) señala que es importante combinar la tecnología con estrategias ecológicas y procesos eficientes para minimizar el impacto ambiental de las operaciones logísticas, así como optimizar el tiempo en las entregas. En cuanto al capital humano, Valencia (2005) destaca la importancia de garantizar la seguridad de los empleados dentro de las empresas, ya que constituyen



un recurso esencial para su desarrollo; por ello, resulta fundamental promover una capacitación continua que les permita desempeñarse de manera segura y eficiente.

Por lo tanto, los hallazgos de este estudio confirman que ILELSA enfrenta desafíos en la parte logística y ambiental que pueden minimizarse adoptando tecnologías sostenibles, programas de reciclaje y la implementación de KPI para medir el desempeño en cada aspecto señalado. La utilización de los KPI sostenibles permitió determinar las principales brechas en la logística de ILELSA. En los indicadores se evidencia un desempeño ambien-

tal y social por debajo de los estándares esperados, lo que muestra la necesidad de incorporar estrategias sostenibles.

Se concluye que el uso de estos indicadores constituye una herramienta clave para monitorear y mejorar el desempeño sostenible, permitiendo obtener una visión integral de los procesos logísticos de la empresa. Con la información proporcionada por los KPI es posible tomar decisiones informadas que mejoren la eficiencia económica, reduzcan el impacto ambiental y fortalezcan el desarrollo laboral dentro de la organización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018>
2. Cold, E. (2024). Logística sostenible: Qué es y cómo implementarla. Emergent Cold. <https://emergentcoldlatam.com/sostenibilidad/logistica-sostenible/>
3. Fahimnia, B., Sarkis, J., & Davarzani, H. (2015). Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, 162, 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.003>
4. Hassini, E., Surti, C., & Searcy, C. (2012). A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.042>
5. Lozano, R. (2008). Envisioning sustainability three-dimensionally. *Journal of Cleaner Production*, 16(17), 1838–1846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.02.008>
6. Medrano, L. (2025). ¿Qué es y cómo funciona la innovación en la cadena de suministro sostenible? Smurfit Westrock. <https://www.smurfitkappa.com/sv/newsroom/blog/innovacion-en-la-cadena-de-suministro-sostenible>
7. Naciones Unidas. (2025). ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible? Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
8. Peralta, F. (2024). Logística verde: Objetivos, metas y desafíos para las empresas. Drivin. <https://drivin.blog/logistica-verde-desafios-objetivos>
9. Schaltegger, S., & Wagner, M. (Eds.). (2017). *Managing the business case for sustainability: The integration of social, environmental and economic performance*. Routledge. <https://n9.cl/x5s7bd>
10. Toikka, J. (2025). Cómo medir el desempeño sostenible: KPIs y métricas. Sievo. <https://sievo.com/blog/sustainable-procurement-part6>
11. United Nations Global Compact, & Business for Social Responsibility. (2010). *Supply chain sustainability: A practical guide for continuous improvement*. <https://www.unglobalcompact.org/library/205>
12. Valencia, M. (2005). El capital humano, otro activo de su empresa. *Entramado*, 1(2), 20–33. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/3275>



IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DIGITAL PARA LA ELIMINACIÓN DEL PAPEL EN PROCESOS LOGÍSTICOS: CASO PLASTICAUCHO S.A.¹⁶

Implementation of a Digital Solution for Paperless Logistics Processes: The Plasticaucho Industrial S.A. Case Study

Cristian Amores-Ibarra

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
cdamores@utpl.edu.ec

María Garzón-Villacís

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
mcgarzon@utpl.edu.ec

Carolina Parreño-Bonilla

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
cdparreno1@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo implementar una solución digital para eliminar el uso de papel en el proceso logístico de entregas de Plasticaucho Industrial S.A., mediante el desarrollo de una aplicación móvil integrada con el sistema ERP SAP. La metodología comprendió seis etapas: diagnóstico del proceso actual, diseño de la arquitectura tecnológica, desarrollo de un producto mínimo viable (MVP), ejecución de un plan piloto, capacitación del personal operativo e implementación de la infraestructura tecnológica necesaria. La aplicación incorporó funcionalidades de geolocalización, captura fotográfica, firma digital, sincronización en línea y operación en modo offline, permitiendo la trazabilidad completa de las entregas. Los resultados evidenciaron la eliminación total del uso de documentos físicos, la reducción del tiempo promedio por entrega de 5,5 a 3 minutos y un ahorro anual estimado de USD 9.074,94 en costos de impresión.

Palabras clave: aplicación móvil; logística sin papel; transformación digital.

ABSTRACT

This study aimed to implement a digital solution to eliminate paper-based documentation in the delivery logistics process of Plasticaucho Industrial S.A. through the development of a mobile application integrated with the company's SAP Enterprise Resource Planning (ERP) system. The methodology consisted of six stages: diagnosis of the existing process, technological architecture design, development of a Minimum Viable Product (MVP), pilot implementation, operational staff training, and deployment of the required technological infrastructure. The mobile application incorporated geolocation, photographic evidence, digital signature, online synchronization, and offline functionality, enabling complete traceability of delivery operations. The results demonstrated the complete elimination of paper documentation, a reduction in the average delivery time from 5.5 to 3 minutes, and an estimated annual saving of USD 9,074.94 in printing costs.

Keywords: mobile application; paperless logistics; digital transformation.

INTRODUCCIÓN

Plasticaucho Industrial S.A. es una empresa líder en la producción y distribución de materiales de caucho y calzado en Ecuador. En su búsqueda por optimizar la eficiencia de su cadena de suministro, enfrenta actualmente el desafío de modernizar sus procesos logísticos, especialmente en la etapa final de entrega de productos. Una de las principales limitaciones identificadas es la continua dependencia del uso de hojas impresas como respaldo físico de las notas de entrega. Este método tradicional conlleva altos costos operativos, riesgos asociados a la pérdida o deterioro de la documentación y una limitada visibilidad y trazabilidad de las operaciones en tiempo real.

Frente a este contexto, la incorporación de soluciones tecnológicas se vuelve indispensable para avanzar hacia una gestión más eficiente, transparente y sostenible. El presente trabajo propone eliminar por completo el uso de papel en el proceso de entregas a través del desarrollo e implementación de una aplicación móvil. Esta herramienta permitirá registrar cada entrega mediante respaldo fotográfico, geolocalización y sincronización automática con el sistema ERP de la empresa (SAP). La solución busca no solo mejorar la eficiencia operativa y reducir errores, sino también optimizar los tiempos de movilización e incrementar la trazabilidad de las entregas, alineándose con los objetivos de sostenibilidad corporativa de la organización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La solución tecnológica diseñada para optimizar el proceso de entregas en Plasticaucho Industrial S.A. consistió en el desarrollo e implementación de una aplicación móvil que permite registrar digitalmente las entregas de productos. Esta aplicación está conectada a un portal web de monitoreo y a un sistema backend que garantiza la integración directa con el ERP institucional (SAP), asegurando así la trazabilidad, sincronización y control eficiente de los datos logísticos (Plasticaucho Industrial S.A., s. f.). Su diseño permite al personal de reparto acceder a la ruta asignada, consultar los pedidos vinculados a la guía de remisión, capturar fotografías de la mercancía entregada, registrar la firma digital del cliente y dar seguimiento a cada operación. Por su parte, los supervisores pueden monitorear en tiempo real el estado de las entregas, generar reportes y gestionar documentación digital a través del portal web, lo cual incrementa el control operativo y mejora los indicadores de desempeño logístico (García, 2014).

El proyecto se estructuró en seis etapas. La primera consistió en el levantamiento de información y diagnóstico, donde se identificó como problema central el uso intensivo de hojas impresas en las entregas, lo que implicaba un gasto constante en recursos físicos y generaba riesgos de pérdida de información. Esta situación

evidenció la necesidad de digitalizar el proceso de última milla, acorde con las tendencias actuales de automatización logística (Acevedo y Barreto, 2019). Posteriormente, en la etapa de diseño del sistema, el equipo de tecnologías de la información definió la arquitectura funcional de la aplicación móvil, los requerimientos técnicos y los flujos de trabajo, incorporando funcionalidades como captura de datos, geolocalización, trazabilidad en tiempo real y sincronización con SAP. En la tercera etapa se desarrolló el Producto Mínimo Viable (MVP), que permitió probar el correcto funcionamiento del sistema en condiciones controladas, validando así su estabilidad, usabilidad e interoperabilidad.

En la cuarta etapa, se implementó una prueba piloto en las rutas gestionadas por la oficina comercial de Quito, permitiendo evaluar la operatividad del sistema en campo y la receptividad del personal involucrado. La quinta fase contempló la capacitación del personal operativo, lo cual fue esencial para garantizar la adopción tecnológica y reducir la resistencia al cambio. Estas acciones se apoyaron en estrategias didácticas centradas en la integración de herramientas TIC en entornos laborales, promoviendo el aprendizaje funcional y la apropiación tecnológica por parte del usuario final (Cacheiro, 2018).

Se incorporaron los recursos tecnológicos necesarios: dispositivos móviles con sistema operativo Android (marca Samsung), cámaras de al menos 8 megapíxeles, conectividad 4G y un plan de datos empresariales. Asimismo, se implementó un módulo offline en la aplicación, que permite almacenar datos localmente en zonas sin cobertura y sincronizarlos automáticamente cuando se restablece la conexión. Esta infraestructura tecnológica permite una operación continua, segura y eficiente, alineada con los objetivos de transformación digital y sostenibilidad operativa de la empresa.

RESULTADOS

La implementación de la aplicación móvil en el proceso logístico de entregas en Plasticaucho Industrial S.A. permitió obtener resultados medibles en términos de eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y percepción del cliente. Uno de los logros más significativos fue la eliminación total del uso de papel en las notas de entrega. Mediante la generación automática de documentos digitales en formato PDF, estos son enviados directamente al correo electrónico del cliente, lo que reduce costos operativos y elimina el riesgo de extravío de documentación (Plasticaucho Industrial S.A., s. f.).

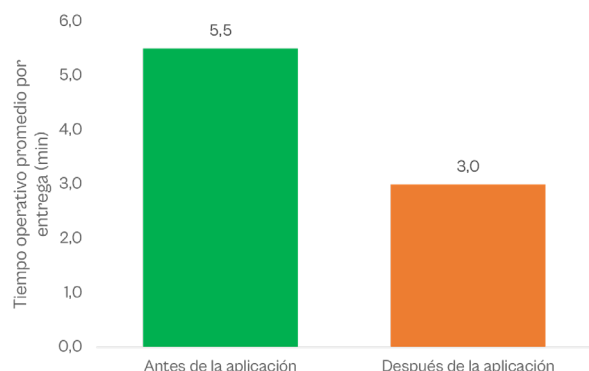
Asimismo, se alcanzó una trazabilidad completa en tiempo real del proceso de entrega. El sistema permite visualizar de manera instantánea cuáles clientes ya fueron atendidos, cuáles están en proceso y cuáles aún están pendientes, mejorando así la capacidad de respuesta ante imprevistos. El respaldo fotográfico y la captura de firma digital georreferenciada han demostrado ser



herramientas eficaces para reducir disputas o reclamos, aportando evidencia verificable y fortaleciendo los mecanismos de control en auditorías (Acevedo y Barreto, 2019).

En términos de productividad, se observó una reducción significativa del tiempo operativo promedio por entrega, disminuyendo de 5,5 a 3 minutos. Esto se debe a la eliminación del llenado manual de documentos físicos y al uso de mapas inteligentes que sugieren rutas óptimas.

Figura 1.
 Comparación de tiempos operativos por entrega



Nota. La implementación de la herramienta redujo el tiempo promedio por entrega de 5,5 a 3 minutos.

Desde el punto de vista económico, la proyección anual de ahorro asciende a aproximadamente USD 9.074,94, considerando la eliminación de gastos por impresión y papel. Este ahorro se traduce también en un impacto ambiental positivo, al contribuir directamente con la reducción de la huella de carbono de la empresa, alineándose con los principios de logística sostenible (García, 2014).

La siguiente tabla resume los principales indicadores antes y después de la implementación del sistema:

Tabla 1.
 Comparación de indicadores clave antes y después del proyecto

Indicador	Antes de la aplicación	Después de la aplicación
Reducción del uso de papel	100 % uso de papel	0 % uso de papel
Ahorro económico anual (USD)	\$9.074,94 en costos de impresión	\$0 en costos de impresión
Tiempo operativo promedio por entrega (minutos)	5,5 minutos	3,0 minutos
Errores y disputas reportadas	Reclamos frecuentes sin evidencia	Disminución con evidencia fotográfica
Clientes con entregas trazables	0 %	100 %

Nota. Los indicadores permiten evaluar los beneficios operativos y económicos derivados de la digitalización del proceso de entregas.

Además, durante el piloto se evidenció una respuesta positiva por parte del personal operativo. Si bien inicialmente se identificó cierta resistencia al cambio, esta fue superada mediante un programa de capacitación centrado en la facilidad de uso, la reducción de tareas repetitivas y la claridad funcional de la herramienta. La gestión del cambio fue clave para asegurar la adopción tecnológica efectiva.

Finalmente, desde una perspectiva tecnológica, la integración con el ERP (SAP) fue crucial para garantizar la viabilidad del proyecto, manteniendo flujos de información sincronizados, evitando redundancias y asegurando la integridad de los datos. Si bien el costo de desarrollo de estas aplicaciones puede representar una inversión inicial importante, su replicabilidad en otras áreas o empresas del sector industrial representa una oportunidad innovadora de alto valor para el desarrollo sostenible empresarial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo Suárez, C. A., & Barreto Manrique, R. M. E. (2019). Propuesta de mejora del servicio de las operaciones logísticas en una empresa manufacturera de cables eléctricos Electro Conductores Peruanos S.A.C. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://hdl.handle.net/10757/657003>
2. Cacheiro González, M. L. (Coord.). (2018). Educación y tecnología: Estrategias didácticas para la integración de las TIC. Editorial UNED. <https://books.google.com/books?id=KG5aDwAAQBAJ>
3. García, C. (2014). Optimización de redes logísticas [Trabajo final de grado, Universitat Politècnica de Catalunya]. UPCommons. <https://hdl.handle.net/2099.1/23251>
4. Plasticaucho Industrial S.A. (s. f.). Industria de calzado. <https://www.plasticaucho.com.ec/nwp/>



GESTIÓN DIGITAL DEL MANTENIMIENTO VEHICULAR PARA REDUCIR CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES EN EL TRANSPORTE PESADO: CASO BUENA FE¹⁷

Digital Vehicle Maintenance Management to Reduce Fuel Consumption and Emissions in Heavy-Duty Transportation: The Buena Fe Case Study

Gabriela Jacome-Andino

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
gejacome@utpl.edu.ec

Marcelo Guerra-Montalvo

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
mjguerra9@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo proponer un sistema digital para la gestión del mantenimiento vehicular que contribuya a reducir el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono en una empresa de transporte pesado ubicada en Buena Fe, Ecuador. Se aplicó un enfoque mixto con alcance descriptivo-diagnóstico, combinando entrevistas semiestructuradas, observación directa, revisión documental y análisis de registros operativos correspondientes al año 2024. El estudio incluyó un análisis FODA, la evaluación comparativa de alternativas de software para la gestión del mantenimiento y la proyección del ahorro energético derivado de la implementación de un sistema digital. Los resultados evidenciaron deficiencias relacionadas con la planificación del mantenimiento, la ausencia de registros sistemáticos de fallas y el incumplimiento del 70 % de los cronogramas establecidos. Mediante una matriz multicriterio se identificó a CloudFleet como la alternativa tecnológica más adecuada para la empresa. Asimismo, la proyección técnica estimó una reducción del 15 % en el consumo anual de diésel, equivalente a un ahorro aproximado de 3.757 galones y USD 6.574 por año, además de una disminución proporcional de las emisiones de CO₂. Se concluye que la digitalización del mantenimiento constituye una estrategia viable para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la sostenibilidad ambiental y optimizar la gestión de flotas de transporte pesado.

Palabras clave: consumo de combustible; emisiones de dióxido de carbono; mantenimiento digital.

ABSTRACT

This study aimed to propose a digital vehicle maintenance management system to reduce fuel consumption and carbon dioxide emissions in a heavy-duty transportation company located in Buena Fe, Ecuador. A mixed-method, descriptive-diagnostic approach was adopted, combining semi-structured interviews, direct observation, documentary analysis, and the evaluation of operational records corresponding to the 2024 fiscal year. The methodology included a SWOT analysis, a comparative evaluation of maintenance management software alternatives, and a technical projection of fuel savings associated with the implementation of a digital maintenance system. The results revealed significant deficiencies in maintenance planning, the absence of systematic failure records, and a 70% non-compliance rate with scheduled maintenance activities. A multicriteria evaluation identified CloudFleet as the most suitable technological solution for the company's operational requirements. Furthermore, the projected implementation estimated a 15% reduction in annual diesel consumption, equivalent to approximately 3,757 gallons and annual savings of USD 6,574, together with a proportional reduction in carbon dioxide emissions. It is concluded that the digitalization of vehicle maintenance represents a feasible strategy for improving operational efficiency, strengthening environmental sustainability, and optimizing heavy-duty fleet management.

Keywords: fuel consumption; carbon dioxide emissions; digital maintenance.

INTRODUCCIÓN

La digitalización de los procesos logísticos y de mantenimiento vehicular se ha consolidado como una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa y reducir impactos ambientales en el transporte. Tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), sensores inteligentes y análisis predictivo, permiten monitorear condiciones mecánicas en tiempo real, anticipar fallas, optimizar el uso de recursos y disminuir el consumo de combustible (Fatorachian et al., 2025). Este enfoque ha cobrado especial relevancia en el transporte pesado, sector que aporta de manera desproporcionada a las emisiones de CO₂ debido al alto consumo de diésel y al uso intensivo de los vehículos (Kodjak et al., 2015).

Diversas investigaciones han demostrado que la calidad del mantenimiento incide directamente en el rendimiento energético. Sakno et al. (2021) exponen que intervalos inadecuados de mantenimiento aumentan los litros consumidos por cada 100 km debido a una menor eficiencia técnica del motor. De igual manera, Gong et al. (2021) señalan que el estado de motores, transmisión, neumáticos y componentes auxiliares es determinante en el consumo energético de camiones de carga pesada. Estas evidencias sustentan la necesidad de migrar hacia modelos de mantenimiento predictivo y digitalizado que respalden decisiones basadas en datos.

En el contexto ecuatoriano, la relevancia del transporte en la huella ambiental es igualmente destacable. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), las actividades vinculadas al transporte y almacenamiento industrial generan alrededor de 1,7 millones de toneladas de CO₂ equivalente, representando el 18 % de las emisiones del sector empresarial. Este panorama exige la adopción de mecanismos que impulsen la sostenibilidad operacional, especialmente en flotas de transporte pesado con alta frecuencia de uso.

El caso particular que motiva esta investigación corresponde a una empresa de transporte de carga pesada ubicada en Buena Fe, Los Ríos, Ecuador, la cual brinda servicios a una comercializadora de insumos agrícolas que, desde 2022, ha adoptado políticas corporativas de sostenibilidad basadas en la medición de su huella de carbono. Su informe de sostenibilidad 2024 reveló que aproximadamente el 70 % de sus emisiones provienen del transporte, motivo por el cual solicitó a la transportadora implementar estrategias que reduzcan el consumo energético de su flota.

Un diagnóstico inicial en la empresa transportista evidenció falencias en la gestión actual del mantenimiento: baja alfabetización digital del personal, ausencia de registros de fallas, deficiente control documental y un incumplimiento del 70 % en los cronogramas establecidos. Estas debilidades dificultan la trazabilidad operativa, incrementan tiempos administrativos y limitan la

toma de decisiones basada en datos. Frente a este escenario, la digitalización se presenta como una solución integral que permite estandarizar procesos, gestionar recursos, generar indicadores y optimizar la comunicación interna (Montilla et al., 2007).

Asimismo, la literatura evidencia el impacto directo de la planificación del mantenimiento sobre el ahorro de combustible. Meneses Narváez et al. (2022) reportan una reducción del 15 % en el consumo tras la ejecución rigurosa de un plan preventivo, mientras que Mora García (2016) destaca que la periodicidad y rigurosidad en las intervenciones mecánicas se traducen en mayor eficiencia energética. Por consiguiente, la implementación de software especializado no solo favorece la eficiencia económica del transporte, sino que también contribuye a disminuir emisiones asociadas al uso de combustibles fósiles, alineándose con los compromisos ambientales corporativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto con alcance descriptivo-diagnóstico, debido a que combinó técnicas cualitativas orientadas a identificar el estado actual de la gestión del mantenimiento vehicular, junto con procedimientos cuantitativos destinados a medir el consumo energético de la flota y estimar el posible impacto de la digitalización sobre el uso de combustible. Esta combinación metodológica fue necesaria porque el problema no solo involucra la revisión de prácticas administrativas internas, sino también el análisis de datos operativos que permiten evaluar el comportamiento real del transporte pesado en términos de eficiencia.

En la fase cualitativa, la información fue recolectada mediante una entrevista semiestructurada dirigida al coordinador de operaciones, responsable del control del mantenimiento de la flota. Esta entrevista permitió conocer la planificación vigente, las responsabilidades asignadas y las decisiones que se toman frente a fallas mecánicas o incumplimientos de cronogramas. La información recabada fue complementada con observación directa de las inspecciones vehiculares y revisión documental de fichas técnicas, cronogramas, bitácoras de mantenimiento y listas de verificación utilizadas por la empresa. Esta etapa permitió caracterizar los procedimientos internos, determinar el nivel de sistematización existente y evaluar la trazabilidad de la información utilizada para la toma de decisiones.

En la fase cuantitativa se recopilieron los registros de operación correspondientes al año 2024, proporcionados por la empresa comercializadora a la que se presta el servicio de transporte. Dichos registros incluyeron el historial de rutas, el kilometraje recorrido por cada vehículo y el volumen total de diésel consumido en el período de estudio. Los datos fueron procesados en Microsoft Excel con el objetivo de calcular el rendimiento



energético de la flota y establecer una línea base que permita comparar resultados tras una intervención digital. Este procesamiento permitió relacionar el consumo de combustible con los tipos de vehículos, sus rutinas de mantenimiento y la magnitud del uso diario asociado a la actividad logística. A partir de esta información se efectuó un diagnóstico de la gestión del mantenimiento mediante la elaboración de un análisis FODA, el cual permitió identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que inciden en la eficiencia del mantenimiento y en la adopción de soluciones tecnológicas. Posteriormente, se evaluaron alternativas de software especializado mediante una matriz comparativa que valoró criterios como funcionalidad, facilidad de uso, seguridad de la información y costos de implementación. La ponderación de estos criterios permitió seleccionar la herramienta tecnológica que mejor se ajusta a las características operativas de la empresa.

Para culminar, se realizó una proyección técnica del ahorro potencial de combustible derivado de la implementación de un mantenimiento digitalizado, tomando como referencia estudios que reportan reducciones

promedio del 15 % en el consumo energético cuando se aplica un mantenimiento preventivo riguroso y basado en datos. Esta estimación justificó la viabilidad técnica, económica y ambiental del sistema digital propuesto, resaltando su contribución a la reducción de emisiones asociadas a la operación del transporte pesado.

RESULTADOS

A partir del diagnóstico realizado se identificaron diversos factores internos y externos que condicionan la gestión del mantenimiento de la flota. En la Tabla 1 se presenta el análisis FODA elaborado, en el que destacan fortalezas que constituyen una base favorable para la implementación de una solución tecnológica, como un margen neto promedio por vehículo del 25 % anual, una flota relativamente moderna (el 90 % de las unidades tiene menos de 15 años de antigüedad) y una plantilla de conductores con conocimientos básicos en mecánica automotriz. Asimismo, la empresa dispone de fichas de mantenimiento, listas de verificación e instalación de dispositivos GPS en los vehículos, lo que constituye un punto de partida para la trazabilidad técnica y operativa.

Tabla 1.
Análisis FODA de la compañía de transporte

Categoría	Elementos identificados
Fortalezas	1) Margen neto promedio por vehículo: 25 % anual. 2) El 90 % de los choferes posee conocimientos en mecánica básica. 3) Disponibilidad de fichas técnicas y checklists. 4) El 90 % de las unidades tiene menos de 15 años de antigüedad. 5) Vehículos equipados con GPS.
Debilidades	1) Bajas habilidades tecnológicas del personal. 2) Deficiente planificación y control del mantenimiento. 3) Ausencia de registros sistemáticos de fallas mecánicas. 4) Falta de monitoreo del consumo de combustible por unidad. 5) Incumplimiento del cronograma de mantenimiento en el 70 % de los casos.
Oportunidades	1) Disponibilidad de aplicaciones SaaS accesibles para la gestión del mantenimiento. 2) Existencia de 897 empresas de mantenimiento registradas en el país que pueden apoyar en servicios especializados.
Amenazas	1) Alta competencia en precios del servicio de transporte. 2) Demoras de 15 a 30 días en la llegada de repuestos. 3) Fallas frecuentes de internet asociadas a cortes eléctricos.

Nota. El análisis sintetiza los principales factores internos y externos que afectan la gestión del mantenimiento vehicular.

El análisis de la Tabla 1 evidencia que, a pesar de contar con una flota con condiciones técnicas aceptables y con ciertos instrumentos básicos de control, la empresa presenta debilidades críticas en la gestión del mantenimiento. La baja alfabetización digital del personal, la ausencia de registros detallados de fallas y la falta de monitoreo del consumo de combustible limitan la posibilidad de tomar decisiones fundamentadas en datos. Particularmente preocupante resulta el incumplimiento del cronograma de mantenimiento en el 70 % de los casos, lo que incrementa el riesgo de averías, reduce la

disponibilidad mecánica de la flota y afecta el desempeño energético. En el entorno externo, la existencia de soluciones SaaS accesibles y de una amplia oferta de talleres de mantenimiento representa una oportunidad clara para profesionalizar y digitalizar la gestión; sin embargo, estas ventajas se ven contrarrestadas por amenazas como la fuerte competencia en precios, los tiempos de espera en la reposición de repuestos y las interrupciones del servicio de internet, que pueden afectar el funcionamiento de sistemas en la nube.



Con base en este diagnóstico, se procedió a realizar una evaluación comparativa de alternativas de software para la gestión del mantenimiento vehicular. La Tabla 2 resume los resultados de la matriz de selección, en la que se valoraron cuatro criterios ponderados: servicios

funcionales (peso 0,4), facilidad de uso (0,3), seguridad de la información (0,1) y costo (0,2). Cada criterio fue calificado en una escala de 1 a 4, donde 4 corresponde al mejor desempeño relativo entre las herramientas comparadas.

Tabla 2.
Evaluación comparativa de alternativas de software

Software	Servicios (0,4)	Facilidad (0,3)	Seguridad (0,1)	Costo (0,2)	Calificación total
Fractal One	3	3	3	2	2,8
CloudFleet	4	3	4	4	3,7
Man Win	3	4	3	3	3,3

Nota. Las ponderaciones aplicadas permitieron determinar el desempeño relativo de cada aplicación en función de los criterios evaluados.

El análisis de la Tabla 2 muestra que CloudFleet obtiene la calificación global más alta (3,7), superando a Man Win (3,3) y a Fractal One (2,8). Este resultado se explica principalmente por su mejor desempeño en servicios funcionales y costo, criterios que concentran el 60 % de la ponderación total. CloudFleet destaca por ofrecer un conjunto más robusto de funciones específicas para la gestión de mantenimiento (planificación de órdenes de trabajo, registro de fallas, seguimiento de repuestos y generación de indicadores), al tiempo que presenta un costo de licencia anual relativamente competitivo frente a las otras opciones. Aunque Man Win obtiene una mejor calificación en facilidad de uso, esta ventaja no compensa la diferencia en el resto de los criterios ponderados. Fractal One, por su parte, se ubica como la alternativa menos favorable, principalmente por su menor desempeño en costos y en el nivel de servicio ofrecido. En conjunto, la matriz de evaluación sustenta de manera objetiva la selección de CloudFleet como la solución tecnológica más adecuada para la realidad económica y operativa de la empresa.

De manera complementaria, se analizó el desempeño energético de la flota conformada por 17 camiones con seis tipos de capacidad de carga. Los datos correspondientes al año 2024 indican un recorrido total de 325.068 km y un consumo de 25.045 galones de diésel (Tabla 3). A partir de estos valores, se obtiene un rendimiento promedio aproximado de 12,98 km por galón, lo cual sirve como línea base para evaluar futuros escenarios de mejora. Considerando la evidencia reportada en la literatura sobre los efectos de un mantenimiento preventivo riguroso, se tomó como referencia un escenario conservador de mejora del 15 % en la eficiencia del uso de combustible.

Tabla 3.
Consumo actual y proyección de ahorro de combustible

Distancia recorrida (km)	Diésel consumido (galones)	Ahorro proyectado (15 %) (gal)
325.068	25.045	3.757

Nota. La proyección se calcula sobre la base de una mejora del 15 % en la eficiencia del combustible tras la digitalización del mantenimiento.

Bajo este supuesto, la implementación de una gestión de mantenimiento digitalizada permitiría reducir el consumo anual de diésel en aproximadamente 3.757 galones, pasando de 25.045 a cerca de 21.288 galones. Esta disminución se traduciría en una mejora del rendimiento promedio de la flota, que podría pasar de alrededor de 12,98 km/galón a aproximadamente 15,27 km/galón, lo que representa un incremento significativo en eficiencia energética. Desde el punto de vista económico, considerando el costo promedio del diésel asumido en el estudio, el ahorro anual estimado asciende a unos 6.574 dólares, cifra que compensaría ampliamente la inversión requerida para la adquisición de la licencia de CloudFleet, estimada en 2.940 dólares anuales. En términos de retorno, la inversión en software se recuperaría en un período inferior a un año, lo que refuerza la viabilidad financiera de la propuesta.

Más allá del beneficio económico directo, la reducción del 15% en el consumo de combustible implica una disminución proporcional de las emisiones de CO₂ asociadas a la operación de la flota. Dado que el transporte representa una fracción importante de la huella de carbono de la empresa cliente, el ahorro de combustible proyectado constituye un aporte relevante al cumplimiento de sus metas de sostenibilidad. De este modo, los resultados obtenidos muestran que la implementación de un sistema digital de gestión del mantenimiento no solo contribuye a mejorar la eficiencia operativa interna de la empresa transportista, sino que también genera impactos positivos medibles en términos de costos, desempeño energético y mitigación de emisiones en el transporte pesado.

Los resultados obtenidos confirman que la adopción de sistemas digitales para el mantenimiento vehicular puede generar mejoras sustanciales en la eficiencia del combustible. Estudios previos muestran que la digitalización industrial mejora la eficiencia de máquinas de gran porte mediante sensores y datos operativos, como lo encontró Pashkevich et al. (2019) en equipos pesados. Asimismo, los trabajos que examinan vehículos pesados evidencian que factores como el peso, la transmisión y el ciclo



operativo influyen directamente en el consumo de combustible (Fan et al., 2024). Esta investigación va un paso más allá, al demostrar que la gestión del mantenimiento, articulada vía software, también puede representar un ahorro tangible y retornos económicos rápidos.

La matriz comparativa de software con la selección de CloudFleet valida que criterios como funcionalidad, costo y facilidad de uso son determinantes en contextos con escasez de recursos tecnológicos. Estas decisiones coinciden con la literatura sobre penetración tecnológica en vehículos pesados, la cual afirma que la adopción de eficiencia depende tanto de la tecnología disponible como del entorno operativo (Rodríguez et al., 2017).

Además, la literatura sobre trazabilidad y telecomunicación vehicular muestra que la integración de telemática y mantenimiento predictivo puede reducir el consumo entre un 12 % y 15 % en grandes flotas (Barbado & Corcho, 2021).

Cabe destacar que la digitalización no es solo una herramienta operativa, sino estratégica: al reducir el combustible, también se reduce el impacto ambiental, lo cual es concordante con las recomendaciones del informe de la National Academies of Sciences (2019) sobre vehículos pesados y reducción de emisiones. En conjunto, estos hallazgos apoyan la viabilidad de la propuesta tanto en términos técnicos, económicos como ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barbado, A., & Corcho, Ó. (2021). Optimización del combustible del vehículo en condiciones de conducción reales: un enfoque de inteligencia artificial explicable. Preimpresión de arXiv arXiv:2107.06031. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.06031>
2. Fan, P., Song, G., Zhai, Z., Wu, Y., & Yu, L. (2024). Fuel consumption estimation in heavy-duty trucks: Integrating vehicle weight into deep-learning frameworks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 130, 104157. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2024.104157>
3. Fatorachian, H., Kazemi, H., & Pawar, K. (2025). Digital transformation for sustainable transportation: Leveraging Industry 4.0 technologies to optimize efficiency and reduce emissions. *Future Transportation*, 5(2), 34. <https://doi.org/10.3390/FUTURETRANSP5020034>
4. Gong, J., Shang, J., Li, L., Zhang, C., He, J., & Ma, J. (2021). A comparative study on fuel consumption prediction methods of heavy-duty diesel trucks considering 21 influencing factors. *Energies*, 14(23), 8106. <https://doi.org/10.3390/EN14238106>
5. Kodjak, D., Sharpe, B., & Delgado, O. (2015). Evolution of heavy-duty vehicle fuel efficiency policies in major markets. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(5), 755-775. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9632-5>
6. Meneses Narváez, H. A., Tello Guzmán, J. R., & Pinto Ayala, S. L. (2022). Importancia de la mecánica ligera en el mantenimiento preventivo del vehículo. *Polo del Conocimiento: Revista Científico-Profesional*, 7(9), 1609-1625. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4652>
7. Montilla, C., Arroyave, J. F., & Silva, C. E. (2007). Caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo. *Scientia et Technica*, 1(37), 273-278. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4077>
8. Mora García, L. A. (2016). *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento* (2.ª ed.). Ecoe Ediciones. <https://books.google.com.ec/books?id=jXs5DwAAQBAJ&printsec=frontcover>
9. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Reducing fuel consumption and greenhouse gas emissions of medium- and heavy-duty vehicles, phase two: Final report. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25542>
10. Pashkevich, N., Haftor, D., Karlsson, M., & Chowdhury, S. (2019). Sustainability through the digitalization of industrial machines: Complementary factors of fuel consumption and productivity for forklifts with sensors. *Sustainability*, 11(23), 6708. <https://doi.org/10.3390/SU11236708>
11. Rodríguez, F., Muncrief, R., Delgado, O., & Baldino, C. (2017). Market penetration of fuel-efficiency technologies for heavy-duty vehicles in the European Union, the United States, and China. International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/HDV-market-penetration_ICCT_White-Paper_050917_vF_corrected.pdf
12. Sakno, O., Medvediev, I., & Kolesnikova, T. (2021). Study on the relationship between vehicle maintenance and fuel consumption. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 113, 163-172. <https://doi.org/10.20858/SJSUTST.2021.113.13>



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN PARA MEJORAR LA GESTIÓN VEHICULAR EN UNIDADES LOGÍSTICAS MILITARES: CASO DEL CAL1 EL ORO¹⁸

Implementation of a Geolocation System to Improve Vehicle Management in Military Logistics Units: The CAL1 El Oro Case Study

Alexander Hidalgo-Medina

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
ahidalgo@utpl.edu.ec

Carolina Parreño-Bonilla

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
cdparreno1@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de geolocalización para fortalecer la gestión vehicular del Comando de Apoyo Logístico n.º 1 "El Oro" (CAL1), mejorar la eficiencia operativa, optimizar el consumo de combustible y aumentar la seguridad logística. Se aplicó un enfoque mixto con diseño cuasiexperimental antes-después, mediante observación directa, análisis documental y monitoreo con aplicaciones de georreferenciación en la ruta piloto Machala-Quito-Machala. Se evaluaron la distancia recorrida, el consumo de combustible, los tiempos de desplazamiento y los eventos operativos. Los resultados mostraron una reducción del recorrido de 2.110 a 2.000 km y del consumo de 460 a 435 galones, equivalente a un ahorro aproximado del 5,43 %. Además, el sistema permitió detectar desvíos no autorizados, monitorear las unidades en tiempo real y fortalecer el control mediante telemetría, alertas preventivas y seguimiento satelital. Se concluye que la geolocalización mejora la eficiencia logística, la gestión de flotas y la seguridad en el transporte militar.

Palabras clave: geolocalización; gestión vehicular; logística militar.

ABSTRACT

The research aimed to design and implement a geolocation system to strengthen vehicle management for Logistics Support Command No. 1 "El Oro" (CAL1), improve operational efficiency, optimize fuel consumption, and enhance logistics security. A mixed-methods approach with a quasi-experimental "before-and-after" design was employed, utilizing direct observation, document analysis, and monitoring via georeferencing applications along the Machala-Quito-Machala pilot route. Key metrics evaluated included distance traveled, fuel consumption, travel times, and operational events. Results showed a reduction in distance from 2,110 to 2,000 km and in fuel consumption from 460 to 435 gallons, representing an approximate saving of 5.43%. Furthermore, the system enabled the detection of unauthorized deviations and real-time unit monitoring, while strengthening control through telemetry, preventive alerts, and satellite tracking. The study concludes that geolocation enhances logistics efficiency, fleet management, and security in military transport..

Keywords: geolocation; vehicle management; military logistics.

INTRODUCCIÓN

La globalización y el avance acelerado de las tecnologías de la información han transformado radicalmente la gestión logística en los sectores público y privado. En particular, la implementación de sistemas de geolocalización en el transporte terrestre ha optimizado el control de flotas, mejorado la eficiencia operativa y reforzado la seguridad en la cadena de suministro (Núñez & Pacheco, 2021; Zapata et al., 2013). Estas soluciones tecnológicas permiten una supervisión continua de los vehículos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones estratégicas basadas en información precisa sobre ubicación, consumo de combustible y desempeño del conductor (Flores-Cortez & Gonzales, 2023). Además, recientes investigaciones evidencian que la geolocalización vinculada a telemetría contribuye a la reducción de emisiones asociadas al transporte, así como a la gestión sostenible de flotas a nivel institucional y empresarial (Michael et al., 2024; Montiel et al., 2019).

En este contexto, el Comando de Apoyo Logístico n.º 1 "El Oro" (CAL1), unidad militar acantonada en la provincia de El Oro, Ecuador, se enfrenta a la necesidad urgente de modernizar su sistema de control vehicular. Actualmente, la flota administrativa y táctica del CAL1 no cuenta con herramientas tecnológicas que permitan monitorear en tiempo real sus vehículos durante misiones dentro y fuera de la provincia, lo que limita su eficiencia operativa y capacidad de respuesta ante emergencias o desvíos imprevistos (Sección de Operaciones Logísticas CAL1, 2024). La ausencia de monitoreo vehicular en entidades estratégicas militares también se asocia con elevados niveles de riesgo durante operaciones logísticas, especialmente en zonas fronterizas o de potencial conflicto, donde la información oportuna puede disminuir amenazas a la seguridad institucional (González et al., 2022).

Esta problemática no solo afecta la planificación logística, sino que también incide directamente en la seguridad del personal y los recursos movilizados. Durante el año 2024, el CAL1 ha gestionado el transporte de miles de toneladas de recursos logísticos, combustible y agua, así como el traslado de personal militar a diferentes destinos nacionales, evidenciando la magnitud de su operación (Sección de Operaciones Logísticas CAL1, 2024). No obstante, sin un sistema de monitoreo moderno, se pierde visibilidad del recorrido real de los vehículos, generando posibles desviaciones, riesgos de pérdida o robo de carga y mayores costos por mantenimiento y consumo excesivo de combustible.

Diversos estudios han demostrado los beneficios de incorporar soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) y telemetría para optimizar la gestión vehicular. Zapata et al. (2013) documentaron cómo el uso de GPS y plataformas digitales permite obtener información continua sobre recorridos y rendimiento de vehículos.

A su vez, Núñez y Pacheco (2021) plantean que la integración de GPS y pasarelas SMS puede mejorar significativamente la coordinación entre áreas operativas y de control. Flores y Gonzales (2023) implementaron un prototipo con microcontroladores Atmega32u4 y módulos SIM808, logrando controlar parámetros como ubicación, carga y rutas en tiempo real. Asimismo, Álvarez et al. (2018) desarrollaron un sistema eficiente de localización de contenedores en Cuba, basado en tecnología Android y SMS, evidenciando que incluso soluciones de bajo costo pueden ser efectivas en contextos presupuestarios limitados. Por otro lado, Fuentes et al. (2021) resaltan la importancia de integrar factores humanos en la evaluación del desempeño logístico, mientras que Granillo et al. (2020) destacan la capacidad de la telemetría para prevenir desvíos no autorizados y mejorar el uso de recursos. Estas experiencias respaldan la viabilidad de implementar un sistema similar en el CAL1, permitiendo una gestión logística más segura, eficiente y transparente en una zona geoestratégica del país.

Desde esta perspectiva, la presente investigación reviste importancia académica y operativa, debido a que contribuye a la modernización de la logística militar ecuatoriana mediante la incorporación de herramientas tecnológicas aplicadas a la seguridad, sostenibilidad y eficiencia del transporte institucional. El objetivo principal del estudio es diseñar e implementar un sistema de geolocalización para los vehículos administrativos del Comando de Apoyo Logístico n.º 1 "El Oro", con el fin de fortalecer el control operativo, reducir costos logísticos y garantizar el cumplimiento eficiente de misiones estratégicas, alineándose con los avances tecnológicos aplicados en otras instituciones similares a nivel regional y global.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto de carácter aplicado y se orientó a evaluar el impacto operativo derivado de la incorporación de un sistema de geolocalización en los vehículos administrativos del Comando de Apoyo Logístico n.º 1 "El Oro" (CAL1). La investigación adoptó un diseño cuasiexperimental de comparación antes-después, el cual permitió analizar diferencias en el desempeño vehicular con y sin intervención tecnológica, manteniendo las condiciones reales de operación. Este tipo de diseño es frecuente en estudios de optimización logística en contextos institucionales en los que no es posible manipular completamente las variables operativas (Michael et al., 2024; Montiel et al., 2019).

La prueba piloto se realizó en la ruta Machala-Quito-Machala, considerando una muestra intencional de vehículos representativos según su papel en la movilización militar, su elevado consumo anual de combustible y su utilización frecuente en trayectos interprovinciales con zonas de riesgo y cambios geográficos significativos.



Con base en estos criterios, se evaluó una mula Nissan, un camión y un furgón Sinotruk, además de un bus Howo, debido a su participación activa en el transporte de personal, recursos y abastecimiento logístico. La elección de estas unidades resulta pertinente cuando el objetivo del análisis se centra en el comportamiento operativo y la eficiencia funcional del parque automotor en situaciones reales de desplazamiento (Fuentes et al., 2021).

La recopilación de datos se apoyó en técnicas cuantitativas y cualitativas complementarias. Por una parte, se aplicó observación directa asistida por herramientas tecnológicas de georreferenciación, empleando aplicaciones móviles como Waze y Baset para registrar en tiempo real la ubicación, el kilometraje recorrido, los desvíos efectuados, la velocidad promedio, las detenciones y los tiempos totales de viaje, siguiendo la recomendación metodológica de Flores-Cortez & Gonzales (2023) respecto al uso de tecnologías IoT en la trazabilidad vehicular. Paralelamente, se realizó un análisis documental basado en registros administrativos del CAL1, que incluyó bitácoras de conducción, órdenes de marcha, reportes de mantenimiento y formatos de abastecimiento de combustible emitidos durante el año 2024 por la Sección de Operaciones Logísticas. Dichas fuentes permitieron establecer la línea base para la comparación con la fase de intervención.

El procedimiento se estructuró en dos etapas. En la primera se analizaron recorridos previos sin monitoreo digital mediante la información documental disponible. En la segunda se implementó el seguimiento mediante GPS, lo que permitió contrastar el desempeño de las mismas unidades en condiciones de intervención tecnológica. La comparación entre ambas fases facilitó identificar variaciones en el consumo de combustible, las distancias reales frente a las planificadas, el tiempo total de desplazamiento y la ocurrencia de incidentes operativos, tales como desvíos no autorizados o detenciones innecesarias, metodología acorde con estudios de telemetría vehicular aplicados a instituciones públicas y privadas (Granillo-Macías et al., 2020).

Junto con el análisis técnico, se incorporó una evaluación de viabilidad económica con base en la propuesta comercial emitida por la empresa ecuatoriana Senda (Senda S.A., 2016), la cual establece un costo anual promedio de USD 150 por cada unidad vehicular, incluyendo instalación del dispositivo GPS, acceso a plataforma de monitoreo, aplicación móvil de seguimiento, mantenimiento correctivo y reportes automatizados. Para la

totalidad de la flota administrativa del CAL1, la inversión proyectada alcanza USD 4.650 anuales, monto que se encuentra dentro de los márgenes presupuestarios destinados a modernización logística y que responde a las políticas de eficiencia operativa vigentes en instituciones militares ecuatorianas (González et al., 2022).

En términos generales, la metodología aplicada permitió evaluar de manera integral el rendimiento del sistema propuesto, demostrando su potencial para fortalecer el control del parque automotor, incrementar la eficiencia logística y mejorar la seguridad estratégica en el transporte institucional, especialmente en zonas geoestratégicas donde la visibilidad operativa constituye un factor crítico de planificación y seguridad.

RESULTADOS

La implementación piloto del sistema de geolocalización en los vehículos administrativos del Comando de Apoyo Logístico n.º 1 "El Oro" (CAL1) permitió demostrar mejoras operativas significativas en términos de eficiencia logística, seguridad institucional y consumo de recursos. El análisis comparativo entre el rendimiento de los vehículos con seguimiento GPS y el desempeño registrado en condiciones autónomas evidenció diferencias claras en la distancia recorrida y el consumo de combustible durante los desplazamientos interprovinciales. Como se observa en la Tabla 1, todas las unidades monitorizadas mediante aplicación móvil redujeron el kilometraje total de recorrido respecto a los trayectos sin control digital, lo cual se tradujo en un ahorro directo de combustible.

La disminución de recorrido fue especialmente relevante en el furgón Sinotruk, cuya diferencia de 50 km entre ambos escenarios representa el mayor ahorro relativo dentro de la muestra analizada. A su vez, la mula Nissan registró una reducción de 15 km, junto con un ahorro de 10 galones de combustible, lo que demuestra la incidencia directa del monitoreo digital en la eficiencia energética. En términos totales, los vehículos monitorizados recorrieron 2000 km y consumieron 435 galones, frente a los 2110 km y 460 galones registrados sin intervención GPS, lo que supone un ahorro energético promedio del 5,43 %. Este valor se encuentra dentro del rango esperado para tecnologías de telemetría aplicada a transporte institucional, donde estudios previos han reportado reducciones entre el 4 % y el 10 % tras la incorporación de plataformas de rastreo vehicular (Michael et al., 2024; Granillo et al., 2020).



Tabla 1.

Comparación del consumo de combustible y kilómetros recorridos con y sin monitoreo GPS

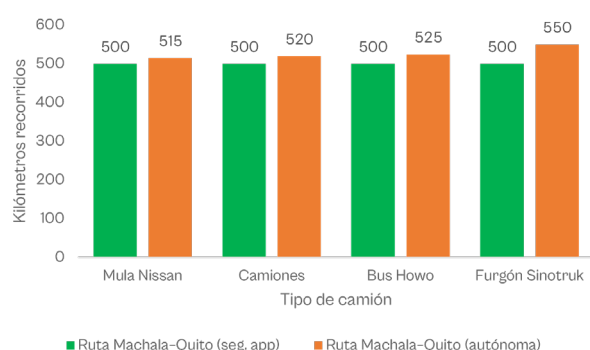
Tipo de camión	Ruta Machala–Quito (seg. app)	Combustible (seg. app)	Ruta Machala–Quito (autónoma)	Combustible (autónoma)
Mula Nissan	500 km	100 gl	515 km	110 gl
Camiones	500 km	120 gl	520 km	125 gl
Bus Howo	500 km	95 gl	525 km	100 gl
Furgón Sinotruk	500 km	120 gl	550 km	125 gl
Total	2000 km	435 gl	2110 km	460 gl

Nota. Los valores reflejan las diferencias entre recorridos con monitoreo satelital y recorridos autónomos sin supervisión digital.

Las diferencias expuestas se encuentran ilustradas en la Figura 1, donde se evidencia la variación porcentual en kilómetros recorridos según el tipo de monitoreo aplicado. La representación visual indica una tendencia decreciente asociada al uso de tecnologías de georreferenciación, confirmando que la telemetría reduce la incertidumbre operativa y el recorrido innecesario. Esto se correlaciona con las conclusiones de Flores-Cortez y Gonzáles (2023), quienes destacan que el uso de IoT y GPS contribuye a la optimización de rutas mediante el análisis en tiempo real de condiciones viales, congestión, clima y riesgo geográfico.

Figura 1.

Comparación de kilómetros recorridos por tipo de ruta



Nota. La comparación de rutas evidencia que el monitoreo mediante aplicaciones optimiza los kilómetros recorridos.

Además de la mejora energética y de rendimiento, el sistema GPS permitió incrementar los niveles de seguridad institucional. Durante la intervención se registraron alertas de desviaciones no autorizadas y detenciones prolongadas en zonas con baja cobertura, información que puede ser crucial en el contexto fronterizo del sur del país. Estos resultados concuerdan con los estudios de González et al. (2022), quienes enfatizan que las tecnologías de rastreo vehicular son componentes estratégicos en las operaciones logísticas militares, al reducir el riesgo de pérdida, robo o sabotaje de recursos. Asimismo, la plataforma utilizada incorpora un botón de pánico y alertas preventivas asociadas al Tiempo Límite de Revisión (TLR) mecánica, lo que optimiza el mantenimiento y prolonga la vida útil de la flota (Senda, 2016).

En conjunto, la evidencia empírica obtenida en la prueba piloto demuestra que el sistema de geolocalización implementado en el CAL1 no solo mejora la eficiencia logística y el uso de combustible, sino que contribuye al fortalecimiento del control operativo y la seguridad militar estratégica, confirmando el impacto positivo de la geolocalización como herramienta de gestión vehicular en instituciones de defensa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez Arteaga, M., Vento Álvarez, J. R., & Fernández Gil, A. (2018). Sistema de seguimiento dinámico de posición de contenedores utilizando teléfonos inteligentes con sistema operativo Android. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(1), 90–101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9989929>
2. Flores-Cortez, O. O., & Gonzales Crespín, B. (2023). Aplicación de tecnologías IoT en el control y seguimiento de transporte de carga terrestre. *Revista Minerva*, 6(1), 43–56. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.10945>
3. Fuentes Vega, J. R., Millo Carmenate, V., Cogollos Martínez, J. B., Pérez Chaviano, A., & Fundora Beltrán, P. (2021). El sistema de indicadores para evaluar el desempeño del transporte de cargas. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 342–353. https://www.researchgate.net/publication/354374296_El_sistema_de_indicadores_para_evaluar_el_desempeno_del_transporte_de_cargas
4. González, O. M., López, W. G., Armendáriz, F. J., & Panchi, G. A. (2022). Hacia las nuevas tendencias tecnológicas de defensa en Fuerzas Armadas del Ecuador. *Revista de Estudios en Seguridad Internacional*, 8(2),



125-148. <https://doi.org/10.18847/1.16.8>

5. Granillo-Macías, R., Téllez-López, G., Lopez-Jimenez, J. A., & Contreras-Juarez, A. (2020). Uso de la telemetría en la administración del transporte. *Ingenio y Conciencia. Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 7(13), 71-74. <https://doi.org/10.29057/escs.v7i13.4948>
6. Michael Ikumapayi, O., Timothy Laseinde, O., Elewa, R. R., Samson Ogedengbe, T., & Titilayo Akinlabi, E. (2024). Smart sensors for real-time monitoring in sustainable logistics. *E3S Web of Conferences*, 552, Article 01079. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455201079>
7. Montiel Arguijo, J. E., Gutiérrez León, E., Carreto Arellano, C., & Menchaca García, F. R. (2019). Propuesta de sistema de gestión para optimización de redes de transporte público. *Research in Computing Science*, 148(10), 235-245. <https://doi.org/10.13053/rscs-148-10-20>
8. Nuñez Velarde, K. G., & Pacheco Chávez, P. G. (2021). Optimización del proceso de gestión de flota para una empresa de transporte de carga por carretera usando machine learning, BI, GPS y SMS gateway [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657542>
9. Senda S.A. (2016). Proyecto de monitoreo vehicular para instituciones estatales (Documento técnico interno no publicado).
- 10). Zapata Corte, J. A., Arango Serna, M., & Gomez, R. A. (2013). Information systems applied to transport improvement. *DYNA*, 80(180), 77-86. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000400010



OPTIMIZACIÓN DEL INVENTARIO Y EFICIENCIA OPERATIVA EN CORPORACIÓN AZENDE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE CÓDIGOS DE BARRAS Y MEJORA DE PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS¹⁹

Inventory Optimization and Operational Efficiency at Corporación Azende through Barcode Technology and Internal Logistics Process Improvement

Jhonatan Palacio-Guillén

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
jpalacio@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar la gestión de inventarios y mejorar la eficiencia de los procesos logísticos internos en Corporación Azende mediante la implementación de tecnología de códigos de barras, la clasificación ABC y la metodología FIFO. Se adoptó un enfoque metodológico mixto con predominio cuantitativo, que incluyó observación directa, análisis documental, encuestas y entrevistas al personal operativo y administrativo de las bodegas de materia prima, materiales y producto terminado. La intervención contempló la implementación del sistema Bart.code, la digitalización de los registros de inventario, la reorganización física de las bodegas y la capacitación del personal. Los resultados evidenciaron una reducción del 33,3 % en el tiempo de preparación de pedidos, una disminución del 20 % en los costos operativos y mejoras del 65 % y 70 % en las actividades de inventario y picking, respectivamente. Asimismo, la aplicación de los métodos ABC y FIFO fortaleció la trazabilidad, optimizó la rotación de productos y redujo las pérdidas asociadas a errores de almacenamiento y caducidad. Se concluye que la automatización mediante códigos de barras constituye una estrategia eficaz para incrementar la precisión de los inventarios, mejorar la productividad logística y fortalecer la competitividad empresarial.

Palabras clave: clasificación ABC; códigos de barras; gestión de inventarios.

ABSTRACT

This study aimed to optimize inventory management and improve the efficiency of internal logistics processes at Corporación Azende through the implementation of barcode technology, ABC inventory classification, and the First In, First Out (FIFO) methodology. A mixed-method approach with a quantitative emphasis was adopted, combining direct observation, documentary analysis, surveys, and interviews with operational and administrative personnel working in raw material, packaging, and finished product warehouses. The intervention included the implementation of the Bart.code system, inventory record digitalization, warehouse layout reorganization, and employee training. The results demonstrated a 33.3% reduction in order preparation time, a 20% decrease in operating costs, and improvements of 65% and 70% in inventory control and picking activities, respectively. In addition, the application of the ABC and FIFO methodologies strengthened inventory traceability, optimized product rotation, and reduced losses associated with storage errors and product expiration. It is concluded that barcode-based automation represents an effective strategy for improving inventory accuracy, increasing logistics productivity, and strengthening business competitiveness.

Keywords: ABC classification; barcode technology; inventory management.

INTRODUCCIÓN

En el entorno competitivo actual, las empresas enfrentan una creciente presión por optimizar sus operaciones logísticas, reducir costos y mejorar la eficiencia en el manejo de inventarios. La Corporación Azende, ubicada en Paute, provincia del Azuay, se desempeña en el sector de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, con una destacada presencia en supermercados y tiendas de la región. No obstante, como muchas organizaciones manufactureras, enfrenta desafíos críticos relacionados con la gestión ineficiente de inventarios, duplicidad de procesos, errores manuales y tiempos prolongados en la preparación de pedidos.

El presente estudio se enfoca en el rediseño y mejora del flujo de inventarios en las bodegas de la empresa, específicamente en aquellas destinadas a materiales, materias primas y productos terminados. Estas unidades operativas requieren una sincronización precisa para mantener la continuidad de la cadena de suministro, minimizar costos operativos y garantizar la disponibilidad de productos en los puntos de venta. Para lograrlo, se propone la implementación de tecnologías como los códigos de barras, el uso del sistema de categorización ABC y la metodología FIFO, en conjunto con un software de gestión de inventarios. Estas herramientas permiten agilizar los registros, mejorar la trazabilidad y reducir significativamente los tiempos y errores en los procesos internos (Foliaco, 2022; Simpli, 2023; Jara-Cordero et al., 2017).

Estudios recientes demuestran que la digitalización en la logística puede mejorar la sostenibilidad ambiental y reducir los costos operativos, gracias a una gestión más eficiente del almacenamiento y la distribución (Gámez-Albán et al., 2024). Asimismo, la utilización de sistemas como RFID y lectores automatizados de códigos de barras permite mantener un control en tiempo real del inventario físico y digital, lo que resulta esencial para evitar pérdidas por caducidad, sobreproducción o rotación inadecuada (Arilla, 2021; Mecalux, s.f.).

En el caso de Corporación Azende, se ha identificado una problemática estructural en el manejo de las bodegas, evidenciada en la falta de registros digitales, uso excesivo de métodos manuales, prolongadas jornadas de conteo y errores en la entrega y ubicación de materiales. Estos factores han derivado en costos innecesarios por almacenamiento improductivo, pérdidas económicas por productos vencidos y baja eficiencia operativa (Cornejo et al., 2023). Frente a este escenario, la imple-

mentación de una estrategia integral basada en la automatización, clasificación inteligente y capacitación del personal se presenta como una oportunidad clave para transformar el modelo logístico de la empresa.

Este trabajo se enmarca en los principios de la gestión moderna de la cadena de suministro, apoyándose en herramientas y metodologías reconocidas a nivel internacional, que permiten no solo optimizar los procesos internos, sino también fortalecer la capacidad de respuesta ante la variabilidad de la demanda y las exigencias del mercado actual (Chopra & Meindl, 2001; Wamba et al., 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, con predominancia cuantitativa, para optimizar los procesos de entrega, control y manipulación de materiales en las bodegas de Corporación Azende. El eje central de la intervención fue la implementación de un sistema de lectura de etiquetas por código de barras, que permitió registrar datos precisos de los productos al momento de su recepción, considerando atributos como volumen, peso y cantidad por millar. Esta herramienta tecnológica facilitó la captura y procesamiento automatizado de datos, mejorando significativamente la eficiencia operativa y la trazabilidad de los inventarios, en línea con las recomendaciones de gestión logística avanzada (Wamba et al., 2021).

Durante el desarrollo del estudio, se realizó un seguimiento constante en las instalaciones físicas de las bodegas, donde se aplicaron inspecciones directas y se levantó información en hojas de cálculo Excel. Cada material fue codificado con su respectiva etiqueta de barras, documentando ingresos, movimientos y localizaciones. Este proceso de codificación permitió establecer una base de datos estructurada que facilitó el análisis de los flujos internos y la identificación de cuellos de botella en los procesos de almacenamiento, picking y despacho.

Para la recolección de datos, se diseñaron y aplicaron encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas al personal operativo y administrativo, con un total de 25 participantes, distribuidos en las áreas de bodegas de materia prima, materiales y producto terminado. Las técnicas utilizadas permitieron obtener información relevante sobre las rutinas de inventario, tiempos de operación y percepción del sistema de control actual. La Tabla 1 resume la distribución del personal y la metodología de obtención de datos.



Tabla 1.
Distribución de personal encuestado

Personal administrativo	Personal operativo	Metodología de obtención de datos	Área de bodega
1	4	Encuesta	Materia prima
2	7	Encuesta	Materiales
2	9	Entrevista	Producto Terminado

Nota. La distribución del personal encuestado permitió recopilar información representativa de las principales áreas de bodega, fortaleciendo el análisis del sistema de gestión de inventarios.

Además, se realizó un análisis documental de los registros históricos de la empresa, revisando reportes de órdenes de compra, expediciones, devoluciones y faltantes. Esta información permitió identificar las principales deficiencias en la sincronización entre el inventario físico y el digital, y sirvió como línea base para validar la hipótesis de que la implementación del sistema de códigos de barras optimizaría significativamente la gestión de inventario.

En el componente económico, se consideró una inversión inicial de \$1.400 para la adquisición del hardware necesario, incluyendo lectores de código de barras y antenas receptoras. A ello se suman costos mensuales de operación de \$150, correspondientes a servicios como energía eléctrica, conectividad, impresión de etiquetas y mantenimiento del sistema. El software utilizado fue Bartcode, el cual se integró con los registros contables de Kardex y Excel, funcionando bajo una conexión intranet para ejecutar operaciones como recepción, expedición y control de órdenes de producción.

El sistema Bartcode permitió asociar información clave como lote, proveedor y fecha de ingreso, con cada producto escaneado, lo que proporcionó un flujo efectivo de información para la toma de decisiones en tiempo real. Como instrumentos de apoyo, se utilizaron hojas de cálculo y registros del sistema JD Edward, lo que permitió delimitar y comparar la situación inicial con los cambios implementados durante el proyecto.

La hipótesis central de la investigación plantea que la automatización mediante el sistema de códigos de barras mejora la confiabilidad de los registros, permite una mayor precisión en el control de existencias, y reduce significativamente los tiempos operativos, aspectos también abordados por Chopra y Meindl (2001) en el marco de la gestión eficiente de cadenas de suministro. La confiabilidad del sistema se comprobó mediante el monitoreo constante de indicadores clave de inventario, observando mejoras en la actualización, rastreo y validación de productos en cada una de las áreas operativas.

En la primera etapa, se realizó un análisis histórico de los datos de ventas y movimientos de inventario, recopilando información sobre nombre del producto, cantidad vendida, precio de venta y valor total. A partir de ello, se calculó el Valor de Uso Anual (VAU), con la fórmula $VAU = \text{cantidad vendida} \times \text{precio unitario}$, lo que permi-

tió clasificar los productos según su aporte al valor total del inventario, priorizando aquellos con mayor impacto financiero (Wamba et al., 2021).

La segunda etapa consistió en la capacitación del personal en el uso del sistema Bartcode, a través de talleres y sesiones prácticas que aseguraron el dominio funcional del software y la comprensión de su impacto en la eficiencia general de la empresa. Este componente fue esencial para alinear al equipo humano con las nuevas políticas de control y digitalización, tal como lo recomiendan Chopra y Meindl (2001) en procesos de transformación logística.

Finalmente, se aplicó el modelo FIFO (First In, First Out) como política de rotación de productos, especialmente importante en una industria como la de bebidas, donde la perecibilidad de los productos requiere que los artículos más antiguos se vendan primero para preservar su calidad. El sistema permitió registrar automáticamente las fechas de ingreso y alertar sobre productos próximos a vencer, optimizando la rotación y minimizando pérdidas (Jara-Cordero et al., 2017).

RESULTADOS

La implementación del sistema de códigos de barras Bartcode en las bodegas de Corporación Azende evidenció una mejora significativa en la eficiencia de los procesos logísticos internos, especialmente en inventariado, picking, recepción y almacenamiento. Los datos obtenidos a partir de observación directa, análisis documental y encuestas muestran una disminución considerable de tiempos operativos y un incremento en la precisión de registros, lo cual coincide con lo planteado por Arilla (2021) y Mecalux (s.f.) respecto a la trazabilidad digital en sistemas logísticos.

Uno de los cambios más relevantes se produjo en el procesamiento de órdenes diarias. Antes de la implementación tecnológica, el tiempo promedio de preparación por pedido era de 45 minutos, lo que representaba entre 3:45 y 4:30 horas diarias para completar entre 4 y 6 órdenes. Después de integrar Bartcode, dicho tiempo se redujo a 30 minutos por orden, equivalente a un ahorro del 33,3 %. Esta mejora se observa con detalle en la Tabla 2, donde se registran los tiempos de procesamiento por orden con el nuevo sistema.



Tabla 2.

La tabla presenta los tiempos de procesamiento por orden tras la implementación del sistema Bart.code.

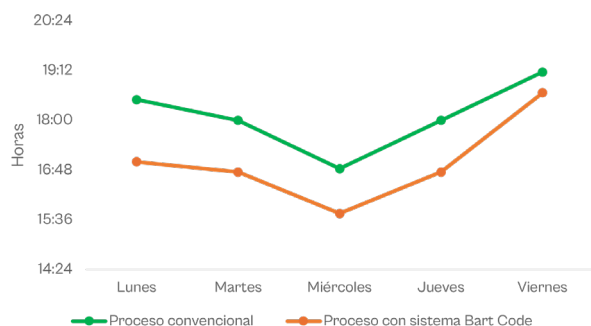
Orden n.º	Tiempo con Bart.code	Personal encargado
1	30 min	2
2	1:05 h	2
3	2:00 h	2
4	2:45 h	2
5	3:30 h	2
6	4:05 h	2
7	5:00 h	2
8	5:45 h	2

Nota. La distribución del personal encuestado permitió recopilar información representativa de las principales áreas de bodega, fortaleciendo el análisis del sistema de gestión de inventarios.

El ahorro de tiempo generado (entre 45 y 55 minutos por jornada) permitió redestinar esfuerzos a tareas de control y verificación de calidad, además de reducir horas extras, logrando una disminución del 20 % de costos logísticos. Según las encuestas realizadas, esta reducción representó aproximadamente 1 hora con 15 minutos menos de trabajo diario, con impacto positivo en el bienestar laboral. Este cambio se visualiza claramente en la Figura 1, que muestra la diferencia de horas trabajadas antes y después de implementar Bart.code.

Figura 1.

Registro de horas con y sin el sistema Bart.code



Nota. La implementación del sistema de código de barras redujo el tiempo de trabajo diario.

Además del procesamiento de órdenes, se observó una mejora importante en el inventariado y en la actividad de picking. Como muestra la Tabla 3, el tiempo de inventario se redujo de 1:20 h a 0:28 h (equivalente a un 65 % de mejora), y el picking disminuyó de 3:10 h a 0:57 h. Por otro lado, los tiempos de recepción y almacenaje aumentaron debido a la incorporación de checklist y verificación obligatoria mediante lectura de códigos, incrementando el nivel de trazabilidad.

Tabla 3.

Comparación de tiempos logísticos antes y después de la aplicación

Actividad	Antes de la aplicación	Después de la aplicación
Inventario	1:20 h	0:28 h
Picking	3:10 h	0:57 h
Recepción	0:45 h	1:26 h
Almacenaje	0:40 h	1:55 h

Nota. Los incrementos en la recepción y almacenaje responden a procesos de verificación adicionales que fortalecen la trazabilidad interna.

La reorganización interna mediante el método ABC permitió redistribuir materiales según su rotación y valor económico, ubicando los de mayor frecuencia en ubicaciones más accesibles. La implementación directa de dicho proceso puede apreciarse en la Figura 2, que muestra la lectura de códigos de barras al momento de recepción de materiales.

Figura 2.

Ejecución de recepción de materiales

Nota. El registro de recepción de materiales mediante códigos de barras agiliza el control de inventarios, reduce errores de ingreso y mejora la trazabilidad de los productos.

De forma complementaria, el método FIFO (First In, First Out) fue empleado para asegurar la salida de productos según el orden de ingreso, evitando pérdidas por caducidad y garantizando el estándar de calidad. La reorganización espacial aplicando ABC y FIFO puede observarse en la Figura 3, correspondiente a la bodega 01MT1405.

Figura 3.

Organización de pasillos y racks en la bodega 01MT1405



Nota. La organización de pasillos y racks bajo los métodos ABC y FIFO optimiza el almacenamiento.



Los resultados confirman que la digitalización de procesos logísticos mediante lectores de códigos de barras contribuye directamente a la reducción de tiempos improductivos, mejora la rastreabilidad y fortalece el control de materiales, lo cual coincide con lo expuesto por Simpli Route (2023) y Arilla (2021), quienes afirman que la captura automática de datos disminuye errores humanos y aumenta la precisión del inventario.

Asimismo, el ahorro económico y la disminución de horas extras validan lo planteado por Gámez-Albán et al. (2024), al destacar que los sistemas automatizados en industrias de consumo masivo reducen costos asociados a manipulación, verificación y caducidad. De igual manera, la aplicación de ABC y FIFO coincide con Jara-Cordero et al. (2017), quienes destacan que la clasificación estratégica de materiales y la rotación controlada optimizan el espacio y evitan pérdidas por vencimiento. Finalmente, la mejora del clima laboral confirma lo expuesto por Restrepo (2014) respecto al vínculo entre eficiencia operativa y salario emocional.

La incorporación del sistema Bart.code en Corporación Azende permitió una mejora integral de la gestión logística de bodegas, con una reducción del 33,3 % en el tiempo de preparación de pedidos y una disminución del 20 % en los costos operativos, resultado de la reducción de tareas manuales y horas extras. La automatización de la captura de datos optimizó significativamente los procesos de inventariado y picking, generando mejoras del 65 % y 70 %, respectivamente, mientras que la reorganización física mediante el método ABC y la aplicación de FIFO fortalecieron el control de caducidad y la rotación eficiente de productos, evitando pérdidas económicas asociadas.

Aunque los tiempos de recepción y almacenamiento aumentaron debido a la verificación digital obligatoria, esta variación reforzó la trazabilidad y seguridad del inventario, aspecto indispensable en el sector de bebidas. De forma complementaria, la reducción de tiempos improductivos contribuyó al bienestar laboral, demostrando que la digitalización no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también favorece las condiciones de trabajo del personal encargado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMER. (2024). ¿Por qué es importante realizar auditorías periódicas? <https://www.almer.com.mx/blog/gobierno/49-por-que-es-importante-realizar-auditorias-periodicas>
2. Arilla, S. (2021). 5 beneficios de implantar RFID en tu empresa. <https://www.scmlogistica.es/beneficios-tecnologia-rfid-empresa/>
3. Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Estrategia, planificación y operación. *Supply Chain Management*, 15 (5), 71-85. <https://www.pearsonhighered.com/assets/preface/O/1/3/4/O134731883.pdf>
4. Gámez-Albán, H. M., Guisson, R., & De Meyer, A. (2024). Optimizing the organization of the first mile in agri-food supply chains with a heterogeneous fleet using a mixed-integer linear model. *Intelligent Systems with Applications*, 24, 200426. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200426>
5. Jara-Cordero, S., Sánchez-Partida, D., & Martínez-Flores, J. L. (2017). Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora. *Revista de Ingeniería Industrial*, 1(1), 1-18. <https://n9.cl/z2y7e>
6. Mecalux Esmena. (s.f.). Ubicación de un almacén. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/almacen/ubicacion-de-un-almacen>
7. Mora García, L. A. (2020). Indicadores de la gestión logística. Ecoe Ediciones. https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf
8. Muller, M. (2011). *Essentials of inventory management* (2nd ed.). HarperCollins Leadership. <https://n9.cl/eydr-kp>
9. Restrepo, P. L. (2014). La flexibilidad laboral y el salario emocional. *Aglala*, 5(1), 34-68. <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/700>
10. Simpli Route. (2023). Recepción de productos. Cómo optimizar el proceso. <https://simpliroute.com/es/blog/recepcion-de-productos>
11. TecnyStand. (2024). Los 10 problemas más comunes en la gestión de un almacén. <https://www.tecny-stand.com/problemas-mas-comunes-en-la-gestion-de-un-almacen/>
12. Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J.-f., Dubey, R., & Childe, S. J. (2021). Role of Big Data Analytics in supply chain management: Current trends and future perspectives. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1875-1900. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1793011>



REDUCCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE Y MEJORA DEL CONTROL DE STOCKS EN QUÍMICOS VELFLOR MEDIANTE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS²⁰

Reducing Uncertainty and Improving Inventory Control at Químicos Velflor through Inventory Optimization Techniques

Jairo Antonio Aguinda-Aguinda

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

jaaquinda2@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar la gestión de inventarios en la empresa Químicos Velflor para reducir la incertidumbre en los niveles de stock, mejorar la precisión de los registros y garantizar la disponibilidad oportuna de productos. Se desarrolló un estudio con enfoque metodológico mixto que combinó entrevistas estructuradas, encuestas, observación directa y análisis de los registros históricos de ventas e inventarios correspondientes al año 2023. Como herramientas de optimización se aplicaron el análisis ABC, los métodos FIFO y FEFO, así como la estrategia de cross docking para productos de alta rotación. Los resultados evidenciaron deficiencias en la socialización de políticas de inventario, uso limitado de indicadores de desempeño y restricciones funcionales del sistema POS utilizado por la empresa. La clasificación ABC permitió identificar los productos de mayor valor económico y establecer ciclos diferenciados de control, mientras que la aplicación de cross docking favoreció la reducción del tiempo de permanencia en bodega y un mejor aprovechamiento del espacio disponible. Se concluye que la estandarización de procesos, la capacitación del personal y la aplicación de técnicas de optimización de inventarios constituyen estrategias efectivas para mejorar la eficiencia operativa, reducir el riesgo de desabastecimiento y fortalecer la competitividad de la empresa.

Palabras clave: análisis ABC; cross docking; FEFO; FIFO; gestión de inventarios.

ABSTRACT

This study aimed to optimize inventory management at Químicos Velflor in order to reduce stock uncertainty, improve inventory record accuracy, and ensure the timely availability of products. A mixed-method research approach was adopted, combining structured interviews, surveys, direct observation, and the analysis of historical sales and inventory records corresponding to the 2023 fiscal year. Inventory optimization techniques included ABC analysis, the First In, First Out (FIFO) and First Expired, First Out (FEFO) methods, as well as the implementation of a cross-docking strategy for high-turnover products. The results revealed deficiencies in the communication of inventory policies, limited use of performance indicators, and functional constraints associated with the company's point-of-sale inventory management system. ABC classification enabled the identification of high-value products and the establishment of differentiated inventory control cycles, while the application of cross docking reduced warehouse storage time and improved the utilization of available storage space. It is concluded that process standardization, employee training, and the application of inventory optimization techniques constitute effective strategies for improving operational efficiency, reducing stockout risks, and strengthening the company's competitive performance.

Keywords: ABC análisis; cross docking; FEFO; FIFO; inventory management.



INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de inventarios constituye un pilar fundamental en el desempeño de la cadena de suministro, ya que garantiza la disponibilidad oportuna de materiales en la cantidad adecuada y al menor costo posible, contribuyendo directamente a la rentabilidad y sostenibilidad de las organizaciones (Durán, 2012). En este contexto, la empresa Químicos Velflor, ubicada en la ciudad de Guayaquil y dedicada a la distribución de materias primas para la elaboración de productos químicos, enfrenta serias dificultades relacionadas con el control de inventarios, que han afectado su eficiencia operativa, capacidad de respuesta ante la demanda y satisfacción del cliente.

Actualmente, la empresa gestiona un total de 1.153 ítems registrados en un sistema POS (Contiflco), el cual permite un control en tiempo real. Sin embargo, la frecuencia anual de las tomas físicas y la falta de precisión en los registros han generado discrepancias significativas en los inventarios. Estas deficiencias han provocado, por un lado, desabastecimientos que impiden atender hasta un 20 % de los pedidos y, por otro, acumulación de productos caducados o de baja rotación, lo que representa un aumento en los costos operativos y pérdidas económicas (Izaguirre & Muñoz, 2020; Meana, 2024).

Las políticas de gestión actuales, aunque existentes, no han sido debidamente socializadas, lo que impide una implementación efectiva entre las distintas áreas operativas. Además, la empresa enfrenta limitaciones físicas, como un espacio de almacenamiento restringido de 900 m², y recursos humanos reducidos, con tan solo cuatro colaboradores encargados del área. En este escenario, optimizar la gestión de inventarios no solo es una necesidad estratégica, sino una condición indispensable para la continuidad operativa de la empresa.

Desde una perspectiva teórica, diversos autores han destacado que la falta de información y el desconocimiento de herramientas técnicas adecuadas, como los modelos de investigación de operaciones, afectan la calidad administrativa y la toma de decisiones (Flores & Flores, 2023). Mantener inventarios elevados implica altos costos de almacenamiento y riesgo de obsolescencia, mientras que mantener niveles bajos puede traducirse en pérdida de ventas y clientes (Rossi, 2021). Por ello, es necesario establecer un equilibrio óptimo entre la oferta disponible y la demanda proyectada, haciendo uso de técnicas como el análisis ABC, los métodos FIFO y FEFO y estrategias como el cross docking, que permiten segmentar, priorizar y movilizar eficientemente los productos (Saldarriaga, 2020; Meléndrez-Acosta, 2018).

Este trabajo tiene como objetivo general optimizar la gestión de inventarios en Químicos Velflor para reducir la incertidumbre en los niveles de stock, mejorar la precisión de los registros y asegurar la disponibilidad de productos con miras a satisfacer la demanda de

manera eficiente y rentable. De manera específica, se busca evaluar los procesos actuales, establecer niveles mínimos y máximos de inventario, fomentar la rotación de productos y reorganizar físicamente las áreas de almacenamiento. Para ello, se empleará una metodología mixta, combinando análisis cuantitativo y cualitativo con base en observaciones directas, entrevistas estructuradas y procesamiento de datos históricos. Con la aplicación de estas estrategias, se espera que Químicos Velflor logre superar sus limitaciones actuales y establezca un modelo de gestión de inventarios más preciso, flexible y alineado con las mejores prácticas de la logística moderna.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología seleccionada para el desarrollo del presente estudio se basó en un enfoque mixto, combinando herramientas y técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas, con el fin de obtener una visión integral de la situación actual de la gestión de inventarios en la empresa Químicos Velflor. Desde el enfoque cualitativo, se realizó un análisis interpretativo de las percepciones, opiniones y experiencias del personal involucrado en los procesos logísticos e inventarios, a través de entrevistas estructuradas y encuestas cerradas. Esto permitió comprender en profundidad las dinámicas internas de la organización y detectar tanto fortalezas como debilidades en la gestión del stock. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se utilizó para analizar datos históricos de ventas e inventarios correspondientes al año calendario 2023, permitiendo la aplicación de herramientas estadísticas como el método ABC, con el objetivo de clasificar los productos según su valor de uso y su nivel de importancia dentro del inventario (Gutiérrez & Álvarez, 2020).

Durante el proceso de recolección de datos se llevaron a cabo visitas presenciales a las instalaciones de la empresa, utilizando técnicas como observación directa, entrevistas, toma de notas y registros fotográficos. Estas acciones permitieron documentar de forma precisa las condiciones actuales del sistema de almacenamiento, así como identificar de primera mano las causas de los problemas recurrentes, tales como errores en los registros, desabastecimientos y sobreabastecimientos. La observación fue acompañada por entrevistas estructuradas dirigidas al responsable legal y al encargado de compras, y encuestas aplicadas al jefe de bodega, ayudantes de bodega y vendedores. Estas entrevistas se diseñaron bajo un esquema fijo y secuencial, siguiendo un guion previamente elaborado que aseguraba homogeneidad y claridad en la obtención de respuestas (Brinkmann, 2022).

A nivel epistemológico, la investigación se fundamentó en el uso de razonamientos inductivos y deductivos. El razonamiento inductivo permitió alcanzar conclusiones a partir de observaciones de casos específicos, como los fallos frecuentes en el control de inventarios y los errores sistemáticos en los registros (Dávila, 2006). Por



su parte, el razonamiento deductivo partió de premisas generales sobre buenas prácticas en gestión de inventarios, llegando a conclusiones particulares aplicables al caso de estudio, cumpliendo así con los requisitos lógicos de validez y coherencia interna (Casula et al., 2021). Además, se utilizó el enfoque analítico, que permitió descomponer el fenómeno de estudio –la gestión ineficiente del inventario– en sus elementos constitutivos, como software utilizado, políticas internas, organización física del almacén y rotación de productos, facilitando el análisis detallado de cada componente (Lopera Echavarría et al., 2010).

La población objeto de estudio correspondió al personal del local principal de la empresa Químicos Velflor, ubicada en la ciudad de Guayaquil. La muestra fue intencional, considerando a los actores directamente involucrados en la gestión de inventarios. La distribución de la población y las técnicas de recolección utilizadas se resumen en la Tabla 1: el responsable legal y el encargado de compras fueron entrevistados, mientras que, al jefe de bodega, los ayudantes de bodega (cuatro personas) y el vendedor se les aplicó una encuesta estructurada.

Tabla 1.
Comparación de tiempos logísticos antes y después de la aplicación

Cargo o responsabilidad	Cantidad de personas	Técnica de obtención de información
Responsable legal	1	Entrevista
Encargado de compras	1	Entrevista
Vendedores	1	Encuesta
Jefe de bodega	1	Encuesta
Ayudantes de bodega	4	Encuesta

Nota. La tabla presenta los actores involucrados y las técnicas aplicadas durante el proceso de recolección de información.

Los instrumentos de recolección de datos estuvieron enfocados en cinco dimensiones principales. En primer lugar, se abordaron los procesos y políticas existentes mediante preguntas como: ¿qué procesos utiliza la empresa para registrar y controlar los inventarios?, ¿existen políticas claras sobre niveles mínimos y máximos?, y ¿cómo se gestionan los productos obsoletos o próximos a vencer? En segundo lugar, se evaluaron las herramientas utilizadas mediante interrogantes como: ¿qué software emplean?, ¿consideran que son eficientes?, y ¿qué dificultades encuentran al usarlas? En tercer lugar, se analizaron aspectos relacionados con la gestión y desempeño, considerando la frecuencia de análisis de rotación, los indicadores utilizados y la toma de decisiones sobre reabastecimiento. En cuarto lugar, se identificaron las áreas de oportunidad y mejora a través de preguntas como: ¿cuáles son los principales problemas detectados?, ¿qué medidas mejorarían el manejo de inventarios?, y ¿cómo es la comunicación entre las áreas de compras, almacén y ventas?

Para la determinación de los niveles mínimos y máximos de inventario, así como la definición de los periodos de control, se realizó un análisis basado en datos históricos del año 2023. Esta información sirvió de base para aplicar el método ABC, una herramienta que permite clasificar los productos según su valor total de ventas, dividiéndolos en categorías A, B y C, lo cual facilita la priorización y optimización del inventario (Gutiérrez & Álvarez, 2020). A partir de esta clasificación, se definieron ciclos diferenciados de toma de inventarios: productos tipo A cada dos meses, tipo B cada cinco meses y tipo C cada ocho meses.

Complementariamente, se aplicaron técnicas de rotación de inventarios como el método FIFO (First In, First Out), ideal para productos no perecederos, y el método FEFO (First Expired, First Out), recomendable para productos con fecha de caducidad próxima (Izagirre & Muñoz, 2020). Estas prácticas permitieron mejorar la rotación del stock y evitar la acumulación de productos obsoletos.

Por otro lado, debido a la limitación de espacio físico en la bodega, se optó por implementar el método cross docking, una estrategia que consiste en recibir productos de los proveedores y enviarlos directamente a los clientes sin almacenarlos, reduciendo así el inventario inactivo, los plazos de entrega y los costos de distribución. Este enfoque fue aplicado especialmente a productos de gran volumen o peso, cuya presencia prolongada en el almacén disminuye drásticamente la capacidad de almacenamiento (Meléndrez-Acosta, 2018). Para garantizar la eficiencia de este método, se revisaron indicadores de cumplimiento de los proveedores y se coordinaron tiempos mínimos de entrega con los clientes.

RESULTADOS

A partir de la observación directa realizada en las instalaciones de la empresa Químicos Velflor, se evidenció que el proceso de registro y control de inventarios se ejecuta mediante el sistema POS Contifico, que permite visualizar en tiempo real los movimientos de stock. No obstante, el uso de esta herramienta no garantiza el control efectivo del inventario debido a limitaciones funcionales, uso inadecuado y ausencia de protocolos. Aunque existen políticas internas sobre niveles mínimos y máximos de inventario, estas no han sido socializadas de manera formal con el personal, lo que ha generado problemas recurrentes en el abastecimiento y rotación de productos, especialmente aquellos con caducidad próxima o baja demanda.

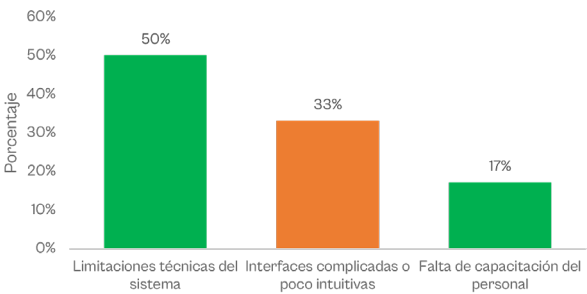
Uno de los hallazgos más relevantes corresponde al bajo nivel de control estratégico del inventario. Si bien la empresa registra movimientos diarios en el software, un 67 % del personal encuestado manifestó que no utiliza indicadores para evaluar el desempeño del inventario, lo cual refleja una cultura débil de seguimiento. Esta situa-



ción explica la presencia de discrepancias en el stock, retrasos en las entregas, acumulación de productos y desabastecimientos que afectan la satisfacción del cliente.

Respecto al software de gestión, los resultados indican que, aunque Contifico es utilizado por el 100 % de los encuestados, el 83 % considera que presenta limitaciones importantes para una gestión eficiente. Las problemáticas señaladas fueron: interfaces poco intuitivas (33 %), limitaciones técnicas (50 %) y falta de capacitación del personal (17 %), como se representa en la Figura 1.

Figura 1.
Opinión sobre eficiencia del software de inventarios



Nota. Las principales limitaciones del software de inventarios corresponden a aspectos técnicos (50 %), interfaces poco intuitivas (33 %) y falta de capacitación del personal (17 %).

En cuanto al conocimiento de políticas de inventario, el 67 % del personal operativo desconoce si existen directrices sobre niveles mínimos y máximos, y un 33 % afirma que no existen, generando discrepancias con lo declarado por el equipo administrativo, como se observa en la Figura 2.

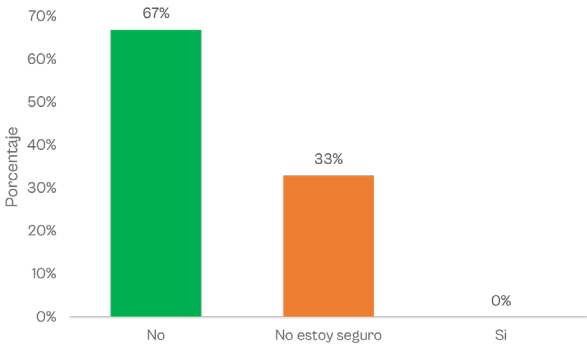
Tabla 2.
Resultados del análisis ABC según valor de ventas

Categoría	Descripción	Unidad	Cantidad vendida 2023	Costo unitario	Valor total ventas (USD)
A	Alcohol cetílico	kg	2750	\$8.00	\$22,000.00
A	Amonio cuaternario	gl	4125	\$5.00	\$20,625.00
A	Butil glicol	gl	533	\$30.00	\$15,990.00
B	Benzoato de sodio	kg	1400	\$6.50	\$9,100.00
B	CMC	kg	285	\$28.00	\$7,980.00
C	Glicerina	gl	267	\$16.00	\$4,272.00
C	Mentol cristalizado	kg	47	\$82.00	\$3,854.00

Nota. Los valores corresponden al registro de ventas de 2023 proporcionado por el área administrativa.

La optimización se complementó con la técnica de cross docking para productos de alta rotación y gran volumen, lo cual permitió reducir tiempos de permanencia en bodega y liberar espacio. Los ítems priorizados se descri-

Figura 2.
Conocimiento sobre políticas de inventario.



Nota. El 67 % del personal desconoce las políticas de inventario, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la comunicación y capacitación sobre los niveles mínimos y máximos de existencias.

Asimismo, el 83 % de los encuestados indicó que los pedidos de reabastecimiento se realizan en función de proyecciones de demanda no sistematizadas. Esta dependencia de métodos intuitivos ha ocasionado pedidos erróneos, exceso de productos de baja rotación y quiebres de stock en ítems de alta demanda.

Para corregir estas deficiencias se aplicó el análisis ABC, que permitió identificar productos prioritarios según su valor de ventas, cuyas clasificaciones se muestran en la Tabla 2. Los ítems categoría A representaron mayor rentabilidad para la empresa, por lo que requieren controles más frecuentes. Estos productos fueron programados para inventarios cíclicos bimensuales, mientras que los productos B y C se establecieron con controles semestrales y anuales, respectivamente.

ben en la Tabla 3, donde se destaca la conveniencia de aplicar dicha técnica en productos de alto movimiento, como alcohol cetílico, butil glicol y amonio cuaternario.



Tabla 3.
Items aplicables a cross docking

Categoría	Descripción	Unidad	Cantidad vendida 2023	Aplicación cross docking
A	Alcohol cetílico	kg	2750	Sí
A	Amonio cuaternario	gl	4125	Sí
A	Butil glicol	gl	533	Sí
B	Benzoato de sodio	kg	1400	Sí

Nota. La selección se realizó con base en el volumen de ventas y la frecuencia de reposición.

Los resultados permitieron identificar como principales cuellos de botella la descoordinación entre áreas, la falta de socialización de políticas, el mal aprovechamiento del software y la ausencia de una cultura de evaluación mediante indicadores. A pesar de las restricciones presupuestarias que impiden la implementación inmediata de un ERP, la empresa ha logrado adoptar medidas efectivas y de bajo costo, alineadas con prácticas logísticas sostenibles recomendadas en la literatura (Meléndrez-Acosta, 2018; Izaguirre & Muñoz, 2020).

Los hallazgos demuestran que la principal problemática de Químicos Velflor no radica en la falta de tecnología, sino en la ausencia de procesos estandarizados y de una gestión basada en indicadores. En concordancia con Flores y Flores (2023), la implementación de herramientas tecnológicas sin capacitación y sin acompañamiento metodológico genera baja eficiencia operativa. La evidencia obtenida confirma también lo sostenido por Rossi (2021), quien advierte que la falta de control en los niveles de inventario puede traducirse en pérdidas económicas y operativas. Por otro lado, la aplicación del método ABC y del cross docking valida estudios previos que respaldan estas técnicas como estrategias efectivas para optimizar recursos y disminuir el riesgo de obsolescencia en productos químicos (Gutiérrez & Álvarez, 2020; Meléndrez-Acosta, 2018). Los resultados también revelan que la capacitación del personal y la comunicación interdepartamental son elementos determinantes para el éxito de cualquier herramienta tecnológica, coincidiendo con el enfoque sistémico recomendado en la literatura.

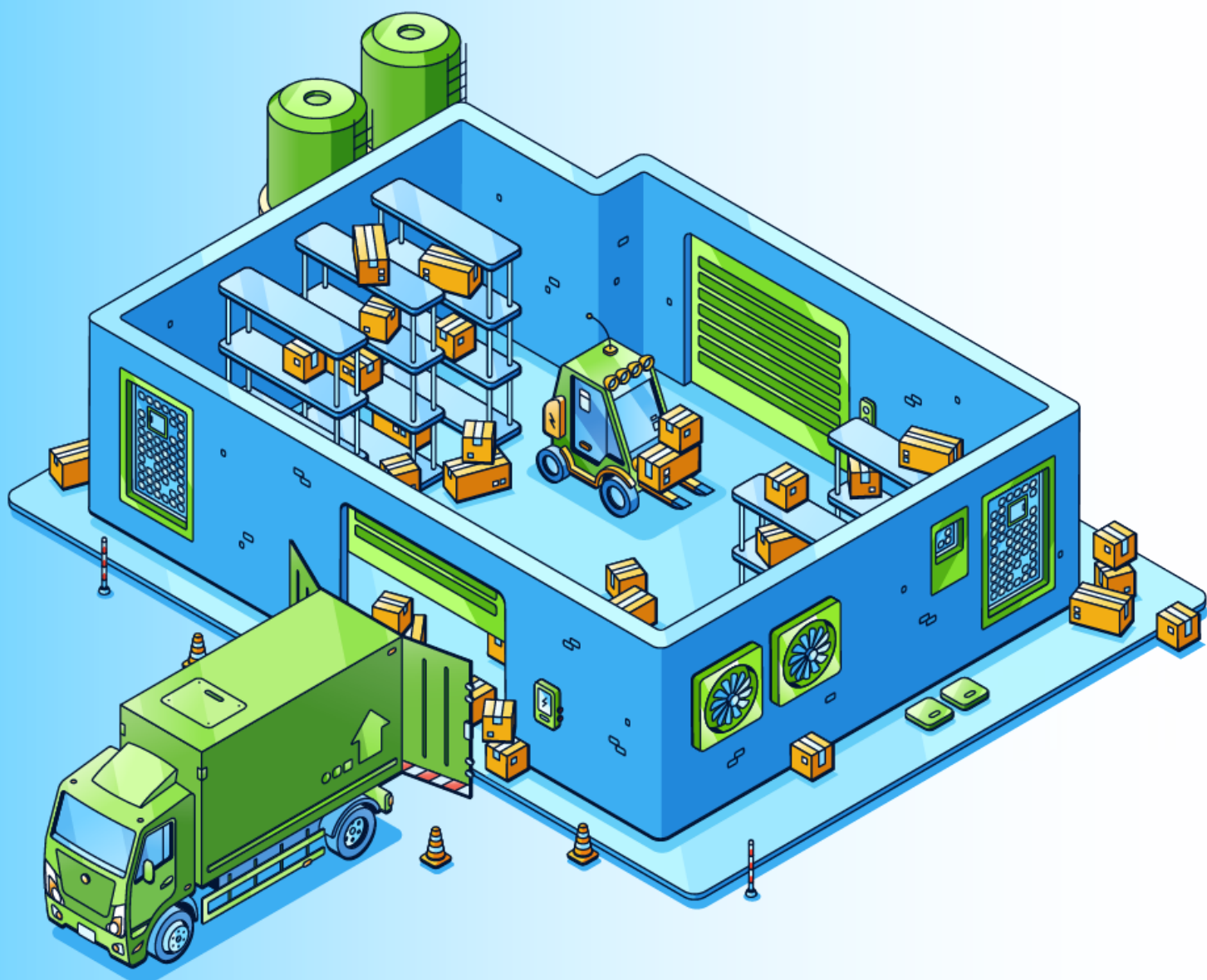
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brinkmann, S. (2022). *Qualitative Interviewing: Conversational Knowledge Through Research Interviews* (2nd ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197648186.001.0001>
2. Casula, M., Rangarajan, N., & Shields, P. M. (2021). The potential of working hypotheses for deductive exploratory research. *Quality & Quantity*, 55(5), 1703–1725. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01072-9>
3. Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12(Ext.), 180–205. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76109911>
4. Durán, Y. (2012). Administración del inventario: Elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*, (1), 55–78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545892008>
5. Echavarría, J. D. L., Gómez, C. A. R., Aristazábal, M. U. Z., & Vanegas, J. O. (2010). El método analítico como método natural. *Nómaditas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 25(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18112179017>
6. Flores Tapia, C., & Flores Cevallos, K. (2023). Optimización de inventarios aplicando investigación de operaciones. *RECAI: Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 12(34), 1–15. <https://doi.org/10.36677/recai.v12i34.19628>
7. Gutiérrez, Y. A., & Álvarez, J. M. W. (2020). Método ABC para mejorar la gestión de los inventarios en la Empresa Comercializadora Escambray Guantánamo. *Revista Cubana de Finanzas y Precios*, 4(3), 19–28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9161196>
8. Izaguirre Malasquez, R., & Muñoz Gonzales, L. O. (2020). Modelo de optimización de inventarios aplicando el método FIFO y la metodología PHVA para mejorar los niveles de stock de productos olivos en una pyme del sector agroindustrial en Perú [Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/655595>
9. Macías, R. G., Ramírez, O. E. G., & Marmolejo, I. S. (2020). Gestión logística en almacén con análisis ABC. *Ingenio y Conciencia: Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 7(14), 39–46. <https://doi.org/10.29057/escs.v7i14.5642>



10. Meana Coalla, P. P. (2024). Gestión de inventarios. Ediciones Paraninfo. https://www.google.com.ec/books/edition/Gesti%C3%B3n_de_inventarios/MI5IDgAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22MEANA+COALLA,+PEDRO+PABLO%22&printsec=frontcover
11. Meléndrez-Acosta, V. (2018). Logística del comercio electrónico: Cross docking, merge in transit, drop shipping y click and collect. *Científica*, 22(2), 105–112. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458109003>
12. Rossi, R. (2021). *Inventory Analytics*. Open Book Publishers. <https://doi.org/10.11647/OBP.0252>
13. Saldarriaga Valladares, F. D. (2020). Optimización del almacén en productos químicos sólidos para el mantenimiento de equipos aplicando el método ABC en la Compañía Distribuidora, 2018 [Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8071>





ESTRATEGIAS INTEGRALES DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO



IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS LEAN Y SOSTENIBLES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICO ²¹

Implementation of Lean and Sustainable Strategies to Optimize Processes in a Logistics Distribution Center

Lenin Pastrano-Gualotuña

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

lppastrano@utpl.edu.ec

Johanna Veloz-Cando

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

vjveloz@utpl.edu.ec

Juan Palacios-Ortega

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

jcpalacios2@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo implementar estrategias Lean y sostenibles para optimizar los procesos operativos de un centro de distribución logístico, mejorando simultáneamente la eficiencia operativa y el desempeño ambiental. Se aplicó una metodología basada en las herramientas Lean Manufacturing, específicamente las 5S y el Eco-Value Stream Mapping (Eco-VSM), complementadas con prácticas de gestión sostenible relacionadas con el uso eficiente de recursos, la gestión de residuos y la optimización de rutas de distribución. La intervención incluyó la reorganización de áreas de almacenamiento, la estandarización de procedimientos, la implementación de programas de reutilización de materiales, el monitoreo del consumo de recursos mediante tecnologías IoT y la definición de indicadores clave de desempeño operativos y ambientales. Los resultados evidenciaron una reducción del 25 % en los tiempos de picking y packing, una disminución del 15 % en las discrepancias de inventario, un incremento del 20 % en la productividad del personal y una reducción del 10 % en los costos logísticos. Asimismo, el consumo de materiales disminuyó un 18 % y la optimización de las rutas permitió reducir la huella de carbono en un 22 %.

Palabras clave: Lean Manufacturing; 5S; Eco-Value Stream Mapping; sostenibilidad logística; mejora continua; centros de distribución.

ABSTRACT

This study aimed to implement Lean and sustainable strategies to optimize operational processes in a logistics distribution center while simultaneously improving operational efficiency and environmental performance. The methodology was based on Lean Manufacturing tools, specifically the 5S methodology and Eco-Value Stream Mapping (Eco-VSM), complemented by sustainable practices related to efficient resource utilization, waste management, and distribution route optimization. The intervention included warehouse reorganization, process standardization, material reuse programs, resource consumption monitoring through Internet of Things (IoT) technologies, and the implementation of operational and environmental Key Performance Indicators (KPIs). The results demonstrated a 25% reduction in picking and packing times, a 15% decrease in inventory discrepancies, a 20% increase in workforce productivity, and a 10% reduction in logistics costs. Additionally, material consumption decreased by 18%, while optimized distribution routes reduced the organization's carbon footprint by 22%.

Keywords: Lean Manufacturing; 5S; Eco-Value Stream Mapping; sustainable logistics; continuous improvement; distribution centers.

INTRODUCCIÓN

Los Centros de Distribución Logística (CEDI) constituyen un eslabón estratégico dentro de la cadena de suministro moderna, al ser responsables de coordinar el flujo eficiente de materiales, información y productos terminados desde los proveedores hasta los clientes finales. En las últimas décadas, estos centros han evolucionado desde un enfoque de almacenamiento tradicional hacia modelos de alta rotación y gestión dinámica, impulsados por la necesidad de responder a mercados más exigentes y entornos competitivos de rápida transformación (Ballou, 2004; Christopher, 2016).

La eficiencia operativa y la sostenibilidad se han convertido en factores determinantes para el desempeño logístico. De acuerdo con la ONUDI (2022), la implementación de metodologías de mejora continua permite reducir desperdicios, optimizar el uso de recursos y fortalecer la competitividad industrial. Sin embargo, muchas empresas latinoamericanas aún enfrentan procesos internos poco estandarizados, deficiencias en el control de inventarios y desperdicio de recursos, lo que se traduce en mayores costos y menor capacidad de respuesta al cliente (Monseratte Salvatierra et al., 2025; Briceño de los Santos, 2025).

El VSM, herramienta fundamental del Lean Manufacturing, permite visualizar y analizar el flujo completo de materiales e información, identificando cuellos de botella y tiempos improductivos (Rother & Shook, 2003). Por su parte, la metodología 5S –compuesta por Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke– promueve el orden, la limpieza y la disciplina operativa, generando entornos laborales seguros y productivos. La combinación de ambas metodologías representa un modelo integral de mejora continua orientado tanto a la eficiencia operativa como al desarrollo sostenible.

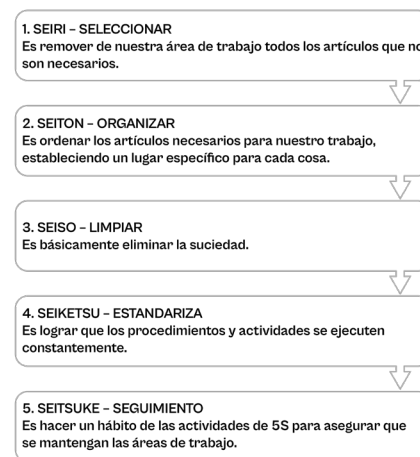
La relevancia de esta investigación radica en que proporciona evidencia empírica aplicable al sector logístico ecuatoriano, demostrando cómo la adopción de herramientas Lean contribuye a disminuir los desperdicios, mejorar la trazabilidad de los procesos y elevar la productividad del talento humano. Los resultados permitirán no solo optimizar el desempeño del CEDI, sino también establecer lineamientos replicables para otras organizaciones nacionales que buscan avanzar hacia operaciones sostenibles y competitivas (Sashqui et al., 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada en este estudio combina principios de eficiencia operativa y sostenibilidad mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing, específicamente las 5S y el Value Stream Mapping (VSM). Las 5S constituyen una disciplina orientada a mejorar la productividad a través de la estandarización de hábitos de orden, limpieza y organización, implementados de for-

ma secuencial en cinco etapas interdependientes. Cada etapa sienta las bases para la siguiente, garantizando la sostenibilidad de los beneficios alcanzados a largo plazo (Socconini, 2019). En la Figura 1 se presenta la secuencia metodológica para su implementación.

Figura 1.
Las 5S para orden y limpieza



Nota. La metodología 5S promueve el orden, la limpieza y la estandarización de las áreas de trabajo, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los procesos.

La intervención comenzó con la gestión de recepción de pallets correspondientes a productos de abasto, aseo personal, limpieza, refrigerados y zona PTS. Estos son clasificados y dirigidos hacia los andenes disponibles, organizándose en racks predefinidos para evitar la contaminación cruzada. La disposición adecuada de los pallets apilados busca optimizar el uso del espacio. Asimismo, se establecieron rutinas de limpieza con mopas y paños humedecidos orientadas a mantener la higiene en pisos, racks y protecciones.

Paralelamente, se definieron estándares para la reutilización de ubicaciones vacías dentro del almacén, priorizando la agrupación por zonas similares. También se promovió el uso de cartones y cajas reutilizables con el fin de preservar la integridad del producto. Como parte del enfoque sostenible, se fijaron parámetros para el uso racional de recursos naturales: horarios que maximicen la luz solar para reducir el consumo eléctrico, uso responsable del agua potable, tratamiento y reutilización del agua residual y la elaboración de checklists para controlar las actividades de limpieza, orden y desinfección.

Complementariamente, se aplicó un VSM digitalizado con tecnología IoT, incorporando sistemas como iluminación LED, sensores de monitoreo de consumo de agua, refrigeración eficiente, dispensadores automatizados y protocolos específicos de limpieza por área. Un componente clave del modelo fue la gestión de residuos: se estableció la separación en origen de materiales como stretch film, cartón y madera mediante contenedores diferenciados en los puntos de generación.



En cuanto a la logística de distribución, se incorporaron programas de optimización de rutas con el fin de reducir la distancia recorrida y el consumo de combustible. Se implementaron estrategias para maximizar la capacidad de carga de los vehículos y minimizar desplazamientos. La planificación de horarios para carga, desplazamiento y entrega fue diseñada para cumplir estrictamente con los tiempos de entrega establecidos con las sucursales.

Finalmente, se realizó un mapeo detallado del flujo de pedidos, especialmente enfocado en productos perecederos o de ciclo de vida corto. Este análisis permitió identificar tiempos de espera, movimientos innecesarios, acumulación de inventario y redundancias operativas, sentando así las bases para futuras mejoras.

Figura 2.
VSM ecológico de un pedido



Nota. El VSM ecológico identifica los principales aspectos ambientales del proceso de pedidos, facilitando la optimización de recursos y la reducción de impactos durante la operación.

RESULTADOS

La aplicación de la metodología 5S en el Centro de Distribución Logístico Quito evidenció una mejora integral en la eficiencia operativa y ambiental. Este enfoque, orientado a mantener el orden, la limpieza y la disciplina en el entorno laboral, permitió una mayor estandarización en los procesos críticos de la operación logística (Socconini, 2019).

En términos cuantitativos, se registró una reducción del 25 % en los tiempos de ejecución de tareas clave como picking y packing, además de una disminución del 15 % en las discrepancias de inventario en productos de alta rotación. Estas mejoras se vinculan directamente con la implementación de procedimientos visuales, delimitación de zonas de trabajo y eliminación de elementos innecesarios, lo que generó una mayor fluidez en el flujo de materiales y reducción de errores humanos, en concordancia con lo señalado por Heros Callirgos (2021) sobre los beneficios directos de las 5S en entornos industriales.

Asimismo, la reorganización espacial bajo criterios Lean permitió un mejor aprovechamiento del espacio físico, reduciendo áreas ociosas y mejorando la trazabilidad

de productos. Este orden estructural se tradujo en una disminución del 10 % en los costos logísticos y un incremento del 20 % en la productividad del personal operativo, evidenciando la correlación positiva entre entorno limpio, motivación laboral y eficiencia.

Optimización ambiental y sostenibilidad

Uno de los resultados más relevantes fue la reducción del 18 % en el consumo de materiales consumibles (stretch film, cartón, madera), lo que impactó favorablemente en la generación de residuos. Esta reducción no solo refleja un ahorro económico, sino también una contribución directa a la sostenibilidad ambiental al disminuir el volumen de desechos enviados a disposición final.

Adicionalmente, la revisión de las rutas de distribución y la planificación de entregas mediante herramientas Lean permitió una reducción del 22 % en la huella de carbono, al optimizar la asignación de vehículos y consolidar cargas, resultado coherente con la literatura que vincula la eficiencia logística con la reducción de emisiones (Cardona, 2025).

En el ámbito del manejo de residuos, se implementaron procedimientos específicos para el tratamiento de residuos peligrosos (aceites, refrigerantes, envases contaminados), garantizando su disposición conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841:2015, en concordancia con los lineamientos de ISO 14001:2015. Este componente refuerza la cultura ambiental y el cumplimiento normativo de la organización.

Análisis del flujo de valor ecológico (Eco-VSM)

El análisis mediante el Eco-Value Stream Mapping (Eco-VSM) permitió identificar los desperdicios operativos tradicionales del modelo Lean –agrupados bajo el acrónimo TIM WOODS (transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción, sobreprocesamiento, defectos y subutilización del talento humano)– así como desperdicios ambientales como emisiones innecesarias, desechos no reciclables y consumo energético excesivo (Wollert & Fabian Behrendt, 2023).

Esta herramienta facilitó la visualización integral del proceso logístico, destacando los puntos críticos donde la empresa debía intervenir para alinear su desempeño operativo con los objetivos de sostenibilidad corporativa.

Para garantizar la efectividad de las mejoras, se implementaron proyectos piloto de bajo riesgo que validaron las metodologías antes de su aplicación total. Paralelamente, se establecieron indicadores clave de desempeño (KPI) tanto operativos (tiempo de ciclo, tasa de cumplimiento de pedidos) como ambientales (consumo energético, generación de residuos, huella de carbono), los cuales se monitorean de forma mensual bajo un sistema de control visual Lean.



El plan de mejora continua desarrollado se alinea con las normas BASC, ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015, fortaleciendo la competitividad empresarial mediante un enfoque de calidad, seguridad y sostenibilidad. Este modelo de gestión es comparable con el implementado por Corporación Favorita, cuyo centro de distribución en Amaguaña es considerado un referente nacional por su nivel de eficiencia energética y gestión sostenible (Corporación Favorita, 2025).

Los resultados confirman que la implementación simultánea de 5S y Eco-VSM genera beneficios sinérgicos en la eficiencia logística y la sostenibilidad ambiental. La reducción en los tiempos de operación y la mejora del orden reflejan una transformación cultural organizacional, donde el personal adopta hábitos de disciplina y responsabilidad sobre su entorno de trabajo.

De manera similar, la disminución de la huella de carbono y el consumo de materiales validan que las herramientas Lean pueden trascender la mejora productiva para convertirse en estrategias de sostenibilidad ambiental, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 12, que promueven la industrialización sostenible y la producción responsable.

Comparando con experiencias exitosas como la de Corporación Favorita, se evidencia que el éxito de la transformación Lean depende de la participación ac-

tiva del personal operativo, la formación continua y la consistencia en la aplicación de los estándares. En el caso del Centro Quito, el fortalecimiento de la comunicación interna y la creación de equipos de mejora han sido factores clave para sostener los resultados alcanzados.

Finalmente, se presenta una tabla comparativa que permite identificar las diferencias y oportunidades de mejora entre el Centro de Distribución Logístico Quito y Corporación Favorita, en función de variables clave del desempeño logístico y ambiental.

Tabla 1.
Comparativa y oportunidades de mejora Centro de distribución logístico Quito y Corporación a Favorita

Indicadores	Corporación Favorita	CEDI Quito
Área total de almacenamiento/capacidad	173.963 m ²	20.000 m ²
Cajas mensuales	101'330.414	550.000
Proveedores centralizados	14.205	100
Colaboradores	11.414	250

Nota. Datos comparativos obtenidos de los informes internos del Centro de Distribución Logístico Quito y de los reportes corporativos de Corporación Favorita (2025).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ballou, R. H. (2004). Business logistics/supply chain management: Planning, organizing, and controlling the supply chain (5th ed.). Pearson Education. <https://n9.cl/lsugjg>
2. Briceño de los Santos, L.G. (2025). Modelo gerencial integrado de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia en logística inversa del caucho. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9(3), 2920-2940. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17917
3. Cardona, M. M. (2025). La sostenibilidad como desafío para optimizar la logística y el transporte en el e-commerce: Impacto ambiental e implicaciones tributarias. Revista Justicia & Trabajo, 2025(3), 26-26. <https://doi.org/10.69592/2952-1955-EXTRA-MAYO-2025-ART-1>
4. Christopher, M. (2016). Logística y gestión de la cadena de suministro: logística y gestión de la cadena de suministro. Pearson UK. <https://n9.cl/ccz2la>
5. Corporación Favorita. (2025). Centro de Distribución Amaguaña - Corporación Favorita. <https://www.corporacionfavorita.com/marcas/centro-de-distribucion>
6. Heros Callirgos, M. F. (2021). Implementación del programa 5S en la planta de una pequeña empresa textil de la confección [Trabajo de investigación para optar el grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad de Lima]. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/12755>
7. Monserrate Salvatierra, D. D., Ramos Alfonso, Y., & Castro Coello, R. L. (2025). Lean Manufacturing y su aplicación en la industria de plástico. Ingeniería Industrial, 48, 63-87. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2025.n48.7659>
8. Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to see: Value-stream mapping to add value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute. <https://n9.cl/9wgfs>
9. Sashqui, H., Gavidia, J., Villacis, C., & Moreno, J. (2024). Mejora de los procesos logísticos internos mediante Lean Manufacturing en la Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio Taita Chimborazo.



Polo del Conocimiento, 9(8), 3347-3365. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i8.7885>

10. Socconini, L. (2019). Lean manufacturing: Paso a paso (1.^a ed.). Marge Books. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=11.%09Socconini,+L.+\(2019\).+Lean+manufacturing:+Paso+a+paso+\(1.%C2%AA+ed.\).+Marge+Books.&ots=DJHQxYApaU&sig=k4VxOzEcTMjWCmBIXhJmJ6Q-vE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=11.%09Socconini,+L.+(2019).+Lean+manufacturing:+Paso+a+paso+(1.%C2%AA+ed.).+Marge+Books.&ots=DJHQxYApaU&sig=k4VxOzEcTMjWCmBIXhJmJ6Q-vE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
11. United Nations Industrial Development Organization. (2022). Digital Kaizen: Lean Manufacturing, Kaizen and New Technologies to Increase Business Productivity (2nd ed.). <https://hub.unido.org/publications>
12. Wollert, M. S. T., & Fabian Behrendt, I. (2023). Application potentials of a data-based Value Stream Map model in production and logistics. <https://doi.org/10.25673/103493>



TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA DE LA LOGÍSTICA EN CORPORACIÓN LA FAVORITA: HACIA UNA CADENA DE SUMINISTRO BAJA EN CARBÓN²²

Energy Transition in Corporación La Favorita's Logistics: Towards a Low-Carbon Supply Chain

Bejarano Diego

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

dmbejarano@utpl.edu.ec

Norman Ramón-Salazar

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

nramon@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar las estrategias de sostenibilidad energética implementadas por Corporación La Favorita y proponer acciones orientadas a fortalecer la descarbonización de su cadena de suministro. Se desarrolló un estudio de caso con enfoque cualitativo y diseño documental, basado en el análisis de informes corporativos, literatura científica, normativa internacional y documentación técnica relacionada con eficiencia energética, energías renovables y logística sostenible. La metodología comprendió una revisión sistemática de información publicada entre 2019 y 2025, la elaboración de una matriz comparativa de buenas prácticas y el diseño de una propuesta estructurada en tres ejes: ampliación del uso de energía fotovoltaica en centros de distribución y supermercados, electrificación progresiva de la flota logística e implementación de indicadores clave de desempeño energético y ambiental. Los resultados evidenciaron importantes avances en la generación de energía solar, certificaciones ambientales y programas de economía circular; sin embargo, también se identificaron oportunidades de mejora relacionadas con la incorporación de vehículos eléctricos en las operaciones logísticas, la ampliación de sistemas fotovoltaicos en centros de distribución y la publicación de indicadores específicos sobre consumo energético y emisiones de CO₂. Se concluye que la integración de energías renovables, movilidad eléctrica y sistemas de monitoreo energético constituye una estrategia viable para fortalecer la resiliencia operativa, reducir la huella de carbono y consolidar una cadena de suministro baja en emisiones.

Palabras clave: cadena de suministro baja en carbono; eficiencia energética; energía fotovoltaica; logística sostenible; movilidad eléctrica; transición energética.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the energy sustainability strategies implemented by Corporación La Favorita and to propose actions to strengthen the decarbonization of its supply chain. A qualitative case study with a documentary research design was conducted based on the analysis of corporate sustainability reports, scientific literature, international standards, and technical documentation related to energy efficiency, renewable energy, and sustainable logistics. The methodology included a systematic review of publications from 2019 to 2025, the development of a comparative matrix of best practices, and the design of a proposal structured around three strategic pillars: expanding photovoltaic energy systems in distribution centers and supermarkets, progressively electrifying the logistics fleet, and implementing key energy and environmental performance indicators. The results highlighted significant progress in solar energy generation, environmental certifications, and circular economy initiatives. Nevertheless, opportunities for improvement were identified regarding the incorporation of electric vehicles into logistics operations, the expansion of photovoltaic infrastructure in distribution centers, and the publication of standardized indicators for energy consumption and carbon dioxide emissions. It is concluded that integrating renewable energy, electric mobility, and energy monitoring systems represents a feasible strategy for strengthening operational resilience, reducing carbon emissions, and consolidating a low-carbon supply chain.

Keywords: low-carbon supply chain; energy efficiency; photovoltaic energy; sustainable logistics; electric mobility; energy transition.



INTRODUCCIÓN

La Corporación La Favorita es una de las empresas de retail más importantes del Ecuador y mantiene operaciones en seis países de América Latina. La filosofía de gestión de esta corporación se fundamenta en la sostenibilidad, la mejora continua, la innovación y la resiliencia. Su cadena de suministro abarca desde la adquisición de productos hasta la distribución en más de 500 puntos de venta a nivel nacional, lo que representa una huella de carbono significativa derivada de procesos como el transporte, el almacenamiento y la gestión de residuos (Corporación Favorita, 2023).

Con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, así como mejorar la gestión de residuos y disminuir el consumo energético, La Favorita ha implementado prácticas sostenibles en toda su cadena de valor. Entre las principales iniciativas se encuentran el programa de reciclaje desarrollado por su filial GIRA, la participación en proyectos hidroeléctricos como EnerMax e Hidro San Bartolo y la obtención de certificaciones LEED en la construcción de sus instalaciones (El Universo, 2023; El Mercurio, 2022; Metro Ecuador, 2023; Corporación Favorita, 2025). De acuerdo con su informe de sostenibilidad, la corporación se ha comprometido a reducir en un 42 % sus emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030 (Corporación Favorita, 2023).

Durante los años 2023 y 2024, Ecuador experimentó una crisis energética producto de una sequía histórica que afectó la capacidad de generación hidroeléctrica del país, fuente que aporta entre el 72 % y el 90 % de la energía eléctrica nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2024). Ante esta situación, el gobierno implementó racionamientos eléctricos y promovió el uso eficiente de la energía en todos los sectores productivos. Expertos advierten que la vulnerabilidad del país ante este tipo de eventos se mantendrá si no se diversifica la matriz energética y se intensifican las políticas de transición hacia fuentes renovables (Wiedmann, 2008). Esta situación se inserta en un patrón más amplio de tensiones entre crisis energética, vida cotidiana y gobernabilidad democrática en el país (Villavicencio, 2010).

En respuesta a este contexto, La Favorita ha introducido estaciones de carga eléctrica gratuita en varios de sus supermercados, fortaleciendo su enfoque innovador en materia de sostenibilidad (Corporación Favorita, 2023). En este sentido, resulta pertinente recomendar la integración de sistemas de energía solar fotovoltaica tanto en los centros de distribución como en las flotas de transporte, ya que esta estrategia permitiría robustecer la resiliencia energética de la empresa y avanzar hacia una logística aún más sostenible (Jurchen Technology GmbH, 2024).

En este marco, el análisis de la transición energética aplicada a la logística de La Favorita adquiere relevancia

académica y práctica, al constituirse en un referente nacional para la descarbonización de grandes cadenas de suministro. Por ello, el objetivo de esta investigación es evaluar las acciones implementadas por la corporación en materia de sostenibilidad energética y proponer mejoras enfocadas en el uso de energías renovables y la disminución de emisiones logísticas, fortaleciendo así una cadena de suministro baja en carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, de tipo documental y con diseño de estudio de caso, cuyo propósito es analizar las prácticas de sostenibilidad energética implementadas por la Corporación La Favorita, así como proponer mejoras orientadas a optimizar su cadena logística desde una perspectiva ambiental. Este enfoque permitió examinar en profundidad las acciones emprendidas por la empresa, contrastarlas con estándares internacionales en materia de gestión energética y sustentabilidad logística, y estructurar una propuesta de intervención alineada con buenas prácticas globales (International Organization for Standardization, 2018).

Para el desarrollo del estudio se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Entre ellas destacan, en primer lugar, los informes corporativos oficiales de la Corporación La Favorita, donde se detallan sus proyectos energéticos, acciones de reducción de emisiones de carbono y políticas ambientales (Corporación Favorita, s.f., 2023, 2024). En segundo lugar, se analizaron artículos provenientes de medios especializados que documentan inversiones recientes en eficiencia energética y sostenibilidad, como la instalación de plantas solares, la certificación LEED en edificaciones y el desarrollo de programas de reciclaje como GIRA (El Universo, 2023; El Mercurio, 2022; Metro Ecuador, 2023; Sánchez, 2024; Corporación Favorita, 2025). Asimismo, se revisaron las páginas oficiales de proveedores tecnológicos vinculados a la implementación de paneles solares, como Jurchen Technology GmbH (2024), SolarTeam (2024), Khezri et al. (2022) y Tesla (2023), que proporcionan especificaciones técnicas de los equipos recomendados. Finalmente, se consideraron marcos normativos internacionales y guías técnicas como el Energy Audit Guidebook de la International Energy Agency (2019) y documentos de orientación sobre movilidad eléctrica y KPIs energéticos en logística (International Energy Agency, 2023; Redacción TLW, 2025).

El procedimiento metodológico se desarrolló en tres fases principales. En la primera fase, se realizó una búsqueda sistemática y selección de documentos relevantes publicados entre 2019 y 2025, con énfasis en aquellos relacionados con sostenibilidad logística, transición energética y normativas aplicables al contexto ecuatoriano. En la segunda fase, se elaboró una matriz de análisis comparativo que permitió evaluar el grado



de alineación entre las prácticas actuales de la empresa y los estándares internacionales, identificando brechas, avances y oportunidades de mejora. En la tercera fase, se diseñó una propuesta de intervención estructurada en tres ejes: la ampliación del uso de energía fotovoltaica en centros de distribución y supermercados; la electrificación progresiva de la flota logística en zonas urbanas de alta densidad; y el diseño de un sistema de indicadores clave de desempeño energético y ambiental (KPIs), centrados en variables como el consumo energético por tonelada-kilómetro (kWh/tkm), el porcentaje de energía renovable utilizada en la cadena logística y las emisiones de CO₂ por transporte (Vega et al., 2018; BLK Global Logistics, 2025; Logística Profesional, 2022).

Esta metodología permitió no solo caracterizar la situación actual de la Corporación La Favorita, sino también formular una propuesta técnicamente viable, económicamente sustentable e institucionalmente factible, considerando los antecedentes de la empresa en iniciativas sostenibles, la infraestructura existente, el potencial de ahorro energético y la posibilidad de acceder a incentivos de financiamiento verde (Rodríguez, 2025; MLZ Engineers, s.f.). La propuesta busca alinearse con los principios de eficiencia energética, resiliencia operativa y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015).

RESULTADOS

En 2024, la Corporación La Favorita fortaleció de manera significativa su transición energética en el ámbito logístico mediante la puesta en marcha de una planta solar de 2,4 MWp en Sangolquí, con capacidad para abastecer el 100 % del consumo energético de 20 locales comerciales ubicados en la ciudad de Quito (Sánchez, 2024). Asimismo, la instalación de electrolineras gratuitas en varios establecimientos constituye un aporte estratégico para la futura electrificación del transporte corporativo, aunque hasta el momento no se ha publicado información oficial que confirme el uso operativo de una flota logística eléctrica (Corporación Favorita, s.f.).

No obstante, a pesar de estas acciones sostenibles, el análisis evidencia tres limitaciones principales en el desempeño logístico de la empresa. Primero, se constata la ausencia de datos públicos que permitan evaluar la participación de la energía fotovoltaica en los centros de distribución con mayores requerimientos energéticos, específicamente Durán y Amaguaña. Segundo, aunque existe infraestructura técnica para incorporar vehículos eléctricos, aún no se han reportado iniciativas de sustitución sistemática de flota. Y tercero, la corporación no publica indicadores estandarizados que per-

mitan medir su consumo energético logístico, lo cual impide evaluar el impacto real de las medidas adoptadas. Estas limitaciones justifican la necesidad de implementar mecanismos de monitoreo energético asociados exclusivamente al sistema logístico.

En función de estos hallazgos, se plantea una estrategia de transición energética basada en tres ejes prioritarios. El primero consiste en la expansión de la generación fotovoltaica mediante la instalación de paneles solares con baterías de almacenamiento en supermercados y centros de distribución que cumplan condiciones estructurales adecuadas, como techos de concreto o lámina metálica, ausencia de sombras y espacios ventilados para instalaciones técnicas (Sun Conservation, s.f.; Neumüller et al., 2023; Pansogal, s.f.). Para ello, la implementación debe realizarse de forma escalonada a partir de una auditoría energética (International Energy Agency, 2019) que permita priorizar las ubicaciones con mayores demandas, como los centros y supermercados situados en Guayaquil, Quito, Cuenca y Manta (Corporación Favorita, 2024). En relación con el tipo de almacenamiento, se recomienda el uso de baterías de litio debido a su vida útil estimada entre 12 y 15 años sin mantenimiento, a diferencia del plomo-ácido, que requiere mantenimiento periódico cada cinco años (Tesla, 2023; Khezri et al., 2022). Esta decisión incrementa la vida útil del sistema y garantiza la rentabilidad a largo plazo.

El segundo eje se enfoca en la electrificación progresiva del transporte de reparto urbano mediante la sustitución anual del 20 % de la flota diésel, con un horizonte de cinco años, lo que favorecería la reducción inmediata de emisiones logísticas (International Energy Agency, 2023). Esta acción permitiría la postulación a la certificación ISO 50001:2018 (International Organization for Standardization, 2018). Para su ejecución, es esencial complementar las electrolineras actuales con estaciones de carga en los centros de distribución, garantizando la autonomía necesaria para las operaciones diarias.

El tercer eje propone el diseño e implementación de indicadores energéticos logísticos medibles y transparentes, los cuales deben publicarse mediante reportes semestrales y anuales con datos verificables. Estos indicadores incluyen la energía consumida por tonelada-kilómetro (kWh/tkm), el porcentaje de energía renovable empleada en logística y las emisiones de dióxido de carbono asociadas al transporte y la distribución (International Energy Agency, 2023). Estos indicadores se presentan en la Tabla 1, los cuales constituyen herramientas fundamentales para el monitoreo y toma de decisiones estratégicas.



Tabla 1.
Indicadores de rendimiento para lograr una gestión logística energética y ambientalmente más sostenible

Indicador	Descripción	Unidad	Finalidad
Consumo energético por tonelada-km	Energía requerida para transportar mercancías	kWh/tkm	Evaluar eficiencia del transporte
Porcentaje de energía renovable usada en logística	Energía renovable aplicada a CDs y flota	%	Medir avance en transición energética
Emisiones de CO ₂ en distribución	GEI generados en transporte	tCO ₂ /año	Cuantificar impacto ambiental

Nota. Los indicadores permiten caracterizar el desempeño energético del sistema logístico y evaluar el grado de avance en sostenibilidad operativa.

Estos indicadores permiten caracterizar el desempeño energético del transporte de mercancías. Por ejemplo, el consumo energético por tonelada-km posibilita comparar la eficiencia entre rutas y modos de transporte. Según la IEA, el transporte representa alrededor del 25 % del consumo energético mundial y depende mayoritariamente de combustibles fósiles (Vega et al., 2018; Redacción TLW, 2025), lo cual justifica la urgencia de implementar tecnologías eléctricas en la flota logística. Asimismo, el indicador del porcentaje de energía renovable guarda relación directa con la electrificación de vehículos y el uso de paneles solares con baterías dentro de los centros de distribución (BLK Global Logistics, 2025). Finalmente, las emisiones de CO₂ constituyen un componente clave de evaluación, puesto que reflejan el impacto ambiental directo de la actividad logística (Logística Profesional, 2022).

Desde el punto de vista de su viabilidad, la propuesta se sustenta en tres factores. El primero es la viabilidad técnica, debido a que la infraestructura existente ha demostrado su capacidad para integrar energía renovable mediante la planta solar de Sangolquí. El segun-

do es la viabilidad económica, sustentada en periodos de recuperación estimados menores a siete años, gracias al ahorro energético, menor mantenimiento vehicular y mayores incentivos como la devolución del IVA, exenciones tributarias y depreciación acelerada (Rodríguez, 2025; MLZ Engineers, s.f.). Finalmente, la viabilidad institucional se justifica en la experiencia de la empresa en sostenibilidad y en su estructura organizativa capaz de integrar proyectos logísticos-energéticos de gran escala.

En términos sociales, esta propuesta posicionaría a la Corporación La Favorita como referente regional en logística sostenible, promovería la creación de empleos verdes especializados en instalación, mantenimiento y operación de sistemas solares y de movilidad eléctrica, y reforzaría la contribución de la empresa a los ODS 7, 9 y 13 (Naciones Unidas, 2015; Corporación Favorita, s.f.; El Universo, 2023; El Mercurio, 2022). En síntesis, la transición energética de La Favorita no solo es viable y rentable, sino estratégica para fortalecer su resiliencia, reducir su dependencia de combustibles fósiles y consolidar una cadena de suministro baja en carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLK Global Logistics. (2025). Sostenibilidad en la logística y el transporte. BLK Global. <https://www.blk.global/blog/logistica/sostenibilidad-en-la-logistica-y-el-transporte>
2. Corporación Favorita. (2023). EnergyCar. <https://www.corporacionfavorita.com/sostenibilidad>
3. Corporación Favorita. (2024). Informe anual Corporación Favorita 2023. <https://es.scribd.com/document/795327090/SUPERMAXI-UNA-GRA-EMPRESA-PARA-EL-MUNDO-Informe-CF-2023>
4. Corporación Favorita. (2025). Accionistas de Corporación Favorita ratifican su confianza en la compañía durante la Junta General Ordinaria 2025. <https://www.corporacionfavorita.com/noticias/accionistas-de-corporacion-favorita-ratifican-su-confianza-en-la-compania-durante-la-junta-general-ordinaria-2025>
5. Corporación Favorita. (s.f.-a). Corporación Favorita. <https://www.corporacionfavorita.com/>
6. Corporación Favorita. (s.f.-b). GIRA recibe el distintivo de cuantificación de huella de carbono. <https://www.corporacionfavorita.com/noticias/gira-recibe-el-distintivo-de-cuantificacion-de-huella-de-carbono>
7. Corporación Favorita. (s.f.-c). Recibimos la certificación de reducción de huella de carbono. <https://www.corporacionfavorita.com/recibimos-la-certificacion-reduccion-huella-de-carbono>
8. El Mercurio. (2022). La filosofía del éxito de Corporación Favorita. <https://elmercurio.com.ec/temas/2022/12/28/empresa-favorita-calidad/#:~:text=Corporaci%C3%B3n%20Favorita%20cumpli%C3%B3%2070%20a%C3%B3s,%2C%20integridad%2C%20armon%C3%ADa%20y%20felicidad.>



9. El Universo. (2023). Un modelo de excelencia y sostenibilidad. <https://www.eluniverso.com/patrocinado/un-modelo-de-excelencia-y-sostenibilidad/>
10. El Universo. (2024, 1 de enero). Corporación Favorita, empresa que cree e invierte en el país. <https://www.eluniverso.com/patrocinado/corporacion-favorita-empresa-que-cree-e-invierte-en-el-pais/>
11. International Energy Agency. (2019). Energy Efficiency 2019. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>
12. International Energy Agency. (2023). Road transport. IEA. <https://www.iea.org/reports/road-transport>
13. International Organization for Standardization. (2018). Energy management systems – Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 50001:2018). <https://www.iso.org/standard/69426.html>
14. Jurchen Technology GmbH. (2024). SolarTeam Ecuador completa los proyectos solares en tierra más grandes de Ecuador para Corporación Favorita y Grupo KFC. <https://es.jurchen-technology.com/solarteam-Ecuador-completa-los-proyectos-solares-en-tierra-mas-grandes-de-Ecuador-para-corporacion-favorita-y-grupo-kfc/>
15. Khezri, R., Mahmoudi, A., & Aki, H. (2022). Optimal planning of solar photovoltaic and battery storage systems for grid-connected residential sector: Review, challenges and new perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111763. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111763>
16. Logística Profesional. (2022). Logista ahorró 13.746 toneladas de CO₂ en 2021 gracias a sus 99 % de instalaciones consumiendo energía renovable. <https://www.logisticaprofesional.com/texto-diario/mostrar/3935637/logista-ahorro-13746-toneladas-co2-e-2021-gracias-99-instalaciones-consumiendo-energia-renovable>
17. Metro Ecuador. (2023). Corporación Favorita apuesta por buenas prácticas ambientales y de economía circular. Metro Ecuador. <https://www.metroecuador.com.ec/comercial/2023/06/05/corporacion-favorita-apuesta-por-buenas-practicas-ambientales-y-de-economia-circular/>
18. Ministerio de Energía y Minas. (2024). El Ministro de Energía y Minas informó sobre la situación energética actual y las acciones gubernamentales para alcanzar la estabilidad del sector. <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/el-ministro-de-energia-y-minas-informo-sobre-la-situacion-energetica-actual-y-las-acciones-gubernamentales-para-alcanzar-la-estabilidad-del-sector/>
19. MLZ Engineers. (s.f.). Acerca de nosotros. <https://www.mlz-eng.co.il/%D7%90%D7%95%D7%93%D7%95%D7%AA/>
20. Naciones Unidas. (2015a). Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
21. Naciones Unidas. (2015b). Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/infrastructure-industrialization/>
22. Naciones Unidas. (2015c). Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
23. Neumüller, A., Geier, S., & Österreicher, D. (2023). Life Cycle Assessment for Photovoltaic Structures—Comparative Study of Rooftop and Free-Field PV Applications. *Sustainability*, 15(18), 13692. <https://doi.org/10.3390/su151813692>
24. Pansogal. (s.f.). ¿Qué se necesita para instalar paneles solares? <https://pansogal.com/instalar-paneles-solares/>
25. Redacción TLW. (2025). Eficiencia energética en la logística: Cómo reducir costos y emisiones en la cadena de suministro. *The Logistics World*. <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/eficiencia-energetica-en-la-logistica-como-reducir-costos-y-emisiones-en-la-cadena-de-suministro/>
26. Rodríguez T., D. K. (2025). Financiación verde: Reto para el cumplimiento de los ODS en América Latina. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/sostenibilidad/financiacion-verde-el-desafio-clave-para-cumplir-los-ods-en-america-latina-623625>



27. Sánchez, P. (2024). SolarTeam pone en marcha dos autoconsumos fotovoltaicos por 5 MWp en Ecuador. PV Magazine Latinoamérica. <https://www.pv-magazine-latam.com/2024/07/05/solarteam-pone-en-marcha-dos-autoconsumos-fotovoltaicos-por-5-mwp-en-Ecuador>
28. SolarTeam. (2024). Proyectos solares en Ecuador. <https://solarteam.energy/proyectos/>
29. Sun Conservation. (s.f.). Preguntas frecuentes. <https://www.sunconservation.ec/faq/>
30. Tesla. (2023). Tesla Powerwall: Home battery backup. <https://www.tesla.com/powerwall>
31. Vega, M. I., Bearzotti, L., Escobedo, Y. K., & González-Ramírez, R. G. (2018). Una propuesta de indicadores para el análisis de la sustentabilidad en puertos. *Panorama Económico*, 26(2), 165-186. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-vol.26-num.2-2018-2234>
32. Villavicencio, G. (2010). Crisis energética, vida cotidiana y gobernabilidad democrática. *La Tendencia. Revista de Análisis Político*, (10), 78-83. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/4576>
33. Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). Una definición de 'huella de carbono'. *Tendencias de investigación en economía ecológica*, 1 (2008), 1-11. <https://n9.cl/n81m9>



IMPLEMENTACIÓN DE CRITERIOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN DE ADQUISICIONES PÚBLICAS: CASO DEL GAD MUNICIPAL Y SU POLÍTICA DE COMPRAS SOSTENIBLES²³

Implementation of Environmental Criteria in Public Procurement Management: The Municipal Government Case and Its Sustainable Procurement Policy

Félix Chalén-Espinoza

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.
fgchalen@utpl.edu.ec

Jorge Ríos-Negrete

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja
jrios@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar una política de compras sostenibles que incorpore criterios ambientales en la gestión de adquisiciones públicas de un Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal, con énfasis en la adquisición de productos químicos utilizados en su parque automotor. Se desarrolló un estudio con enfoque cualitativo y carácter aplicado, sustentado en el análisis del marco normativo nacional e internacional, la evaluación de los procedimientos institucionales de compra y la valoración ambiental de los principales productos químicos adquiridos. La metodología incluyó la construcción de una matriz de evaluación basada en la peligrosidad de las sustancias, la probabilidad de liberación al ambiente y la frecuencia de uso, lo que permitió jerarquizar los insumos según su impacto ambiental. Los resultados evidenciaron que los combustibles y lubricantes representan los mayores riesgos ambientales, con impactos estimados superiores al 70 %, además de identificarse deficiencias relacionadas con la ausencia de procedimientos estandarizados, controles documentales y criterios ambientales en la selección de proveedores. Como respuesta, se formuló una política institucional fundamentada en las normas ISO 14001 e ISO 20400, que incorpora requisitos de cumplimiento legal, evaluación ambiental de productos, certificación de proveedores y capacitación del personal. Se concluye que la integración de criterios ambientales en las adquisiciones públicas fortalece el cumplimiento normativo, reduce los riesgos ambientales y promueve una gestión institucional más sostenible.

Palabras clave: adquisiciones públicas; compras públicas sostenibles; gestión ambiental; ISO 14001; ISO 20400; productos químicos.

ABSTRACT

This study aimed to design a sustainable procurement policy that integrates environmental criteria into the public procurement management system of a Municipal Autonomous Decentralized Government (GAD), with particular emphasis on the acquisition of chemical products used in its municipal vehicle fleet. An applied qualitative approach was adopted based on the analysis of national and international regulatory frameworks, the evaluation of existing procurement procedures, and the environmental assessment of the principal chemical products acquired by the institution. The methodology included the development of an environmental assessment matrix considering the intrinsic hazard of each substance, the probability of environmental release, and the frequency of use, allowing the prioritization of products according to their environmental impact. The results showed that fuels and lubricants represent the highest environmental risks, with estimated impacts exceeding 70%, while significant deficiencies were identified in procurement procedures, documentary controls, and environmental criteria for supplier selection. In response, an institutional sustainable procurement policy was developed based on ISO 14001 and ISO 20400 standards, incorporating legal compliance requirements, environmental product evaluation, supplier certification, and staff training. It is concluded that integrating environmental criteria into public procurement strengthens regulatory compliance, reduces environmental risks, and promotes more sustainable institutional management.

Keywords: public procurement; sustainable public procurement; environmental management; ISO 14001; ISO 20400; chemical products.

²³Artículo de Investigación



INTRODUCCIÓN

La incorporación de criterios ambientales en la gestión pública constituye actualmente un desafío prioritario para los gobiernos locales, especialmente frente a la creciente demanda de prácticas institucionales sostenibles que reduzcan los impactos negativos derivados de las actividades operativas del sector público. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la integración de políticas de consumo responsable en el ámbito estatal es un eje fundamental para impulsar patrones de producción sostenibles y salvaguardar los recursos naturales (UNEP, 2017). En la misma línea, estudios recientes demuestran que las adquisiciones públicas sostenibles no solo contribuyen a mitigar riesgos ambientales, sino que también fortalecen la eficiencia institucional al optimizar procesos de compra y reducir costos asociados a la gestión ineficiente de residuos peligrosos (Testa et al., 2016).

En el contexto ecuatoriano, la gestión ambiental dentro del sector público adquiere relevancia debido a las obligaciones establecidas en el Código Orgánico del Ambiente (COA) y los compromisos internacionales asumidos por el país respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 12 sobre Producción y Consumo Responsables (Naciones Unidas, 2015). Sin embargo, la aplicación de estos lineamientos enfrenta dificultades operativas asociadas a prácticas tradicionales de compra que privilegian los criterios económicos por encima de los ambientales, especialmente en instituciones que adquieren productos potencialmente peligrosos para el ambiente y la salud pública, como sustancias químicas, combustibles y derivados (Servicio Nacional de Contratación Pública, 2024).

La gestión de la cadena de suministro en el sector público requiere integrar criterios logísticos que optimicen recursos y reduzcan externalidades negativas (Ballou, 2004). La presente investigación tiene como objetivo proponer una mejora sostenible en la gestión de adquisiciones públicas, mediante el diseño de una política de compras sostenibles dirigida a un Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal, con énfasis en los productos químicos adquiridos por su bodega institucional. Esta iniciativa surge como respuesta a las observaciones formuladas en una auditoría ambiental, la cual evidenció la adquisición de sustancias químicas sin el correspondiente Certificado de Registro de Sustancias Químicas Peligrosas, emitido por el Ministerio del Ambiente, lo que implica un incumplimiento de la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

La propuesta desarrollada en este estudio contempla tres componentes fundamentales: el análisis del marco legal aplicable, la evaluación de los procesos actuales de compra dentro del GAD, y la formulación de lineamientos técnicos y normativos orientados a implementar una política de compras sostenibles que garantice el

cumplimiento legal, reduzca riesgos ambientales y promueva una gestión institucional más responsable.

En el contexto actual, la sostenibilidad ambiental se ha consolidado como un principio clave en la gestión de la cadena de suministro, tanto en el ámbito público como en el privado. En este sentido, y ante la necesidad de renovar su licencia ambiental, el GAD Municipal fue sometido a un proceso de auditoría ambiental relacionado con las operaciones de su parque automotor ubicado en el sector suroeste de la ciudad. Entre los principales hallazgos, se identificaron deficiencias en el proceso de adquisición de productos químicos, particularmente en lo referente a la falta de certificaciones ambientales requeridas (International Energy Agency, 2019; Naciones Unidas, 2015).

Estas deficiencias evidencian la necesidad urgente de establecer una política institucional de compras que permita alinear los procesos de adquisición con las disposiciones del Artículo 246 del Código Orgánico del Ambiente (COA), el cual establece que las compras públicas deben incorporar criterios ambientales como parte del compromiso con el desarrollo sostenible (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017). Cabe destacar que dicha incorporación no solo representa una obligación legal, sino también una oportunidad estratégica para fortalecer la gestión pública mediante prácticas responsables que generen impactos positivos en el entorno y la eficiencia institucional (Wiedmann & Minx, 2008; Naciones Unidas, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en el área de procesos de compras de la bodega municipal de un Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD), donde se identificaron adquisiciones de productos químicos realizadas sin verificar el cumplimiento del Certificado de Registro de Sustancias Químicas Peligrosas, requisito establecido por el Acuerdo Ministerial No. 142 emitido por el Ministerio del Ambiente. Esta situación representa un incumplimiento legal conforme a la Ley Orgánica del Ambiente y constituye un riesgo ambiental significativo. La ausencia de una política institucional que oriente las adquisiciones bajo criterios ambientales evidencia la necesidad de establecer lineamientos correctivos, en concordancia con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 14001:2015, la cual promueve sistemas de gestión ambiental efectivos, y la ISO 20400:2017, que dicta directrices para la implementación de compras sostenibles en los sectores público y privado.

Para diseñar una política de compras sostenibles, se aplicó un enfoque técnico estructurado en diversas etapas. En primer lugar, se realizó una revisión del proceso actual de adquisiciones, identificando la falta de lineamientos normativos, procedimientos formales y mecanismos de control documental. Posteriormente, se identificaron los productos químicos de mayor uso y



rotación en la bodega municipal, tales como combustibles, lubricantes, desengrasantes industriales, shampoo para vehículos, abrillantadores de llantas/panel y ambientadores, considerando su frecuencia de compra, volúmenes manejados y criticidad operativa en el parque automotor.

A continuación, se procedió con la evaluación de los impactos ambientales derivados del uso de estos productos. Para ello, se recopilieron datos técnicos sobre sus características, tales como composición química, frecuencia de uso, volumen anual aproximado, persistencia en el ambiente y nivel de peligrosidad, tomando como referencia las regulaciones del MAATE, las fichas de da-

tos de seguridad de los proveedores y las directrices de la ISO 14044:2006 para la evaluación del ciclo de vida.

Sobre esta base, se construyó una matriz de valoración cualitativa-semicuantitativa en la que se asignaron puntajes a cada producto según tres criterios: (i) peligrosidad intrínseca (toxicidad, inflamabilidad, corrosividad), (ii) probabilidad de liberación al ambiente (derrames, emisiones, contacto con cuerpos de agua o suelos) y (iii) frecuencia de uso en las operaciones del GAD. La combinación de estos criterios permitió estimar el porcentaje de contribución relativa de cada producto al impacto ambiental global del conjunto de insumos analizados, lo que se sintetiza en la Tabla 1.

Tabla 1.
Evaluación de Impacto Ambiental de Productos Químicos

Producto Químico	Uso Principal	Tipo de Riesgo Ambiental	% Estimado de Impacto Ambiental
Combustibles (diésel/gasolina)	Operación vehicular.	Emisiones y derrames.	>70%
Lubricantes para motor	Fricción y mantenimiento.	Altamente contaminantes.	>70%
Desengrasante industrial	Limpieza profunda.	Alto - Corrosivo, baja biodegradabilidad.	40% - 60%
Abrillantador de llantas/panel	Estética y presentación de vehículos.	Medio - Derivados del petróleo.	25% - 35%
Shampoo para vehículos	Lavado exterior de automotores.	Medio - Tensioactivos y fosfatos.	20% - 30%
Ambientadores para vehículos	Control de olores en cabinas.	Bajo a medio.	10% - 20%

Nota. La evaluación evidencia que los combustibles y lubricantes presentan el mayor impacto ambiental, mientras que los demás productos muestran niveles de riesgo medio o bajo según su uso y composición.

El análisis de la Tabla 1 permitió no solo clasificar los productos según su uso y naturaleza, sino también jerarquizar su relevancia ambiental relativa. Los combustibles y lubricantes superan el 70 % de impacto estimado debido a la combinación de dos factores críticos: su elevado volumen de consumo anual y la alta probabilidad de generar emisiones atmosféricas, derrames y contaminación de suelos y agua, en caso de manejos inadecuados. En un segundo nivel, el desengrasante industrial se ubica en un rango de 40 % a 60 %, dado su carácter corrosivo y baja biodegradabilidad, lo que aumenta el riesgo de afectación a cuerpos receptores y sistemas de tratamiento si no se gestionan correctamente los efluentes.

En contraste, productos como el abrillantador de llantas/panel y el shampoo para vehículos se sitúan en rangos intermedios (20 %-35 %), ya que, si bien contienen derivados del petróleo, tensioactivos y otros compuestos que pueden generar impactos, su volumen de uso y probabilidad de liberación al ambiente resultan relativamente menores frente a combustibles y lubricantes. Finalmente, los ambientadores presentan el menor porcentaje de impacto (10 %-20 %), asociado principalmente a la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), cuya incidencia es más relevante en términos de calidad del aire interior y confort, que en términos de contaminación de suelos o cuerpos de agua.

Esta clasificación, derivada de la matriz de valoración, permitió visualizar el grado de afectación ambiental de cada insumo y establecer prioridades de intervención, lo cual es coherente con los principios de prevención, jerarquía de controles y mejora continua promovidos por la ISO 14001:2015. En términos metodológicos, la Tabla 1 se convierte así en una herramienta de soporte para la toma de decisiones, al vincular el análisis técnico de los productos con los criterios de compra y selección de proveedores.

En paralelo, se realizó una revisión de buenas prácticas internacionales en materia de compras sostenibles, destacando el Manual de procedimiento para el control de inventarios del Instituto de Salud del Estado de México (2004), así como lineamientos de gestión de inventarios y control de sustancias peligrosas en el sector público. Este documento sirvió como referencia para adaptar lineamientos técnicos y operativos a la realidad del GAD, en particular en lo relativo a registro, trazabilidad y control documental de productos químicos.

Finalmente, se diseñó una política de compras sostenibles centrada en tres pilares fundamentales:

- Cumplimiento normativo ambiental y legal, incorporando la Ley Orgánica del Ambiente, el Acuerdo MAATE 142 y la NTE INEN-ISO 14001:2015.



- Prevención de riesgos e impactos ambientales, conforme a la ISO 14044.
- Mejora continua en las adquisiciones institucionales, basada en la ISO 20400:2017.

La política contempla medidas concretas como la exigencia del Certificado de Registro Ambiental como requisito habilitante, la evaluación técnica previa de los productos ofertados, la inclusión de cláusulas contractuales con criterios ambientales, la capacitación continua del personal responsable y el uso de matrices de evaluación del ciclo de vida para apoyar la toma de decisiones. Este enfoque metodológico permite asegurar una gestión responsable, sostenible y legalmente respaldada de las compras institucionales.

RESULTADOS

El análisis realizado permitió evidenciar que el área de procesos de compras de la bodega municipal presenta deficiencias estructurales y normativas en la gestión de adquisiciones de productos químicos. Entre las principales debilidades identificadas se encuentra la inexistencia de manuales operativos y procedimientos que permitan verificar el cumplimiento ambiental de los insumos adquiridos. En particular, se constató que los procesos de compra no exigen el Certificado de Registro de Sustancias Químicas Peligrosas, pese a ser un requisito obligatorio según el Acuerdo Ministerial No. 142 del MAATE, lo cual representa un incumplimiento normativo y un riesgo ambiental latente.

Asimismo, se detectó una ausencia de mecanismos de verificación documental, falta de criterios técnicos de sostenibilidad, inexistencia de políticas ambientales de compras y debilidad en los controles previos a la contratación. Estas deficiencias no solo implican una amenaza desde la perspectiva legal, sino que también comprometen la integridad ambiental y operativa de la institución, especialmente considerando la rotación de sustancias químicas de alto riesgo.

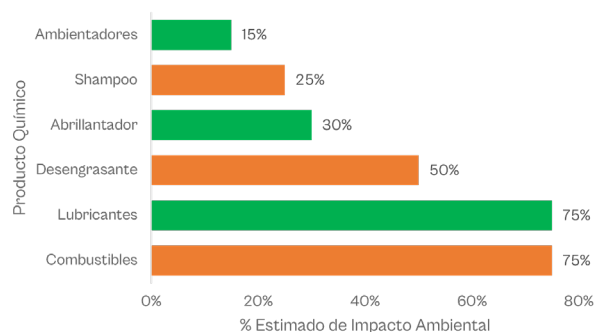
En relación con los productos adquiridos, los resultados presentados en la Tabla 1 evidencian que los combustibles y lubricantes son los insumos con mayor incidencia de impacto ambiental (>70 %), debido a su volumen de uso, probabilidad de derrames y generación de emisiones atmosféricas. Estos valores se asocian a riesgos que no solo afectan la calidad del suelo y del agua, sino también la salud del personal expuesto a vapores, residuos y contaminantes derivados del mantenimiento vehicular.

En un nivel intermedio, el desengrasante industrial presentó un porcentaje de impacto de entre 40 % y 60 %, principalmente por su baja biodegradabilidad, carácter corrosivo y potencial de contaminación de sistemas de tratamiento de aguas servidas. Por su parte, los productos de limpieza y estética vehicular, como shampoos y abrillantadores, se ubicaron entre el 20 % y el 35 %,

debido a la presencia de surfactantes, compuestos derivados del petróleo y fosfatos. Finalmente, los ambientadores concentraron el menor impacto ambiental, vinculado fundamentalmente a la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV).

La Figura 1 complementa los resultados de la Tabla 1, representando de forma comparativa el nivel de impacto ambiental de cada producto químico identificado, lo cual permite priorizar acciones preventivas y establecer criterios de compra diferenciados según su grado de riesgo.

Figura 1. Comparativo del impacto ambiental estimado de productos químicos adquiridos por el GAD Municipal



Nota. Los combustibles y lubricantes presentan el mayor impacto ambiental estimado (75 %), por lo que requieren medidas prioritarias para reducir sus riesgos y efectos sobre el ambiente.

A partir de estos resultados, se evidencia la necesidad de implementar acciones inmediatas que prioricen el control de combustibles, lubricantes y desengrasantes industriales, puesto que su impacto ambiental supera en más del doble al de otros insumos, además de requerir condiciones específicas de almacenamiento, transporte, manipulación y gestión de residuos. Este hallazgo justifica la propuesta de incluir matrices de evaluación ambiental como herramienta de decisión en la contratación pública, atendiendo los criterios de evaluación del ciclo de vida establecidos en la ISO 14044.

Frente a esta problemática, se propone la implementación de una Política de Compras Sostenibles de Productos Químicos, cuyo objetivo principal es garantizar que los procesos de adquisición se alineen con principios de cumplimiento técnico, normativo, sostenibilidad ambiental y mejora continua. Esta política contempla, entre otros elementos: [1] La exigencia del Certificado de Registro de Sustancias Químicas Peligrosas como requisito habilitante en la etapa precontractual. [2] La evaluación técnica del impacto ambiental de los productos ofertados. [3] La incorporación de cláusulas contractuales que obliguen a los proveedores a presentar: fichas de seguridad actualizadas, certificados de calidad ambiental, rotulado conforme al Sistema Globalmente Armonizado (SGA). [4] La priorización de proveedores con certificación ISO 14001, ISO 9001, ecoetiquetas o productos

biodegradables. [5] La capacitación técnica del personal responsable de compras y almacenamiento.

La propuesta se fundamenta en un marco legal vigente que incluye la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNC-P) y el Acuerdo Ministerial No. 142, y se respalda internacionalmente en la ISO 20400:2017 (compras sostenibles) e ISO 14001:2015 (gestión ambiental).

Se prevé que a corto plazo la adopción de estas políticas reduzca significativamente el riesgo asociado al uso de productos químicos dentro del GAD, mientras que, a mediano y largo plazo, favorezca prácticas sostenibles alineadas con la ISO 9001, promoviendo el cumplimiento legal, el control sistemático de procesos y la prevención de no conformidades. En síntesis, esta propuesta constituye una contribución viable y prioritaria para una gestión pública más responsable, eficiente y ambientalmente sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública. <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/normativa/losncp/ley-organica-del-sistema-nacional-de-contratacion-publica>
2. Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Registro Oficial Suplemento No. 983, 12 de abril de 2017. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-02/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
3. Ballou, R.H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro (5.ª ed.). Pearson Educación. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ii5xqLQ5VLgC&oi=fnd&pg=PA1&dq=2.%09Ballou,+R.+H.+\(2004\).+Log%C3%ADstica:+Administraci%C3%B3n+de+la+cadena+de+suministro+\(5.%C2%AA+ed.\).+Pearson.&ots=u56C-qjLj5d&sig=cY6N5BLOjAuxK7VykfMRJsJkr5l&redir_esc=y#v=onepage&q=2.%09Ballou%2C%20R.%20H.%20\(2004\).%20Log%C3%ADstica%3A%20Administraci%C3%B3n%20de%20la%20cadena%20de%20suministro%20\(5.%C2%AA%20ed.\).%20Pearson.&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ii5xqLQ5VLgC&oi=fnd&pg=PA1&dq=2.%09Ballou,+R.+H.+(2004).+Log%C3%ADstica:+Administraci%C3%B3n+de+la+cadena+de+suministro+(5.%C2%AA+ed.).+Pearson.&ots=u56C-qjLj5d&sig=cY6N5BLOjAuxK7VykfMRJsJkr5l&redir_esc=y#v=onepage&q=2.%09Ballou%2C%20R.%20H.%20(2004).%20Log%C3%ADstica%3A%20Administraci%C3%B3n%20de%20la%20cadena%20de%20suministro%20(5.%C2%AA%20ed.).%20Pearson.&f=false)
4. Instituto de Salud del Estado de México. (2004). Manual de procedimientos para el control de inventarios. Secretaría de Salud, Gobierno del Estado de México. https://ddsisem.edomex.gob.mx/bvirtual/descargar_archivo.php?cve_archivo=106
5. International Energy Agency. (2019). Energy Efficiency 2019. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>
6. International Organization for Standardization. (2015a). Environmental management systems – Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 14001:2015). <https://www.iso.org/standard/60857.html>
7. International Organization for Standardization. (2015b). Quality management systems – Requirements (ISO Standard No. 9001:2015). <https://www.iso.org/standard/62085.html>
8. International Organization for Standardization. (2017). Sustainable procurement: Guidance (ISO Standard No. 20400:2017). <https://www.iso.org/standard/63026.html>
9. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2015). Guía para el registro de sustancias químicas peligrosas. Dirección de Calidad Ambiental. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-99.pdf>
10. Ministerio del Ambiente. (2012). Acuerdo Ministerial No. 142. Listados Nacionales de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales. <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-142-listado-nacional-de-sustancias-quimicas-peligrosas/>
11. Ministerio del Ambiente. (2015). Instructivo para el registro de sustancias químicas peligrosas (Acuerdo Ministerial No. 099). <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-099-instructivo-para-el-registro-de-sustancias-quimicas-peligrosas/>
12. Naciones Unidas. (2015a). Objetivo 12: Producción y consumo responsables. <https://www.un.org/sustainable-development/es/sustainable-consumption-production/>
13. Naciones Unidas. (2015b, 25 de septiembre). Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://sdgs.un.org/es/2030agenda>
14. Servicio Nacional de Contratación Pública. (2024). Guía para la aplicación de criterios de sostenibilidad en



los procedimientos de contratación pública. https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2025/05/gui%CC%81a_para_cps_-_nro_7_final_revisada_resolucion-signed-signed.pdf

15. Testa, F., Grappio, P., Gusmerotti, NM, Iraldo, F., & Frey, M. (2016). Examinando la contratación pública verde mediante análisis de contenido: dificultades existentes para los compradores y recomendaciones útiles. *Environment, development and sustainability*, 18 (1), 197-219. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9634-1>
16. United Nations Environment Programme. (2017). 2017 Global Review of Sustainable Public Procurement. <https://www.unep.org/resources/report/2017-global-review-sustainable-public-procurement>
17. Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). Una definición de 'huella de carbono'. *Tendencias de investigación en economía ecológica*, 1 (2008), 1-11. <https://n9.cl/n81m9>



OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE PUNTO DE REORDEN EN WORLD VISION ECUADOR: REDUCCIÓN DE EXCESOS Y FALTANTES DE SUMINISTROS²⁴

Inventory Management Optimization Using the Reorder Point Method at World Vision Ecuador: Reducing Inventory Surpluses and Stockouts

Micaela García-Lasso

Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja.

magarcia79@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar la gestión de inventarios de suministros de limpieza y cafetería en la Fundación World Vision Ecuador mediante la implementación del método de Punto de Reorden (Reorder Point, ROP) y el uso de herramientas digitales de bajo costo. Se desarrolló un estudio con enfoque mixto que integró observación directa, entrevistas al personal responsable, análisis de registros históricos de consumo y digitalización de los procesos de control mediante Microsoft Excel. Durante la intervención se calcularon los puntos de reorden para los 40 productos administrados por la organización, priorizando los siete artículos de mayor rotación mediante el análisis de la demanda promedio, el tiempo de reposición y el stock de seguridad. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de errores en los registros, una mayor precisión en la planificación de compras, una optimización del tiempo de reposición y una disminución del riesgo de desabastecimiento, especialmente en productos de alta demanda. Asimismo, la digitalización permitió mejorar la trazabilidad de los movimientos de inventario y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. Se concluye que la aplicación del método ROP, complementada con herramientas digitales accesibles y capacitación del personal, constituye una estrategia eficiente, sostenible y replicable para organizaciones con recursos limitados que requieren garantizar la continuidad de sus operaciones.

Palabras clave: abastecimiento; control de inventarios; gestión de inventarios; logística operativa; Microsoft Excel; punto de reorden.

ABSTRACT

This study aimed to optimize the management of cleaning and cafeteria supply inventories at World Vision Ecuador through the implementation of the Reorder Point (ROP) method and the use of low-cost digital tools. A mixed-method research approach was adopted, combining direct observation, interviews with warehouse personnel, analysis of historical consumption records, and the digitalization of inventory management processes using Microsoft Excel. During the implementation phase, reorder points were calculated for the organization's 40 inventory items, prioritizing the seven highest-turnover products based on average demand, replenishment lead time, and safety stock. The results demonstrated a significant reduction in inventory recording errors, improved purchasing planning accuracy, optimized replenishment times, and a lower risk of stock shortages, particularly for high-demand products. Furthermore, inventory digitalization enhanced stock movement traceability and strengthened data-driven decision-making processes. It is concluded that the implementation of the Reorder Point method, supported by accessible digital tools and staff training, represents an efficient, sustainable, and replicable strategy for organizations with limited resources seeking to ensure operational continuity.

Keywords: procurement; inventory control; inventory management; operational logistics; Microsoft Excel; reorder point.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de inventarios es fundamental en la administración operativa de organizaciones que dependen de recursos críticos para asegurar la continuidad de sus servicios. Samaniego (2019). En el caso de la Fundación World Vision Ecuador, se han identificado problemas recurrentes en el control de suministros de limpieza y cafetería, derivados de la ausencia de sistemas digitalizados y del predominio de procesos manuales. Esta situación ha generado tanto excesos como faltantes de inventario, con consecuencias directas en el incremento de costos de almacenamiento, desperdicio de productos perecibles y posibles afectaciones en la satisfacción del personal.

El principal objetivo de la gestión de inventarios es optimizar la utilización de recursos, reducir desperdicios, garantizar la disponibilidad constante de insumos y mejorar la eficiencia logística (Ballou, 2004). Entre las herramientas y metodologías recomendadas destacan el método del punto de reorden (ROP), el análisis ABC y los modelos de pronóstico de la demanda. El método ROP, según Calderón (2024), permite establecer un nivel crítico de inventario que activa automáticamente la reposición, evitando el desabastecimiento. Zapata (2014) señala que la eficacia del ROP depende de una adecuada planificación, una estimación precisa de la demanda y políticas claras de abastecimiento.

En el análisis realizado a World Vision Ecuador, se determinó que aproximadamente siete productos concentran la mayor parte del consumo mensual, lo que exige un control riguroso y mecanismos de reposición eficientes. Sin embargo, la ausencia de automatización en el monitoreo de inventarios limita la capacidad de respuesta y la precisión en la gestión de stock. Rolón (2024) resalta que la combinación de métodos tradicionales con herramientas digitales, como hojas de cálculo en Excel, representa una solución viable para organizaciones de tamaño medio, mejorando la trazabilidad, disminuyendo errores humanos y agilizando la toma de decisiones.

La gestión de inventarios también debe ser flexible y adaptarse a variaciones en la demanda provocadas por eventos organizacionales o factores externos. Durán (2012) destaca la importancia de anticipar los picos de consumo y monitorear de manera constante los niveles de inventario para mantener la continuidad operacional. Asimismo, Azcona (2019) enfatiza que la integración de herramientas tecnológicas debe ir acompañada de capacitación permanente al personal responsable, garantizando la sostenibilidad y eficacia del sistema.

En este contexto, se propone la implementación del método de punto de reorden, complementado con herramientas digitales accesibles, como parte de la estrategia para optimizar la gestión de inventarios en World Vision Ecuador. Esta propuesta tiene como objetivo reducir excesos y faltantes, mejorar la utilización del es-

pacio de almacenamiento y asegurar la disponibilidad continua de los productos más demandados, aplicando buenas prácticas logísticas sustentadas en datos y aliadas con estándares internacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio abordó la problemática de la ineficiente gestión de inventarios en la Fundación World Vision Ecuador mediante una metodología mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos. Esta combinación permitió recopilar, analizar y procesar información de forma integral, generando una base sólida para el diseño de una solución adaptada a las necesidades específicas de la organización.

El objetivo metodológico principal fue diseñar e implementar un sistema de gestión de inventarios eficiente, fundamentado en el método del punto de reorden (ROP) y apoyado en herramientas digitales de bajo costo, como Microsoft Excel, que facilitan la automatización de procesos sin requerir inversiones tecnológicas elevadas. Según Calderón (2024) y Zapata (2014), el ROP permite establecer niveles críticos de stock que, al alcanzarse, activan automáticamente una nueva orden de compra, previniendo quiebres de inventario. Este enfoque ha demostrado ser especialmente útil en entornos con demanda variable.

Durante la fase de diagnóstico, se realizaron observaciones directas en la bodega, entrevistas con el personal responsable del abastecimiento y un análisis de los registros históricos sobre el consumo de suministros de limpieza y cafetería. Se tomó como referencia un período de cinco meses, lo cual permitió detectar problemas clave, como la ausencia de un sistema automatizado, errores recurrentes en los registros y variaciones impredecibles en la demanda. Tal como advierte Ollague (2019), la carencia de herramientas para anticipar estas fluctuaciones pone en riesgo la continuidad operativa de la organización.

Esta etapa también permitió reconocer oportunidades de mejora a partir de la adopción tecnológica y reestructuración de procesos. Coronado (2019) sostiene que tales medidas son esenciales para optimizar la eficiencia operativa y responder a las exigencias actuales del entorno logístico.

En la segunda fase, se procedió a implementar el método ROP, complementado con una digitalización progresiva de los registros de inventario mediante hojas de cálculo en Excel (ver Figura 1). Esta herramienta permitió sistematizar los movimientos de entradas y salidas de productos (ver Figura 2) y establecer umbrales de reorden precisos, considerando las necesidades reales de la organización. Como destaca Rolón (2024), el uso de soluciones accesibles como Excel mejora la trazabilidad y reduce los errores humanos, sin necesidad de costosas plataformas tecnológicas.



Para calcular el punto de reorden (ROP), se empleó la fórmula estándar:

$$ROP = (D_s \times T_r) + SS$$

donde:

- D_s = demanda semanal promedio
- T_r = tiempo de reposición en semanas
- SS = stock de seguridad

El stock de seguridad (SS) fue calculado con la fórmula:

Estos cálculos se realizaron para los 40 productos almacenados, priorizando los siete artículos de mayor rotación, que concentran la mayor parte del consumo y ocupación de espacio. Se utilizó información obtenida de registros internos, así como datos proporcionados por el personal de bodega.

Además, se consideraron variables adicionales como la realización de eventos y talleres, que incrementan la demanda de ciertos productos, por lo que se establecieron márgenes de seguridad adicionales. Veloz y Parada (2017) destacan la relevancia de ajustar los niveles de inventario a posibles contingencias para garantizar la continuidad operativa.

Asimismo, se promovió la capacitación del personal en el uso de estas herramientas digitales como parte del proceso de transición hacia una gestión más automatizada. Según Durán (2012), la formación continua del talento humano es un factor crítico para la sostenibilidad de cualquier sistema de inventario eficiente.

El enfoque adoptado no solo permitió reducir los costos de almacenamiento y mejorar la precisión en la reposición de productos, sino que también se alineó con buenas prácticas internacionales en logística de bajo costo. Camacho et al. (2020) subrayan que el uso combinado de métodos tradicionales con soluciones digitales accesibles puede garantizar una gestión sostenible y adaptable, incluso en contextos con recursos limitados.

RESULTADOS

La implementación del método del Punto de Reorden (ROP), complementado con herramientas digitales de bajo costo como Microsoft Excel, permitió a la Fundación World Vision Ecuador transformar su sistema de gestión de inventarios, pasando de un modelo manual e ineficiente a uno automatizado, preciso y proactivo. Esta transformación fue especialmente crítica debido a la variabilidad e imprevisibilidad en la demanda de suministros, una característica común en organizaciones que deben atender eventos y talleres de forma esporádica (Durán, 2012).

El proceso comenzó con la digitalización de los registros de inventario, lo que facilitó el seguimiento de movimien-

tos de entradas, salidas y saldos actuales en tiempo real. En la Figura 1, se visualiza un ejemplo de los saldos de stock sistematizados en Excel, que permitieron tener un panorama claro y actualizado del inventario disponible:

Figura 1.
Saldos de stock en Excel

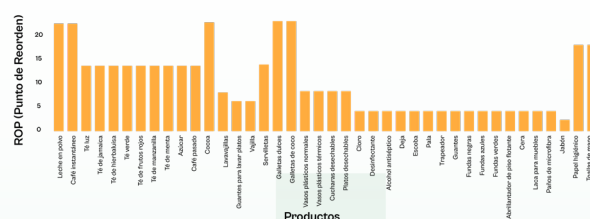
CÓDIGO	PRODUCTO	DEMANDA SEMANAL PROMEDIO	DEMANDA SEMANAL MÁXIMA	TIEMPO DE REPOSICIÓN SEMANAL MÁXIMO	TIEMPO DE REPOSICIÓN SEMANAL PROMEDIO	STOCK DE SEGURIDAD	ROP
1	Leche en Polvo	2	4	4	3	17	23
2	Café instantáneo	2	4	4	3	17	23
3	Té Leg	1	2	4	3	10	13
4	Té de Jamaica	1	2	4	3	10	13
5	Té de Horchata	1	2	4	3	10	13
6	Té verde	1	2	4	3	10	13
7	Té de frutos rojos	1	2	4	3	10	13
8	Té de manzanilla	1	2	4	3	10	13
9	Té de Menta	1	2	4	3	10	13
10	azúcar	1	2	4	3	10	13
11	Café Pasado	1	2	4	3	10	13
12	Cocoa	2	4	4	3	17	23
13	Lava Vajilla	0,5	1	4	3	6,5	8
14	Guantes para lavar platos	0,25	0,5	4	3	4,75	6
15	Villada	0,25	0,5	4	3	4,75	6
16	Servilletas	1	2	4	3	10	13
17	Galletas dulces	2	4	4	3	17	23
18	Galletas de coco	2	4	4	3	17	23
19	Vasos plásticos normales	0,5	1	4	3	6,5	8
20	Vasos plásticos Térmicos	0,5	1	4	3	6,5	8
21	Cucharas desechables	0,5	1	4	3	6,5	8
22	Platos desechables	0,5	1	4	3	6,5	8
23	Cloro	0,25	0,5	3	2	3,25	4
24	Desinfectante	0,25	0,5	3	2	3,25	4
25	Alcohol antiseptico	0,25	0,5	3	2	3,25	4
26	Deja	0,25	0,5	3	2	3,25	4
27	Escoba	0,25	0,5	3	2	3,25	4
28	Pala	0,25	0,5	3	2	3,25	4
29	Trapiador	0,25	0,5	3	2	3,25	4
30	Guantes	0,25	0,5	3	2	3,25	4
31	Fundas negras	0,25	0,5	3	2	3,25	4
32	Fundas azules	0,25	0,5	3	2	3,25	4
33	Fundas Verdes	0,25	0,5	3	2	3,25	4
34	Abrillantador de piso flotante	0,25	0,5	3	2	3,25	4
35	Cera	0,25	0,5	3	2	3,25	4
36	Laca para muebles	0,25	0,5	3	2	3,25	4
37	Paños de microfibr	0,25	0,5	3	2	3,25	4
38	Jabón	0,25	0,5	2	1	1,75	2
39	Papel Higiénico	4	8	2	1	13	17
40	Toallas de mano	4	8	2	1	13	17

Nota. El registro de saldos de stock en Excel facilita el control de inventarios, permitiendo monitorear las existencias disponibles y mejorar la gestión de abastecimiento.

Esta herramienta permitió establecer alertas visuales para activar el pedido de reposición, optimizando así los tiempos de respuesta y eliminando errores frecuentes de conteo manual. A la par, se sistematizó el proceso de cálculo del ROP mediante fórmulas estándar, considerando tres variables clave: demanda semanal promedio, tiempo de reposición y stock de seguridad.

En la Figura 2, se presenta el cálculo detallado del Punto de Reorden para los 40 productos gestionados por la fundación. Destaca que productos como leche en polvo, café instantáneo, galletas, papel higiénico y toallas de mano son los que tienen los valores de ROP más elevados, debido a su alta rotación y mayor impacto en la operatividad diaria de la organización.

Figura 2.
Cálculo del Punto de Reorden (ROP) por producto.



Entre los productos con mayor demanda semanal promedio (4 unidades) y menor tiempo de reposición (1 semana), se establecieron valores de ROP que garantizan un abastecimiento seguro ante contingencias. Por ejemplo, tanto el papel higiénico como las toallas de mano registran un ROP de 17 unidades, lo que responde a la necesidad de mantener existencias constantes para evitar interrupciones en el servicio.

En la Figura 3 se evidencian los flujos de ingreso y egreso de suministros, los cuales reflejan picos de consumo asociados a eventos internos. Esta visualización permitió ajustar dinámicamente los niveles de stock de seguridad, siguiendo recomendaciones metodológicas como las planteadas por Veloz y Parada (2017), quienes subrayan la necesidad de incorporar la variabilidad de la demanda en el diseño del inventario.

Asimismo, los resultados evidenciaron que el ROP no solo permitió anticipar con exactitud el momento adecuado para generar un nuevo pedido, sino que también redujo significativamente el riesgo de quiebres de stock, uno de los principales desafíos identificados en el diagnóstico inicial. Esta capacidad predictiva fue clave para garantizar la continuidad operativa, especialmente durante periodos de alta demanda.

En cuanto al rendimiento general del sistema, se destacan tres logros fundamentales:

- Reducción de errores en los registros gracias a la digitalización y automatización.
- Optimización del tiempo de reposición, al contar con datos confiables que respaldan la planificación de compras.
- Mejora en la toma de decisiones, al disponer de información precisa, centralizada y en tiempo real.

Figura 3. Movimientos de existencias: compras y utilización

Control de Stock			
Saldo de Stock			
Actualice el reporte ubicándose sobre la tabla: botón derecho del mouse, opción Actualizar			
PRODUCTO	FECHA	COMPRA/VENTA/EXISTENCIA	suma de CANTIDAD
(En Blanco)	(En Blanco)	(En Blanco)	
Total			
Leche en Polvo	13/10/2024	Compra	24
Total Leche en polvo			24
Café Instantáneo	13/10/2024	Compra	24
Total Café Instantáneo			24
Té de Jamaica	13/10/2024	Compra	12
Total Té de Jamaica			12
Té de Horchata	13/10/2024	Compra	12
Total Té de Horchata			12
Té verde	13/10/2024	Compra	12
Total Té verde			12
Té Log	13/10/2024	Compra	12
Total Té Log			12
Té de frutos rojos	13/10/2024	Compra	12
Total Té de frutos rojos			12
Té de manzanilla	13/10/2024	Compra	12
Total Té de manzanilla			12
Té de Menta	13/10/2024	Compra	12
Total Té de Menta			12
Azúcar	13/10/2024	Compra	12
Total azúcar			12
Café Pasado	13/10/2024	Compra	12
Total Café Pasado			12
Cocos	13/10/2024	Compra	12
Total Cocos			12

Nota. Los movimientos de existencias permiten monitorear el ingreso y uso de suministros, facilitando un mejor control del inventario y una reposición oportuna del stock.

Estos hallazgos confirman la afirmación de Camacho et al. (2021), quienes indican que la combinación de métodos tradicionales como el ROP con herramientas digitales accesibles no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que constituye una solución sostenible y escalable para organizaciones con recursos limitados.

La aplicación del método ROP, el uso de Excel como herramienta de soporte y la capacitación básica del personal en estos procesos han dado como resultado una gestión de inventarios más efectiva, alineada con buenas prácticas logísticas (Azcona Puig, 2019). Este modelo puede ser replicable y adaptable en otras unidades organizativas o en instituciones de características similares que enfrenten retos logísticos operacionales con limitaciones presupuestarias. Todos aprueban la versión final y se hacen responsables de su contenido.

La evidencia obtenida confirma la pertinencia del método de Punto de Reorden (ROP) como estrategia efectiva para organizaciones con limitaciones presupuestarias, particularmente aquellas cuyo patrón de demanda presenta alta variabilidad, como es el caso de entidades sociales que ejecutan talleres y eventos intermitentes. Los resultados demuestran que la digitalización básica, mediante herramientas de bajo costo como Excel, no solo reduce errores operativos, sino que también fortalece la anticipación del abastecimiento y evita quiebres de stock, contribuyendo a la continuidad de los servicios ofrecidos.

Este hallazgo coincide con Testa et al. (2016), quienes afirman que los mecanismos de gestión logística sostenibles pueden generar eficiencia corporativa, aun cuando se implementan con recursos limitados. Asimismo, la función predictiva alcanzada con el ROP se alinea con los lineamientos de la norma ISO 20400 (2017), al promover decisiones estratégicas de adquisición basadas en criterios de eficiencia, uso racional de recursos y sostenibilidad operativa. La integración de procesos automatizados también coincide con lo establecido por UNEP (2020), que señala la necesidad de fortalecer capacidades institucionales para optimizar el consumo de materiales y disminuir costos logísticos en la administración pública y organizaciones del tercer sector.

Los resultados confirman lo planteado por Ballou (2004), quien sostiene que la gestión de inventarios influye directamente en la operatividad y disponibilidad de recursos, y que herramientas metodológicas simples pueden ser escalables en la planificación logística. Esto evidencia que la incorporación del ROP, acompañado de procesos automatizados, constituye una solución sostenible, replicable y ajustable a contextos institucionales similares.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Azcona Puig, A. (2019). La innovación tecnológica en logística. Análisis de mejores prácticas y su aplicación al caso de El Corte Inglés [Trabajo de fin de grado, Universidad Pontificia Comillas]. <http://hdl.handle.net/11531/31816>
2. Calderón Quezada, C. E. (2024). Gestión de inventarios en una empresa comercializadora de productos de primera necesidad en la ciudad de Azogues [Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44341>
3. Coronado Larraga, R. (2019). Innovación en la gestión de inventarios mediante el uso del Punto de Reorden y herramientas tecnológicas [Tesis de maestría, CIATEQ A.C.]. Repositorio Institucional CIATEQ. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/372/1/CoronadoLarragaRocio%20MDGPI%202019.pdf>
4. Durán, Y. (2012). Administración del inventario: Elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*, (1), 55-78. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892008.pdf>
5. Ollague Flores, B. A. (2019). Propuesta para la optimización de la gestión de inventario de la empresa Vanderbilt [Trabajo de titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional DSpace. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17802>
6. Rolón Ramírez, D. A. (2024). Transformación tecnológica en el modelo de gestión de inventarios en las Mipymes: Revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 3551-3566. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9701
7. Samaniego, H. (2019). Un modelo para el control de inventarios utilizando dinámica de sistemas. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, (6), 135-155. <https://doi.org/10.32719/25506641.2019.6.6>
8. Veloz Navarrete, C., & Parada Gutiérrez, O. (2017). Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *CIENCIA UNEMI*, 10(22), 29-38. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol10iss22.2017pp29-38p>
9. Zapata Cortés, J. A. (2014). Fundamentos de la gestión de inventarios. Centro Editorial Esumer. <https://www.factory.com.co/wp-content/uploads/2019/03/Fundamentosdelagestiondeinventarios.pdf>
10. Zapata, A. S. C., Baldovino, J. P. R., Herazo, J. M., & Millán, R. R. (2020). Importancia de la gestión de inventario en empresa de Manufacura. *Boletín de innovación, logística y operaciones*, 2(2), 37-42. <https://doi.org/10.17981/bilo.02.02.2020.05>



REDISEÑO DEL PROCESO DE DESPACHO EN LÁCTEOS SAN ANTONIO: ESTRATEGIAS LOGÍSTICAS Y HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA EFICIENCIA OPERATIVA²⁵

*Redesign of the Dispatch Process at Lácteos San Antonio: Logistics Strategies and
Digital Tools for Operational Efficiency*

Wilmer Tepan-Puchi

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
wdtepan@utpl.edu.ec

Xavier Merino-Vivanco

Facultad de Ingenierías y Arquitectura.Universidad Técnica Particular de Loja.
xmerino@utpl.edu.ec

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo optimizar el proceso de despacho de Lácteos San Antonio mediante el rediseño de sus operaciones logísticas y la incorporación de herramientas digitales orientadas a mejorar la eficiencia operativa y la trazabilidad de los pedidos. Se desarrolló un estudio con enfoque cuantitativo basado en observación directa y la aplicación de encuestas estructuradas a 30 colaboradores de las áreas de bodega, despacho, transporte y facturación. El diagnóstico permitió identificar deficiencias relacionadas con la organización del almacén, la capacitación del personal, la preparación de pedidos y los mecanismos de verificación durante el despacho. Como estrategia de mejora se propuso la implementación de una aplicación desarrollada en AppSheet para registrar en tiempo real el estado de la carga, la ubicación de los vehículos y las órdenes de despacho, complementada con el fortalecimiento de las funcionalidades del sistema SAP para mejorar el control documental y la trazabilidad de las operaciones. Los resultados evidenciaron que la falta de capacitación, la organización deficiente de la bodega y la ausencia de filtros de control constituyen las principales causas de los errores de despacho. Se concluye que la integración de herramientas digitales, junto con la estandarización de procesos y la capacitación continua del personal, representa una estrategia efectiva para reducir errores, optimizar los tiempos de despacho y fortalecer la eficiencia logística de la empresa.

Palabras clave: AppSheet; eficiencia operativa; gestión de despachos; logística de distribución; SAP; trazabilidad logística.

ABSTRACT

This study aimed to optimize the dispatch process at Lácteos San Antonio by redesigning its logistics operations and incorporating digital tools to improve operational efficiency and order traceability. A quantitative research approach was adopted based on direct observation and structured surveys administered to 30 employees working in warehouse, dispatch, transportation, and billing operations. The diagnostic assessment identified deficiencies related to warehouse organization, employee training, order preparation, and dispatch verification procedures. As an improvement strategy, a mobile application developed with AppSheet was proposed to record shipment status, vehicle location, and dispatch orders in real time, complemented by enhanced use of the SAP system to strengthen document control and operational traceability. The results revealed that insufficient employee training, poor warehouse organization, and the absence of verification mechanisms were the main causes of dispatch errors. It is concluded that integrating digital technologies with standardized operating procedures and continuous staff training represents an effective strategy for reducing errors, improving dispatch times, and strengthening the logistics performance of the company.

Keywords: AppSheet; operational efficiency; dispatch management; distribution logistics; SAP; logistics traceability.



INTRODUCCIÓN

La optimización de los procesos logísticos es fundamental para garantizar la eficiencia operativa, especialmente en el área de despacho de productos perecederos, como los lácteos. Esta eficiencia no solo se refleja en la reducción de costos y tiempos, sino también en el fortalecimiento de la confianza del cliente y la sostenibilidad competitiva en el mercado. Una gestión inadecuada en esta etapa crítica puede generar pérdidas económicas, desperdicio de recursos y afectar la imagen corporativa (Karishma & Fazeeda, 2021).

Lácteos San Antonio, empresa dedicada a la distribución de leche y derivados en gran parte del Ecuador, ha identificado deficiencias operativas en su sistema de despacho. Con un volumen de almacenamiento de 2.5 millones de litros y una capacidad diaria de ingreso de 130,000 litros, la empresa presenta una tasa de cumplimiento del 84%, debido a errores en la preparación de pedidos, despachos incompletos y retrasos. Estos problemas, ligados a la falta de organización en bodega, ausencia de filtros de verificación y escasa capacitación del personal, limitan la capacidad de procesar eficientemente los pedidos diarios.

El proceso actual se divide en tres etapas: facturación, preparación y carga. Sin embargo, presenta debilidades significativas, como cambios de última hora en los pedidos, la falta de priorización geográfica y el descontrol documental. Estos factores incrementan los tiempos operativos y afectan directamente la satisfacción del cliente. Esta situación subraya la necesidad de una propuesta integral de mejora que aborde estos problemas desde una perspectiva técnica y organizacional.

Diversos estudios respaldan la importancia de intervenir en estos procesos logísticos. Karishma y Fazeeda (2021) resaltan cómo los sistemas de gestión de almacenes (WMS) incrementan la precisión en el despacho mediante verificaciones en tiempo real. En este sentido, Julián y Angelet (2020) demostraron que la implementación de algoritmos de optimización de rutas puede reducir hasta un 53% los costos de transporte, lo cual es particularmente relevante para productos perecederos, como los distribuidos por Lácteos San Antonio. Además, Marcelo (2019) argumenta que invertir en formación del personal puede aumentar la productividad en un 30%, lo que favorece la mejora continua y reduce los errores humanos.

Otros estudios subrayan la importancia de la sostenibilidad en los procesos logísticos. Jimmy (2024) analizó cómo las políticas de transporte eficientes no solo reducen los costos operativos, sino también el impacto ambiental. De manera similar, David (2010) y López y Fernández (2021) sugieren que modelos de priorización de entregas y rediseño organizacional basados en datos son especialmente efectivos en empresas con alta rotación y múltiples puntos de entrega.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo optimizar el proceso de despacho de Lácteos San Antonio, mediante un análisis detallado de su situación actual, el diseño de soluciones logísticas apoyadas en tecnologías digitales y la implementación de mecanismos de mejora continua. La metodología empleada será cuantitativa, utilizando encuestas dirigidas al personal operativo y supervisor para identificar las causas raíz de las ineficiencias. A partir de estos datos, se propondrán acciones concretas que promuevan una logística más eficiente, sostenible y centrada en el cliente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio emplea un enfoque cuantitativo, que permite recolectar, procesar y analizar datos objetivos con el fin de describir y resolver la problemática del proceso de despacho en Lácteos San Antonio. Según Muñoz (1992), la metodología cuantitativa se caracteriza por su enfoque positivo y objetivo, orientado a resultados concretos, a diferencia de la cualitativa, que responde a un enfoque estructuralista y antropológico. Esta elección metodológica se justifica por la necesidad de abordar deficiencias operativas mediante indicadores medibles y verificables.

La optimización de procesos es una disciplina de gran relevancia en áreas como ingeniería, logística y administración de empresas, donde se aplican métodos basados en variables continuas y discretas para resolver problemas complejos mediante formulaciones rigurosas (Caballero & Grossmann, 2007). En este contexto, se empleó una estrategia metodológica integral que combinó observación directa con el uso de encuestas estructuradas, permitiendo analizar los flujos logísticos actuales, identificar áreas críticas y proponer soluciones prácticas.

La técnica principal utilizada fue la encuesta, reconocida como una herramienta esencial para comprender el comportamiento de un grupo de interés y sustentar decisiones de mejora. Como señala López (1998), las encuestas permiten establecer un margen de error y un nivel de confianza, parámetros fundamentales para validar la representatividad de los resultados. En este estudio, se aplicaron 30 encuestas a todo el personal del área logística, incluidos operativos y supervisores, logrando un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%. Las preguntas, de carácter cerrado, se enfocaron en identificar causas de errores en el despacho, percepciones sobre la organización del almacén, nivel de conocimiento del portafolio de productos y evaluación de la inducción recibida.

Se respetaron los criterios éticos fundamentales, como el anonimato de los encuestados y el uso exclusivo de los datos con fines académicos. La información recabada permitió identificar que las deficiencias más recurrentes están relacionadas con la falta de filtros de verificación, la escasa capacitación del personal y el débil control en la salida de productos.



De acuerdo con Posada y González (2010), una metodología eficaz en estudios logísticos debe incluir la participación activa de los colaboradores a través de mecanismos de recolección de datos que reflejen tanto las limitaciones operativas como las expectativas del personal y del cliente. Por ello, los resultados de las encuestas sirvieron como base para desarrollar propuestas de mejora inmediatas, como la planificación de capacitaciones internas enfocadas en la correcta preparación de pedidos y gestión de despacho.

Asimismo, se exploró el uso de herramientas digitales como apoyo para la mejora del proceso. Según Route (2022), la preparación de pedidos es una de las actividades más relevantes, costosas y complejas en el ámbito logístico, por lo que debe asegurarse que los productos preparados sean los correctos y estén listos para su despacho eficiente. En este sentido, se diseñó una aplicación mediante AppSheet, una plataforma de Google que permite crear aplicaciones sin necesidad de programación avanzada y facilita la recolección automatizada de datos como ubicación GPS, códigos de barras y registros de estado (AppSheet, 2024). Esta aplicación, operativa desde dispositivos móviles, permite al personal registrar información sobre pedidos, verificar el estado de los vehículos y monitorear en tiempo real la carga y distribución de productos, especialmente en rutas prioritarias o de mayor alcance.

Complementariamente, se propuso fortalecer el uso del sistema SAP, ya implementado en la planta, aprovechando su potencial para generar órdenes de despacho automáticas, copias para los choferes y facilitar un control cruzado que minimice errores y optimice tiempos. Tal como indica SAP (s.f.), sus herramientas permiten automatizar procesos administrativos y generar entornos integrados que mejoran la eficiencia operativa.

En conjunto, esta metodología combina herramientas tradicionales de recolección de datos con tecnologías emergentes de digitalización logística, proporcionando una base sólida para el rediseño del proceso de despacho en Lácteos San Antonio, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, la trazabilidad de los productos y la satisfacción del cliente.

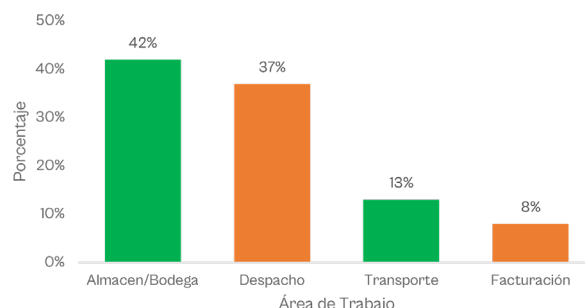
RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante el enfoque cuantitativo, basado en 30 encuestas aplicadas al personal del área logística de Lácteos San Antonio, permitieron identificar los principales factores críticos que afectan el proceso de despacho.

La distribución del personal según su área de trabajo, mostrada en la Figura 1, revela que el 42 % del personal se encuentra en el área de bodega, seguido por el 37 % en el área de despacho, el 13 % en transporte y solo el 8 % en facturación. Esta distribución indica que la mayor carga operativa se concentra en las áreas directa-

mente involucradas en la preparación y ejecución de los pedidos, lo que resalta la importancia de optimizar los procesos en estas áreas clave para mejorar la eficiencia global del despacho.

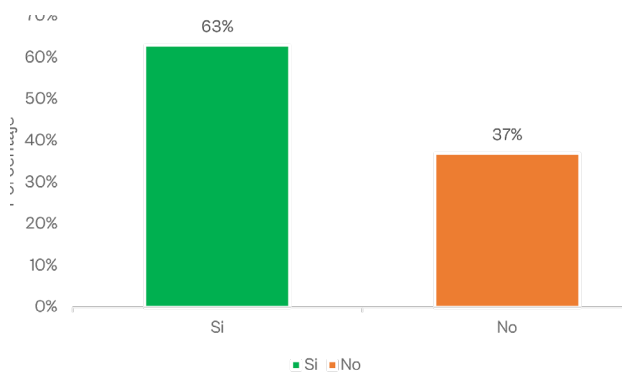
Figura 1.
Área de trabajo del personal encuestado



Nota. La mayor proporción del personal se concentra en bodega (42 %) y despacho (37 %), áreas clave para el proceso logístico y la eficiencia en el despacho de productos.

Como se evidencia en la Figura 2, el 63 % del personal indicó conocer plenamente el portafolio de productos que comercializa la empresa, mientras que el 37 % no lo conoce completamente. Esta brecha se asocia a la presencia de nuevo personal o a una formación incompleta, lo cual incide directamente en los errores durante la preparación de pedidos.

Figura 2.
Nivel de conocimiento del mix de productos

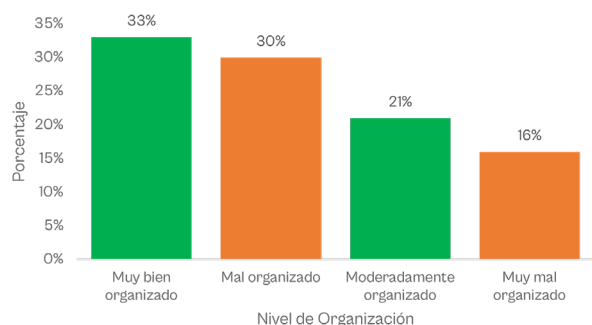


Nota. El 63 % del personal conoce el mix de productos, mientras que el 37 % presenta un conocimiento insuficiente, lo que puede generar errores en la preparación de pedidos.

En la Figura 3 se aprecia que solo el 33 % de los encuestados consideran que la bodega está bien organizada, mientras que un preocupante 46 % la califican como mal o muy mal organizada. Esto impacta directamente en la eficiencia y aumenta las probabilidades de errores operativos.



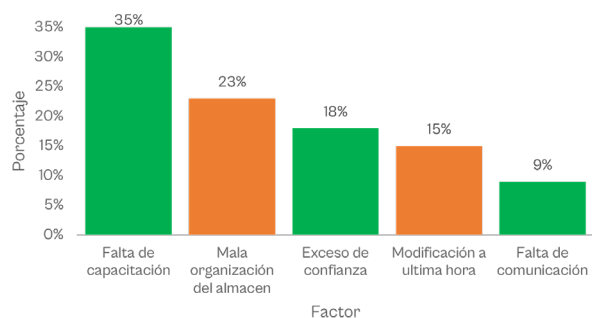
Figura 3.
Opinión sobre la organización de bodega



Nota. La organización de la bodega presenta oportunidades de mejora, ya que el 46 % la califica como mal o muy mal organizada, lo que puede afectar la eficiencia operativa.

La Figura 4 identifica los principales factores que inciden en un despacho incorrecto: la falta de capacitación (35 %), la mala organización (23 %) y el exceso de confianza del personal antiguo (18 %) lideran las causas. Además, el 15 % señaló que las modificaciones de último minuto alteran el proceso, y el 9 % mencionó deficiencias en la comunicación interna.

Figura 4.
Principales factores que provocan errores de despacho

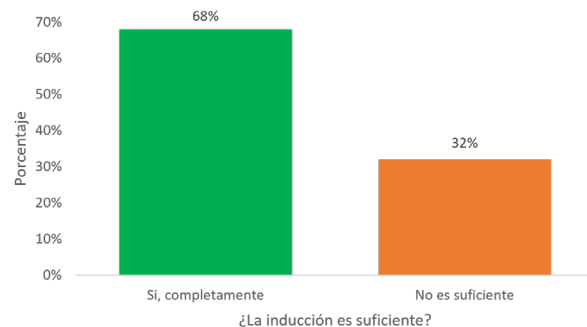


Nota. La falta de capacitación (35 %) y la mala organización del almacén (23 %) son las principales causas de errores de despacho, seguidas por el exceso de confianza, cambios de última hora y deficiencias en la comunicación.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Route (2022), quien enfatiza que la preparación de pedidos es una de las actividades más complejas y críticas dentro de los procesos logísticos, y que la falta de control en esta etapa puede generar serias ineficiencias.

Como se muestra en la Figura 5, el 68 % del personal considera que la inducción ha sido adecuada, mientras que el 32 % expresa que no fue suficiente. Esta situación afecta especialmente al personal eventual o con menos de un año de experiencia, quienes requieren formación continua para desempeñar eficazmente sus funciones.

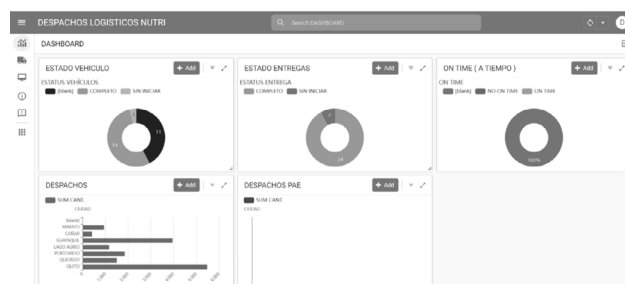
Figura 5.
Valoración sobre la inducción recibida por la empresa



Nota. El 68 % del personal considera adecuada la inducción recibida, mientras que el 32 % la percibe insuficiente, evidenciando la necesidad de fortalecer este proceso para facilitar una mejor adaptación e integración del personal.

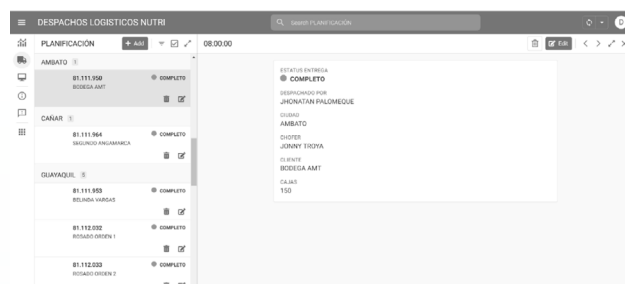
Para resolver las deficiencias identificadas, se implementó el uso de AppSheet, una herramienta de Google que permite registrar en tiempo real el estado de la carga, destino, número de orden y condiciones del vehículo. Esta aplicación funciona en dispositivos móviles, lo que facilita su uso en campo por parte del personal.

Figura 6.
Interfaz del aplicativo AppSheet mostrando el estado de carga



Nota. La interfaz de AppSheet muestra el estado de vehículos, entregas y despachos para facilitar el seguimiento operativo en tiempo real.

Figura 7.
Página de inicio del aplicativo AppSheet, con datos clave de despacho



Nota. La pantalla inicial de AppSheet centraliza la información de los despachos programados y su estado, facilitando el seguimiento de las entregas y el control operativo en tiempo real.

Paralelamente, se reforzó el uso del sistema SAP, generando copias de órdenes de despacho que permiten a los choferes verificar su carga y firmar una hoja de control al finalizar el proceso. Estas acciones constituyen nuevos filtros que fortalecen la trazabilidad del proceso de distribución (SAP, s.f.).



La implementación de estas soluciones busca reducir los tiempos de despacho, mejorar el control de cargas y minimizar errores. Si bien la tecnología aún se encuentra en fase de prueba, se espera una mejora sostenible en eficiencia operativa y satisfacción del cliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abalde Paz, E., & Muñoz Cantero, J. M. (1992). Metodología cuantitativa vs. cualitativa. En J. M. Muñoz Cantero & E. Abalde Paz (Coords.), *Metodología educativa I* (pp. 89–99). Universidade da Coruña. <https://hdl.handle.net/2183/8536>
2. Alfaro, J. F. (2024). Logística verde en empresas de Perú y Estados Unidos del sector de construcción [Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Negocios Internacionales, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/20237>
3. Caballero, J. A., & Grossmann, I. E. (2007). Una revisión del estado del arte en optimización. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 4(1), 5–23. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(07\)70188-7](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(07)70188-7)
4. Google. (s.f.). AppSheet. <https://cloud.google.com/appsheets?hl=es>
5. Marín-Idárraga, D. A., & Cuartas-Marín, J. C. (2014). Teorías del análisis y diseño organizacional: una revisión a los postulados contingentes y de la co-alineación estratégica. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 22(1), 153–168. <https://doi.org/10.18359/rfce.645>
6. Nextech. (s. f.). ¿Qué es SAP y para qué sirve SAP? <https://nextech.pe/que-es-sap-y-para-que-sirve-sap-2/>
7. Nutri. (s. f.). Nutri Lácteos San Antonio. <https://www.nutri.com.ec/>
8. Obando Changuán, M. P. (2020). Capacitación del talento humano y productividad: Una revisión literaria. *ECA Sinergia*, 11(2), 166–173. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v11i2.2254
9. Posada Henao, J. J., & González Calderón, C. A. (2010). Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (53), 106–118. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-62302010000300009&script=sci_arttext
10. Servera-Francés, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 20(38), 217–234. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/22403>
11. Shanmugamani, K., & Mohamad, F. (2023). The implementation of Warehouse Management System (WMS) to improve warehouse performance in Business to Business (B2B). *International Journal of Industrial Management*, 17(4), 231–239. <https://doi.org/10.15282/ijim.17.4.2023.10091>
12. SimpliRoute. (2022). Preparación de pedidos: Etapas y cómo prepararlos de forma eficiente. <https://simpli-route.com/es/blog/preparacion-de-pedidos-etapas-y-como-prepararlos-de-forma-eficiente>
13. Zapata-Cortes, J. A., Vélez-Bedoya, Á. R., & Arango-Serna, M. D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Investigación Administrativa*, 49(126), 1–18. <https://www.redalyc.org/journal/4560/456063405009/html/>





Editorial Queyam es un sello editorial comprometido con la excelencia académica y la difusión del conocimiento. A través de la edición y publicación de libros, revistas científicas y obras especializadas, impulsa la investigación, la innovación y el desarrollo científico, educativo y cultural a nivel nacional e internacional.

<https://grupoqueyam.com/>





Editorial Queyam es signataria del SDG Publishers Compact de las Naciones Unidas, reafirmando su compromiso con la promoción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) mediante la publicación y difusión de conocimiento que contribuya al desarrollo científico, educativo y social.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sdg-publishers-compact-members/>



I SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 2025



ISBN: 978-9907-816-01-3



9 789907 816013