

LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE PARA LA DISTRIBUCIÓN DE CHAMPIÑONES

TRANSPORT LOGISTICS FOR THE DISTRIBUTION OF MUSHROOMS

Eliana Fernanda Rosero Guiz¹, Daniel Mauricio Beltrán Del Hierro²

{eliana.rosero@upec.edu.ec¹, daniel.beltran@upec.edu.ec²}

Fecha de recepción: 30/09/2025 / Fecha de aceptación: 06/10/2025 / Fecha de publicación: 07/10/2025

RESUMEN: La logística del transporte para la distribución es una parte esencial que permite mejorar la eficiencia operativa y competitividad de las empresas, mismas que actualmente presentan fuertes desafíos en el proceso de distribución debido a falta de planificación, ruteo y costos elevados, además de la exigencia del manejo riguroso de cadena de frío que permita mantener la temperatura óptima durante todo el proceso, por lo tanto, la investigación se centró proponer un modelo de logística de transporte para optimizar la distribución de champiñones, asegurando la eficiencia operativa, reducción de costos y cumplimiento en los tiempos de entrega. Se partió de identificar el inicio y fin del proceso que abarca el último eslabón de la Cadena de Suministro de la empresa analizada. La investigación se desarrolló empleando una metodología de enfoque mixto que se generó de la revisión sistemática de la literatura (RSL), dentro del enfoque cualitativo se realizó análisis documental y encuestas. Por otro lado, en el enfoque cuantitativo se realizó la tabulación de las encuestas y el diseño del ruteo OR-Tools. Además, se determinó el costo por cada kilómetro recorrido de los cinco vehículos tomando en cuenta costos fijos, variables y de mantenimiento obteniendo para el camión de 8.13 toneladas un costo de 0.93 ctvs., para el de 7.43 toneladas un costo de 0.56 ctvs., para el de 3.45 toneladas un costo de 0.55ctvs, para el de 2.84 toneladas un costo de 0.51 ctvs., y para el de 2.57 toneladas 0.46 ctvs. Aplicando el VRP de OR-Tools con programación en Python se obtuvo una optimización del recorrido semanal en rutas de 151 kilómetros, que reflejó un ahorro de \$77.00, llevando a una disminución del 7.3% de los costos logísticos, de este modo el modelo propuesto lleva una mejora sustancial del proceso de distribución.

Palabras clave: *Logística del transporte, Cadena de Suministro, distribución, costos logísticos, VRP Or-Tools, optimización*

¹Maestría en Logística y Cadena de Suministro, Universidad Politécnica Estatal del Carchi – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-7673-8759>; +5930959979704.

²Universidad Politécnica Estatal del Carchi – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-2888-4007>; +5930990362476.

ABSTRACT: Transportation logistics for distribution is an essential component that helps improve the operational efficiency and competitiveness of companies, which currently face significant challenges in the distribution process due to lack of planning, routing, and high costs, in addition to the strict requirements of cold chain management to maintain optimal temperatures throughout the entire process. The present paper focused on proposing a transportation logistics model to optimize the distribution of mushrooms, ensuring operational efficiency, cost reduction, and compliance with delivery times. The investigation began by identifying the start and end points of the process encompassing the final link in the Supply Chain of the case study company. The study was carried out using a mixed-methods approach, beginning with a Systematic Literature Review (SLR). Within the qualitative approach, document analysis, surveys, and checklists were employed. On the other hand, in quantitative approach, the survey data were tabulated and the “Path Cheapest Arc” routing method from OR-Tools was implemented using Python programming. Additionally, the cost per kilometer traveled was calculated for five vehicles, considering fixed, variable, and maintenance costs. The resulting costs were: \$0.0093 per km for the 8.13-ton truck, \$0.0056 for the 7.43-ton truck, \$0.0055 for the 3.45-ton truck, \$0.0051 for the 2.84-ton truck, and \$0.0046 for the 2.57-ton truck. By applying the Vehicle Routing Problem (VRP) model from OR-Tools with Python programming, a weekly route optimization of 151 kilometers was achieved, resulting in a cost savings of \$77.00, which reflects a 7.3 % reduction in logistics costs. In this way, the proposed model brings about a substantial improvement in the distribution process.

Keywords: *Transport logistics, Supply Chain, distribution, logistics costs, VRP Or-Tools, optimization*

INTRODUCCIÓN

La logística es una pieza clave en todo tipo de empresas, pues todas manejan una Cadena de Suministro para abastecerse distribuir y entregar materia prima o productos; para esto es necesario contar con una previa coordinación desde el inicio hasta el final del proceso, puesto que, la logística tiene como fin que las empresas logren poner a disposición de los clientes las cantidades, condiciones y en el lugar requerido los productos (1); desde esta perspectiva la logística del transporte para la distribución actualmente conlleva varios desafíos y es un factor importante dentro del último eslabón de la Cadena de Suministro, puesto que, este proceso no solo abarca la planificación y ejecución del movimiento de mercancías desde un punto de origen hasta uno de consumo, empleando medios adecuados de forma eficiente y rentable, sino también implica el impacto que llevan los costos logísticos y la satisfacción del cliente para adoptar nuevas tecnologías que ayuden a determinar que transportar, cuando transportar en cada ruta de distribución (2).

La logística del transporte se enfrenta con un mundo cada vez más competitivo y globalizado con consumidores que exigen más calidad en el producto y servicio, especialmente cuando se trata de productos perecederos, ya que los mismos requieren una logística eficiente, que garantice la cadena de frío durante toda la distribución y transporte para no generar un impacto negativo a la satisfacción del cliente y afectar la rentabilidad y crecimiento de la empresa (3). Por otra parte,

investigaciones actuales se concentran en la cadena de suministro de frío (CSF), debido a su alto costo, porque requieren mayor refrigeración, costo regular de transporte, así también la rápida evolución de la demanda para alimentos refrigerados, frescos y congelados (4).

Además, según (4) los productos perecederos poseen vida útil limitada, lo que genera un deterioro continuo ante cualquier interrupción en la cadena de frío dentro de la Cadena de Suministro, principalmente en el último eslabón. En esta etapa es crucial contar con camiones acondicionados que permitan mantener la temperatura adecuada, no obstante, esto no garantiza que la temperatura pueda ser constante o menor durante todo el transcurso de la distribución. Los productos refrigerados suelen manejar temperaturas de rango entre 1° C hasta 4° C, lo cual incluye frutas, verduras y carne fresca; estos parámetros pueden variar con relación al origen del producto y de los protocolos internos de una Pyme.

El 35 o 40% de las empresas dedicadas a la distribución de alimentos no disponen de una planificación adecuada del transporte para la entrega de los productos, lo que genera pérdidas significativas en las ventas; el problema se agrava más si se trata de productos perecederos que manejan una cadena de frío (5); esto es un factor crítico que también es afectado en la distribución, ya que, según la (6) alrededor del 14% de los alimentos destinados para el consumo humano se dañan antes de llegar al consumidor por la falta de cadena de frío eficaz, que impacta de forma directa en la calidad, valor nutricional y seguridad alimentaria.

La presente investigación se fundamentó en propuestas recientes enfocadas en problemas de enrutamiento de vehículos (VRP) con cadena de frío y técnicas de optimización, dichas propuestas consideraron diversos factores como la capacidad del vehículo, costos de mantenimiento, ventanas de tiempo, ubicaciones, entre otros factores claves necesarios (7). A nivel internacional en un país de Asia del sur se realizó un modelo biobjetivo de VRP que se enfocó en buscar un plan óptimo que permita minimizar distancias y costos totales para garantizar una entrega puntual, lo que permitió una reducción del 19% de los costos de distribución, con un ahorro de 24% de costos en combustible, así como también la reducción de la huella de carbono lo que aumentó la satisfacción del cliente con entregas puntuales en un 95% (8). Además, una investigación realizada en Colombia por (9), analizó la operación logística de una empresa donde se utilizó la herramienta VRP 3.0 con ventanas de tiempo, que partió del análisis de Pareto y el método Clarke-Wright logrando optimizar rutas y tiempos de entrega en un 60%, generando con esto un aumento del 8.9% de la rentabilidad.

A nivel de Ecuador pocas investigaciones de ruteo de vehículos se centran en productos perecibles, sin embargo, la investigación en una empresa de gelatinas y mermeladas de Cayambe se centró en evaluar la distribución para optimizar los recursos, a través del uso del VRP y software ArcGIS que abarco tres rutas, de esta forma se logró mejoras significativas en tiempos, distancias y consumo de combustible que van desde el 16.57% hasta el 50% en cada ruta (10). Por otra parte, esta una investigación realizada en Guayaquil que se centró en la optimización de rutas de distribución de producto terminado que partió de identificar nodos de origen y destino, para la solución se utilizó dos algoritmos el Clark and Wright y el de mejora local llamado 2-opt., de esta forma se logró reducir en un 20% la distancia total recorrida, permitiendo además, reducir el uso de vehículos de 10 a 7, todo esto llevó a generar ahorros en mantenimiento y por último logró

mejorar la satisfacción del cliente (11).

Por otro lado los métodos metaheurísticos, aportan soluciones aceptables dentro de un intervalo de tiempo por el periodo de ejecución, actualmente son los algoritmos más utilizados para resolver problemas de ruteo de vehículos, mismo, explora de forma inteligente varias posibles soluciones que permite encontrar una respuesta cercana al óptimo analizando problemas complejos, en este caso se hace uso de un solucionador genérico de programación de VRP resuelto con la heurística "*Path Cheapest Arc*" de *OR-Tools* que es propia de la librería de Python, es un algoritmo menos costoso, que es usado para coordinar entregas, recogida de productos, uso de vehículos compartidos, entre otros. El algoritmo genera un gráfico ponderado, distancia, kilómetros recorridos, puesto que, es una heurística que genera la solución en tres pasos, como primero la heurística de primera solución, segundo paso búsqueda local y metaheurística, tercer paso comprobación de la viabilidad (12). La investigación en la empresa caso de estudio, se centró en establecer una propuesta de modelo de logística de transporte que optimice la distribución de champiñones con el uso de la herramienta VRP *OR-Tools* partiendo del diagnóstico de la logística del transporte y caracterización del proceso de distribución, para determinar la eficiencia de las rutas y reducir los costos asociados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio nace de un mapeo sistemático o revisión sistemática de la literatura (RSL) que incluyó el análisis de diversas investigaciones científicas relacionadas con el tema actual, este enfoque permitió determinar la metodología, técnicas e instrumentos necesarios para recolectar la información de forma organizada (13). La investigación realizada por (14), proporcionó un enfoque sistemático de la revisión de la literatura aportando significativamente al caso de estudio, se empleó motores de búsqueda como *Science Direct*, *Redalyc*, *Dialnet*, *Scielo* y *SpringerLink*, bajo criterios de inclusión y exclusión previamente definidos; en la presente investigación se buscó responder a la pregunta ¿Cómo incide la logística del transporte en la distribución?, para abordar dicha interrogante se realizó el análisis en motores de búsqueda como *Scopus* y *dimensions*; que permitió la integración de un enfoque temático, generando un análisis conceptual y teórico que se basó en tres componentes principales: planificación, ejecución y discusión, tal como se observa en la Figura 1.

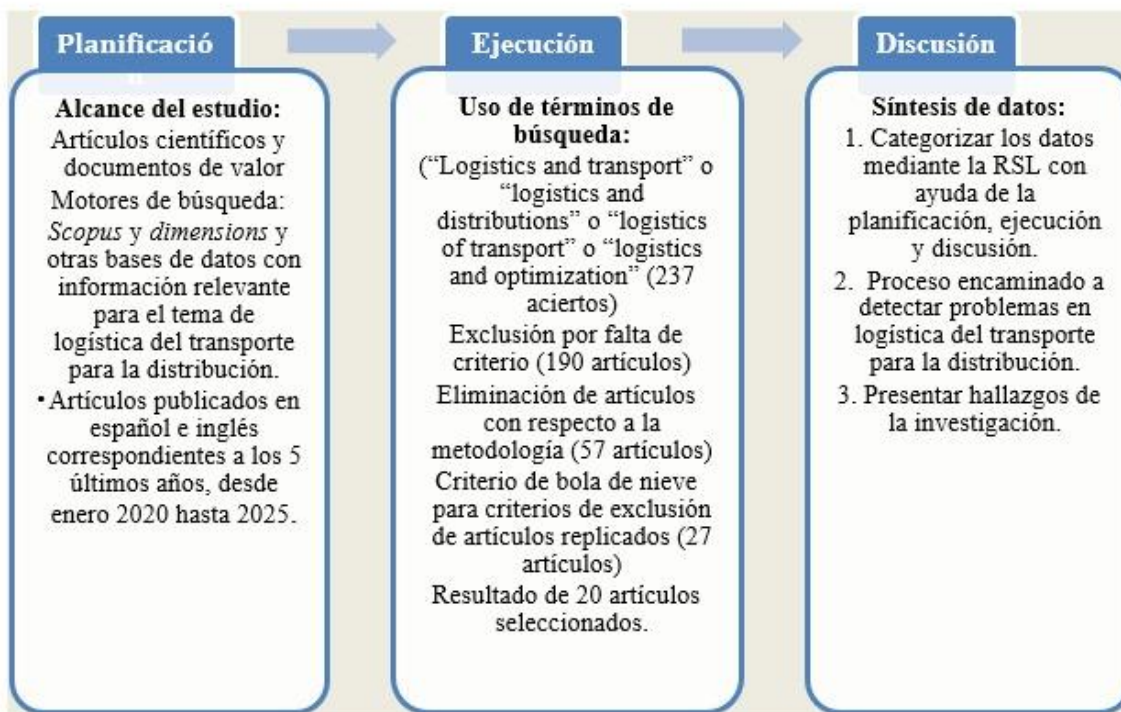


Figura 1. RSL triple línea (Planificación, ejecución, discusión).

Nota: "Proceso de selección de los artículos científicos para la RSL"

La RSL permitió generar el protocolo de investigación con enfoque mixto, en la parte cualitativa se aplicó el análisis documental y encuestas, en la parte cuantitativa se realizó la tabulación de las encuestas y la propuesta del VRP en Or-Tools; además, se llevó un enfoque sistémico enfatizado en la Teoría General de Sistemas (TGS) verificando como interactúan las partes que conforman la logística de transporte, también se tomó en cuenta la Teoría de Restricciones llevando a determinar y gestionar los cuellos de botella dentro del proceso actual.

La población de estudio estuvo conformada de un total de 90 clientes, con 96 puntos de entrega (sucursales), esta información se estableció mediante el análisis de datos históricos comprendidos en cinco semanas en el período de Mayo y Junio del año 2025, donde se analizó el total de clientes despachados por día y se verificó que el flujo de clientes varía diariamente por lo cual el día lunes se obtuvo una población de 42 clientes, martes de 48 clientes, miércoles de 43 clientes, jueves 45 clientes, viernes de 47 clientes, sábado de 27 clientes y domingo de 23 clientes que se encuentran distribuidos en toda la provincia de Pichincha en Quito; el ruteo VRP de OR-Tools se desarrolló por día, es por ello por lo que, no fue necesario establecer muestreo y se trabajó con todos los clientes por día para determinar las rutas óptimas.

La investigación se desarrolló desde las instalaciones de la empresa caso de estudio, que se encuentra ubicada al norte de la Provincia de Pichincha, las entregas se realizan en su mayoría a vías de alto tráfico vehicular ubicadas en la ciudad de Quito, dentro de la investigación se presentó

varios desafíos logísticos como el cumplimiento de ventanas de tiempo, mantenimiento de cadena de frío, largo tiempo de recepción en descargar el producto y posterior carga de material de embalaje rígido en las cadenas de distribución. Además, se determinó el inicio y fin del proceso en el último eslabón de la Cadena de Suministro aplicando un diagrama de flujo, también se realizó el análisis FODA del último eslabón de la cadena de suministro identificando fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; de esta forma, también se realizó análisis de datos en Microsoft Excel para determinar el comportamiento de la demanda, obtener la población por día, otros. Se realizó la revisión documental para extraer información de ubicaciones y horarios de entrega de cada cliente, de esta forma también se realizó análisis de la información de vehículos para determinar costos fijos y variables con la finalidad de definir el costo logístico por kilómetro recorrido de cada unidad de transporte.

Se utilizó la herramienta de optimización VRP de Google Or-Tools, que es un instrumento que fue implementada en lenguaje Python y permitió modelar el problema logístico tomando en cuenta las ventanas de tiempo, zonificación de rutas, ubicación geográfica (latitud y longitud), velocidad promedio del vehículo; enfatizando la solución de un escenario actual y optimizado para cada día de la semana.

El enfoque metodológico identificado anteriormente, tomó en cuenta las teorías sistemáticas, herramientas de análisis, tecnología VRP; que permite ser una base en otras organizaciones de este sector que tiene desafíos parecidos en la distribución de productos perecederos, que lleve un horizonte en buscar la satisfacción total del cliente, llegando a más puntos de entrega con un producto de calidad y tiempo requerido por el cliente.

RESULTADOS

Proceso de logística del transporte

La empresa caso de estudio tiene un proceso logístico que se describe en la Figura 2, donde esta empresa opera en dos sectores principales con destinos específicos, el primer sector corresponde a entregas directas dirigidas a Sangolquí, mientras que el segundo sector abarca rutas de entrega con destino a Quito, el mismo cuenta con un punto de distribución ubicado en el norte de la ciudad, desde donde se realiza transbordo a otros vehículos para distribuir los productos hacia las zonas como Calacalí, Alóag, el sur, centro y norte de Quito. En este proceso se hace el uso de tres vehículos adicionales; no obstante, dichos camiones no siempre operan con capacidad completa, ya que la asignación de los vehículos se adapta a los horarios de entrega establecidos por cada cliente y políticas internas que maneja cada uno.

En lo referente a los productos, la empresa comercializa dos variedades de champiñón: blanco y portobello, con una distribución que reflejan porcentajes de 94.11% y 5.89% respectivamente, esto equivale a un total de 832.333,20 kg entregados en 2024, por lo general ambos tipos de champiñones se manejan como un solo ítem, puesto que, se transporta en kilos y en gavetas, las cuales por lo general tienen dimensiones estándar de 60x40x18 cm (largo, ancho y alto) y cada una suele contener aproximadamente 2.20 kg de producto en diversas presentaciones, cabe señalar que la presentación de mayor demanda es el champiñón entero.

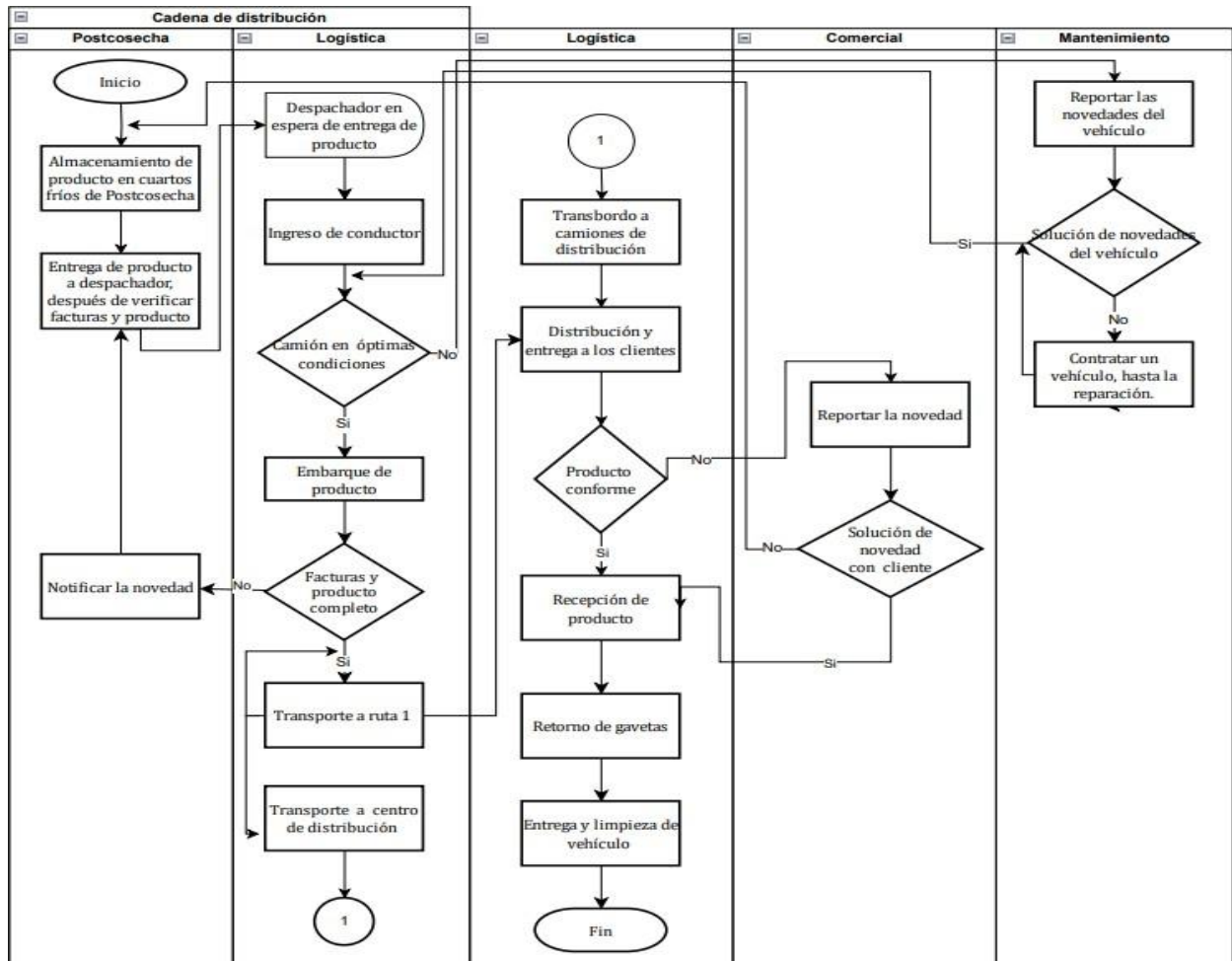


Figura 2. Flujograma empresa caso de estudio (Distribuidora de Champiñones).

Nota: Proceso del último eslabón de la cadena de suministro en la empresa caso de estudio y áreas involucradas

Tipo de producto y condiciones de transporte

La empresa caso de estudio se dedica a la producción, procesamiento y distribución de champiñones en dos variedades blanco y portobello, estos productos se comercializan principalmente en kilos y otras presentaciones, que son transportados al cliente o consumidor final en gavetas (embalaje rígido), durante toda la distribución los champiñones requieren mantener una estricta cadena de frío controlada, con temperaturas entre 0.5° C a 2.5° C, ya que fuera de este rango pueden existir riesgos significativos: temperaturas inferiores pueden provocar congelamiento del producto, mientras que temperaturas superiores aceleran procesos de oxidación y pardeamiento, reduciendo la vida útil y la durabilidad del producto este intervalo de tiempo es de diez días, durante los cuales se garantiza los nutrientes y la calidad total del producto. Además, es fundamental que el vehículo encargado del transporte este en óptimas condiciones de limpieza porque el producto que se transporta es altamente sensible para absorber rápidamente los sabores y olores externos; para garantizar el cumplimiento de estos

estándares en los procesos internos como a lo largo de la cadena de transporte la empresa realiza auditorías internas mediante registros llevados por los responsables de cada etapa del proceso.

Los choferes representan una pieza fundamental dentro del último eslabón de la cadena de suministro, porque cuentan con formación en diversas áreas clave, esto incluye el en manejo y manipulación adecuada del producto, manejo de cadena de frío (control de temperaturas), la aplicación de buenas prácticas de manufactura (BPMS), atención del cliente, reporte y solución de imprevistos repentinos y la prevención de la contaminación cruzada tanto con otros alimentos como entre personas; todo ello se realiza siguiendo estrictos protocolos, sin comprometer la puntualidad en las entregas, con el objetivo de garantizar la satisfacción total del cliente.

Demanda

El análisis de la demanda de la empresa presentó fluctuaciones a lo largo de los meses evaluados, incluyendo el periodo actual, como se observa en la Figura 3, desde enero hasta noviembre se registró un crecimiento promedio en ventas del 10%, en el mes de diciembre, impulsado por la temporada alta, se alcanzó un crecimiento del 14.9 % con relación al año 2023 y 2024; durante los primeros seis meses del año 2025, comparados con el mismo periodo del año 2024, se observó un decrecimiento promedio en ventas de -4.7% durante los meses enero, febrero y abril, por otro lado, en los meses restantes marzo, mayo y junio se evidencio un crecimiento promedio de 3.1% sin variaciones considerables en este periodo. El análisis gráfico también incluye los meses de julio y agosto 2025, en el caso del mes de julio se refleja una disminución de la demanda de -2% respecto al año 2024, mientras que en el mes de agosto se observó un crecimiento en ventas del 5.10% en comparación con el mismo año.

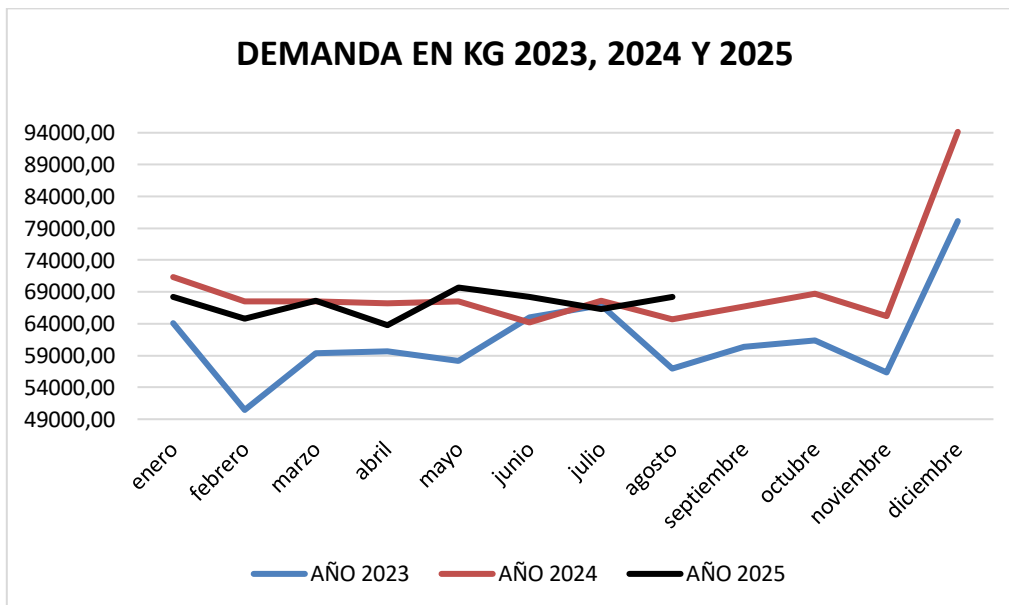


Figura 3. Demanda en kilos año 2023 – 2024 y 2025.

Nota: Análisis de datos históricos empresa caso de estudio 2025.

FODA de la etapa final de la cadena de suministro

En la empresa estudiada, se realizó un análisis íntegro de los factores internos y externos que impactan en la operación de forma negativa y positiva al último eslabón de la Cadena de Suministro, con base en la matriz FODA, como se representa en la Figura 4, este análisis permitió identificar diversas fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas relacionadas con la distribución y transporte de champiñones.

En este proceso la empresa maneja un producto que es altamente perecible, mismo requiere de un estricto control de cadena de frío, lo que refleja una cobertura limitada debido a las largas distancias, por otro lado, el incremento de los costos operativos derivados del mantenimiento y consumo de combustible son parte de las debilidades y amenazas; también, la empresa analizada lleva una carencia de planificación anticipada debido a las variaciones significativas en la demanda tanto diaria como mensual; de esta forma contar con tecnologías avanzadas ayuda a mejorar la planificación en rutas, control de temperatura en tiempo real para mejorar la eficiencia operativa, incrementar la satisfacción del cliente y expandir la participación en nuevos mercados nacionales, siempre que exista una demanda constante que justifique la inversión en los nuevos nichos de mercado.



Figura 4. FODA último eslabón de la Cadena de Suministro de la empresa caso de estudio.

Nota: Análisis interno y externo de la logística del transporte para la distribución de champiñones.

Flota vehicular

En la empresa de estudio se determinó que cuenta con una flota de cinco camiones tipo furgón, cada uno con capacidades diferentes, que están correctamente acondicionados para transportar champiñones, todos los vehículos utilizan combustible tipo diésel. El producto se transporta en gavetas apiladas con dimensiones de 40x60x18 cm (ancho, largo y alto); tres de los camiones son de la marca Hino y los otros dos son Chevrolet.

El camión de mayor capacidad puede transportar hasta 8.13 toneladas y se puede apilar hasta 900 gavetas, el segundo vehículo tiene una capacidad de 7.43 toneladas, que permite apilar hasta 600 gavetas, el tercer furgón es de 3.45 toneladas, puede almacenar hasta 350 gavetas, el cuarto vehículo tiene una capacidad de 2.84 toneladas y permite apilar hasta 237 gavetas y mientras que el quinto camión tiene una capacidad de 2.57 toneladas y se puede apilar hasta 250 gavetas, cabe mencionar que los vehículos también transportan el producto en cajas cuyas medidas son similares a las gavetas.

Durante la recopilación de la información para el caso de estudio, se observó que la flota vehicular no cuenta con un cronograma de mantenimiento preventivo, en lugar de ello, se realizan mantenimientos correctivos, únicamente cuando alguno de los camiones presenta fallas mecánicas, este enfoque ha generado diversos problemas operativos, como retrasos en las entregas, descoordinación en las rutas y gastos derivados de la necesidad de contratar unidades externas para cubrir las entregas, estas fallas afectan directamente en la satisfacción del cliente, al impedir la entrega oportuna de un producto de calidad.

Costos logísticos de transporte por kilómetro

El análisis de los costos logísticos es una parte clave dentro de cualquier organización, ya que abarca los gastos necesarios para realizar las actividades que permiten trasladar un producto desde un punto de origen hacia uno de destino, garantizando las condiciones adecuadas de tiempo, temperatura y calidad del producto; para llevar a cabo este análisis se tomó en cuenta diversos factores, como el promedio total de kilómetros recorridos diariamente y mensualmente, características generales del vehículo, costos fijos, costos variables y costos de mantenimiento; esta información permitió calcular el costo por cada kilómetro recorrido por cada camión.

Dentro de los costos fijos se tomó en cuenta, sueldos y prestaciones sociales, garaje, matriculación vehicular, depreciación y póliza de seguro; para los costos variables se tomó en cuenta consumo de diésel, peaje, viáticos, así como los valores asociados a la carga y descarga; finalmente para los costos de mantenimiento se tomó en cuenta los arreglos generales realizados a los vehículos, tales como el cambio de aceite, ajuste al sistema de frenos (ABC), reencauche de llantas, engrase, lavado, cambio de filtro de aceite de motor, aceite hidráulico, entre otros; toda esta información se obtuvo con datos mensuales para generar el costo por kilómetro por cada vehículo con relación al detalle de la Tabla 1.

LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE PARA LA DISTRIBUCIÓN DE CHAMPIÑONES

Tabla 1. Costos logísticos de transporte por kilómetro.

DETALLE	HINO GD	HINO FC	CHEVROLET NMR	CHEVROLET NLR	HINO XZU
Tonelaje	8,13	7,43	3,45	2,84	2,57
KM viaje redondo diario	181 km	209 km	149 km	144 km	180 km
KM viaje promedio al mes	4705 km	5430 km	3876 km	3735 km	3592 km
N° de viajes al mes	26	26	26	26	20
Total, MOD (Mano de obra directa)	\$1.190,27	\$ 963,38	\$ 886,42	\$ 886,42	\$ 646,22
Total, MPD (Materia prima directa)	\$2.295,99	\$1.600,40	\$ 934,66	\$ 777,66	\$ 819,18
Total, CIF (costos indirectos de fabricación)	\$ 906,16	\$ 465,87	\$ 291,99	\$ 228,70	\$ 177,46
COSTO TOTAL/ MES	\$ 4392,42	\$ 3029,65	\$ 2113,06	\$ 1892,78	\$ 1642,87
Costos Fijos	\$ 0,51	\$ 0,30	\$ 0,39	\$ 0,36	\$ 0,33
Costos Variables	\$ 0,30	\$ 0,17	0,09	\$ 0,08	\$ 0,08
Costos de mantenimiento	\$ 0,12	\$ 0,09	\$ 0,06	\$ 0,06	\$ 0,05
COSTO TOTAL POR KIÓMETRO	\$ 0,93	\$ 0,56	\$ 0,55	\$ 0,51	\$ 0,46

Distribución - puntos de entrega y rutas

Actualmente la empresa caso de estudio realiza entregas a dos sectores principales Sangolquí y Quito, donde se obtuvo un total de 96 puntos de entrega que fueron cargados en *My Maps* a partir de las coordenadas geográficas de latitud y longitud de cada cliente, de forma que el 9% correspondía a clientes del sector Sangolquí y la mayor parte a clientes de Quito, además se determinó que los camiones grandes recorren 45.9 km más en aproximadamente 54 min desde la planta productora que está ubicada en el norte de la provincia de Pichincha hasta el punto de encuentro (Centro de distribución) que está ubicado al norte de Quito (Carapungo), es aquí donde se realiza la entrega del producto a tres vehículos de menos capacidad para distribuir y entregar a los clientes, distribuidores, minoristas, mayoristas y consumidor final, con relación a horarios y restricciones establecidos por cada uno de ellos.

Por lo general para este sector el vehículo que lleva el producto desde la planta productora tiene como destino final las entregas al sector de Alóag, el vehículo de 3.45 toneladas realiza entregas al centro y norte de Quito recorriendo Carapungo, Carcelén, Comité del Pueblo, el Condado, Pusuquí, Pomasqui y Calacalí, el vehículo de 2.84 toneladas realiza entregas a los clientes del sur de Quito, comprendidos desde Guamaní, Conocoto, Quitumbe, la Floresta que toma dirección por la Av. Simón Bolívar y posterior a ello regresa por la Av. Occidental con las respectivas desviaciones, el tercer vehículo de 2.57 toneladas realiza recorridos por Valles, Pifo, Cochapamba, Cotocollao, entre otros; para la entrega de los pedidos, puesto que, los clientes se encuentran distribuidos a lo largo de estos sectores como se ejemplifica en la Figura 5.

Por lo general las rutas se establecen actualmente con relación a cada cadena de distribución, puesto que, la empresa trabaja con dos en Alóag, una en Sangolquí, una en Calacalí, más hipermercados en el norte, centro y sur de Quito, de esta forma los cuatro clientes primeros tienen como restricción que al ingreso no es factible llevar más producto (Otros clientes) para realizar las entregas.

Los horarios de los conductores por lo general inicia a partir de las 3:00 am con el primer despacho, y a las 3:30 am con el segundo despacho, correspondiente a los camiones grandes que parten desde la planta productora, el segundo camión llega al punto de encuentro a las 5:30 am para realizar la entrega del producto, hasta las 6:30 am y posteriormente a ello se inicia la ruta de distribución a cargo de los cuatro camiones, por lo general la jornada laboral de los camiones grandes que salen de la planta oscila entre 10 horas y 30 min a 11 horas diarias, mientras que los camiones pequeños que reciben el producto en Quito trabajan entre 8 horas y 9 horas al día, la diferencia en los tiempos de trabajo radica en que los camiones grandes deben recorrer más kilómetros para regresar a la planta productora retornando gavetas.

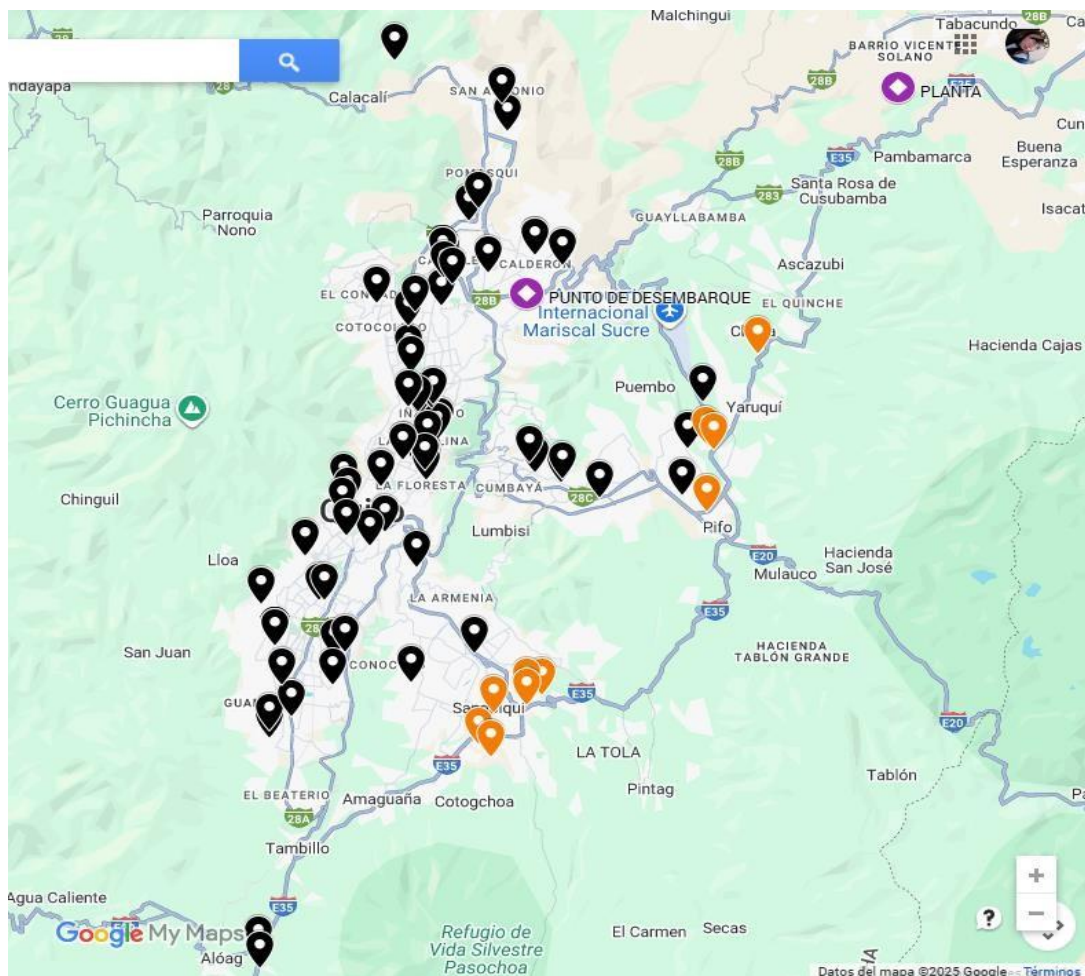


Figura 5. Distribución de los clientes para el sector Quito y Sangolquí.

Fuente: Google Maps 2025.

Canales de distribución

Por otro lado, está la importancia que representa el canal de distribución dentro de la empresa productora y distribuidora de champiñones, mismo tiene como objetivo satisfacer la necesidad del cliente con la disponibilidad del producto o servicio haciendo uso de medios logísticos para llevarlo desde un lugar de origen hasta uno de destino (15), este sistema busca acortar distancias, reducir los tiempos de entrega y garantizar la plena satisfacción del cliente con producto de alta calidad, que mantenga la cadena de frío en todo momento y garantice la vida útil para el consumo seguro. En la empresa caso de estudio se identificaron dos principales canales de distribución que son utilizados para llevar el producto hasta el cliente como se puede observar en la Figura 6, por un lado, tenemos el canal directo, en el cual el producto se entrega al consumidor final directamente en la planta productora, por otro lado, está el canal corto e indirecto, que comprende la entrega del producto a los minoristas o cadenas de distribución para posterior envío al cliente final; este enfoque permite equilibrar el control logístico, ampliar la cobertura de mercado y optimizar la eficiencia operativa para la distribución de productos perecederos.

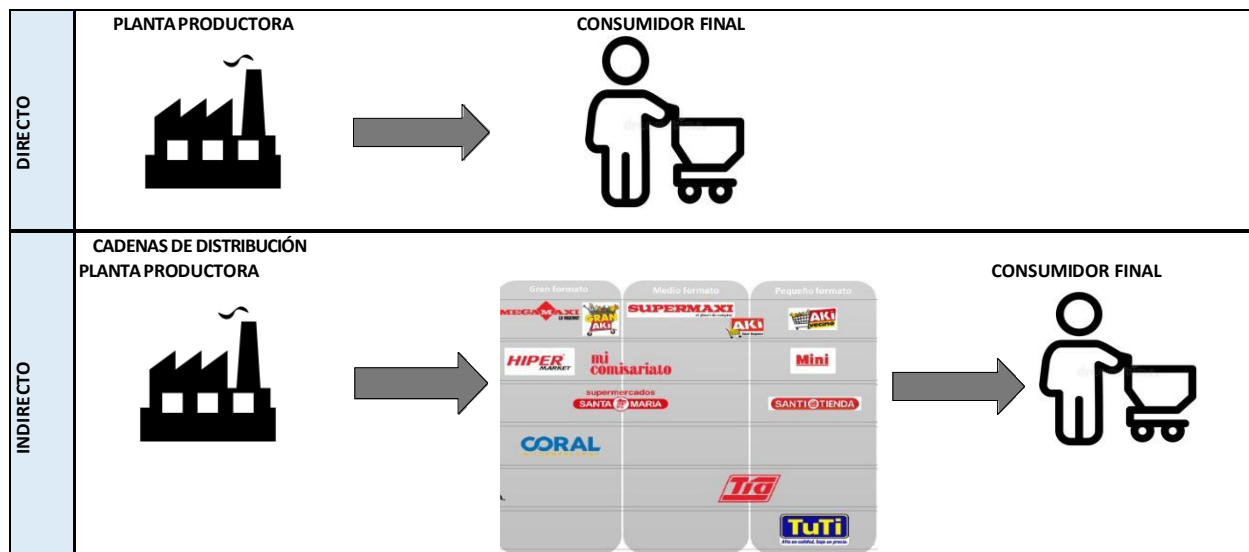


Figura 6. Canales de distribución empresa productora de champiñón.

En la actualidad la empresa analizada no cuenta con un sistema formal de planificación de rutas de entrega, es por ello que se proyectan de forma empírica, pues en varios casos también depende de la demanda cambiante o del total de clientes a entregar por ruta, de esta forma refleja que las decisiones en la mayoría de casos son improvisadas según los pedidos diarios, tomando referencia a clientes frecuentes o cadenas de distribución, de esta forma la falta de planificación lleva a generar recorridos más largos que aumenta los tiempos de entrega, desgaste de los vehículos y más consumo de combustible, afectando de esta manera a la eficiencia operativa, por otro lado, el producto transportado es altamente perecible y requiere de un estricto manejo de refrigeración con cierto rango de temperatura.

Como consecuencia de esto se han registrado a lo largo del año reclamos considerables por parte de los clientes como confusiones en entregas del producto, documentación entregada erróneamente a cliente distinto, manejo inadecuado de temperatura, manejo inadecuado de BPMS al entregar el producto al cliente en el centro de recepción (gaveta en contacto directo con el piso), embalaje no correcto de gavetas, falta de comunicación y coordinación con el cliente en tema de horarios de entrega y condiciones de la misma, lo que llevó a devoluciones del producto en bajos porcentajes, reflejando pérdidas económicas y la confiabilidad del cliente.

La presente investigación se fundamentó en encuestas dirigidas a medir la satisfacción de cliente, alcanzando una participación equivalente al 35.6% de la población total considerada para el análisis, se encuestó inicialmente a 90 clientes distribuidos en 96 puntos de entrega dentro de los dos sectores de Quito y Sangolquí, este enfoque partió de identificar y clasificar en tres principales categorías: mayoristas, minoristas y consumidores finales, generando como resultado que la mayoría de los productos son distribuidos a minoristas, quienes posteriormente los comercializan directamente al consumidor final; luego, se realizó el análisis correspondiente a la frecuencia con que realiza los pedidos cada uno de los clientes, se reveló que el mayor porcentaje de pedidos son semanales (una vez por semana) con una participación específica de 22 clientes.

En la Figura 7, se valoran los resultados de la encuesta realizada, de forma que la población evaluó positivamente estos aspectos, lo que reflejó una puntuación total promedio de 4.5 puntos sobre 5; donde los ítems mejor evaluados fueron la exactitud del pedido que alcanzó el 93.13 % de la puntuación, luego los ítems amabilidad y trato del chofer en conjunto con facilidad para comunicarse con la empresa sobre el pedido reflejó el 92% de la puntuación, para el ítem condiciones en las que recibe el producto al momento de la entrega alcanzó el 89.38% de la puntuación y por último el ítem tiempo de respuesta ante reclamos y devoluciones alcanzó una puntuación del 86.25% de la puntuación; de esta forma los datos reflejan un nivel alto de satisfacción del cliente, también se logró identificar los ítems de bajas calificaciones para establecer oportunidades de mejora.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE 2025- DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE CHAMPIÑONES

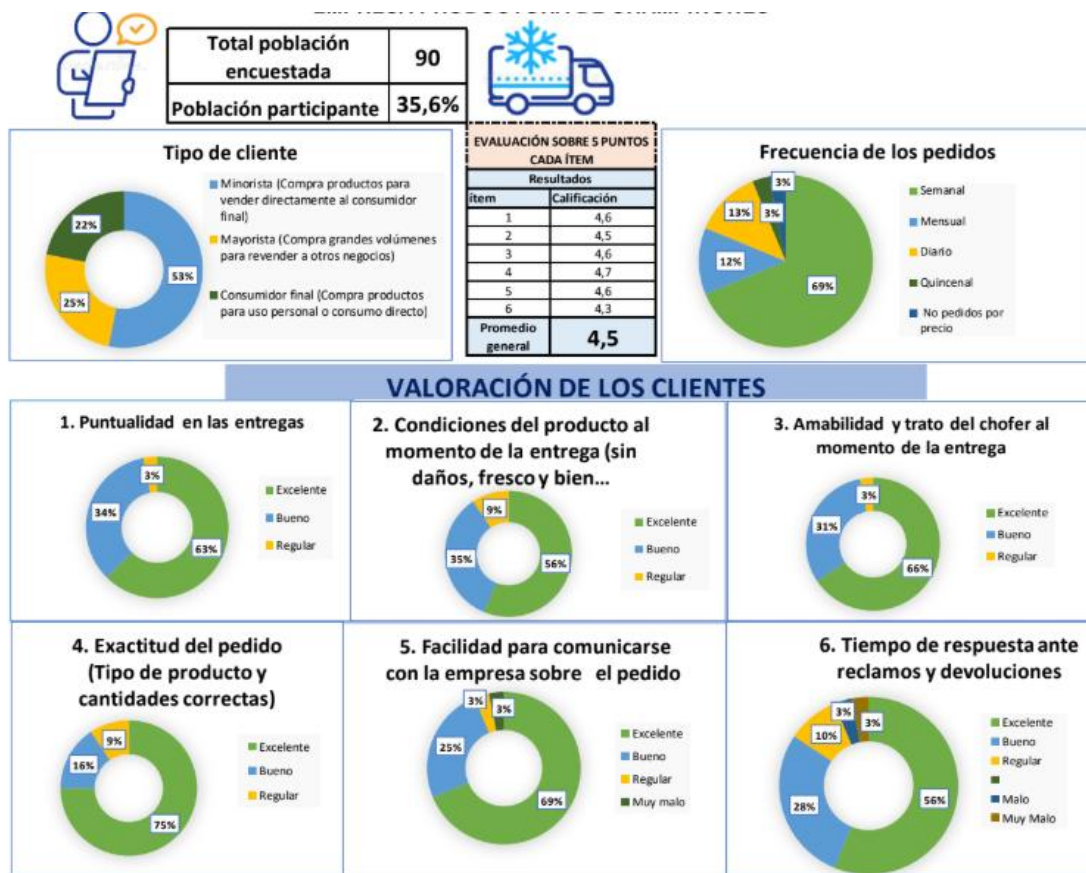


Figura 7. Resultados de encuesta de satisfacción del cliente.

Nota: Percepción de los clientes de la empresa productora de champiñones.

Ruteo con VRP utilizando el algoritmo metaheurístico

El enrutamiento de vehículos representa actualmente un aspecto de importancia significativa para las empresas, puesto que, estudios han logrado determinar que puede mejorar considerable los procesos dentro de la cadena de suministro y, en consecuencia, mejorar la rentabilidad. La

correcta implementación de estos algoritmos puede reflejar hasta un 20% menos de los costos ya que el transporte representa el 10% de los costos en una entidad; por lo cual la mejora del ruteo de vehículos en la actualidad es considerada uno de los objetivos principales de las empresas que seguirá adquiriendo valor con el paso del tiempo debido al crecimiento del mercado electrónico (16).

Un ruteo de vehículos consiste en enlazar cada ubicación de entrega de forma óptima, enfatizando en minimizar costes de transporte; para realizar un VRP se necesita de varios elementos según (16), lo primero es contar con una red de carreteras donde se identifique que recorrer en cada una de las ubicaciones tomando en cuenta un punto de partida que es el mismo hasta donde regresan los vehículos una vez realizada la entrega del producto a lo largo de la provincia de Pichincha; el segundo elemento es contar con un depósito debidamente acondicionado, mismo permite organizar como los vehículos entregan el producto, las unidades de transporte empleados en el presente análisis regresan al punto de partida de forma que tienen que entregar las gavetas (embalaje rígido) para que el camión devuelva a la planta productora para que sean lavadas y sanitizadas y volver a usar en el proceso; el tercer elemento son los vehículos que son la parte fundamental del proceso los cuales tienen diferentes características como velocidad, capacidad, acondicionamiento, consumo, total horas de trabajo, ventanas de tiempo, entre otros.

Son diversas variables que ayudan a determinar las restricciones del problema caso de estudio; el cuarto componente clave dentro de la investigación son las rutas, que buscan solucionar la investigación, con diversos métodos tomando en cuenta la situación que lleva este problema, una restricción primordial en este método es que todos los clientes sean visitados una vez en alguna de las rutas planteadas y el último elemento son los clientes de forma que sin ellos no se generaría el problema a resolver, puesto que, aportan las restricciones relevantes a la investigación como horarios y condiciones de entrega, de esta manera se puede conseguir mayor satisfacción del cliente llevando a generar una valoración y recomendación para la empresa, los clientes reflejan una de las restricciones que más destacan dentro del VRP para cumplir con las exigencias y requerimientos dentro del final de la etapa de la Cadena de Suministro.

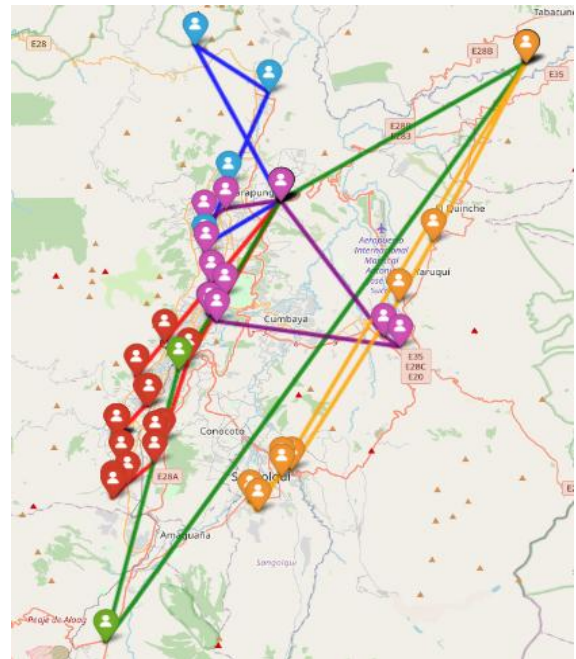
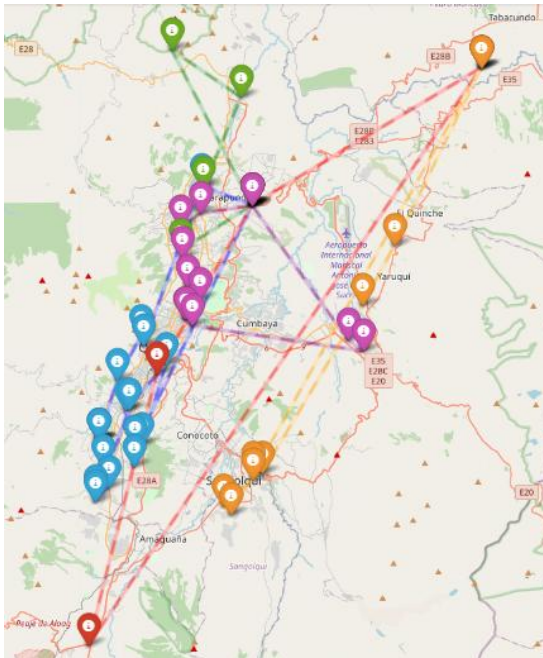
Por otro lado, a continuación, con programación en Python se muestra el VRP resuelto con la heurística "*Path Cheapest Arc*" de *OR-Tools* correspondiente a cada día de la semana, puesto que la empresa analizada maneja una demanda y puntos de entrega cambiante para cubrir los sectores a lo largo de la provincia de Pichincha, también hay variación en el uso de los vehículos de transporte y los recorridos por el uso de las ventanas de tiempo, en la Tabla 2, se detalla en la parte derecha la ruta actual y en la parte izquierda la mejora aplicando este método metaheurístico, el ruteo se lleva bajo una codificación de cada cliente, misma se realiza en orden numérico desde el 1 hasta el número 124, cabe tener en cuenta que este número final no es el número total de clientes o entregas ya que para determinar las población se realizó varios filtros y posterior a ello se aplicó criterios de inclusión y exclusión para trabajar con la población inicialmente detallada.

Por otra parte, en este apartado para el detalle de la ruta a realizar se utilizó codificación tanto para los clientes como para el punto de depósito o planta productora (DTP), para el punto de

desembarque (PD) ubicado en el sector de Carapungo, norte de la provincia de Pichincha; dentro de esta tabla se detalla el orden de entrega de cada cliente por ruta, número total de clientes, total de kilómetros recorridos y apreciación visual de las rutas por día.

Tabla 2. Análisis rutas actuales vs propuesta de mejora VRP metaheurístico OR-Tools.

DÍA	RUTAS ACTUALES	PROPUESTA DE MEJORA VRP METAHEURÍSTICO
1	<p>Número total de clientes = 42</p> <p>Quito = 35 Sangolquí = 7</p> <p>QUITO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruta del sur con 19 clientes (Celeste) Recorrido = PD -68-66-26-121-22-85-113-59-106-96-5-81-82-97-98-92-31-110-100-PD Distancia = 93.82 km • Ruta Centro/Norte con 4 clientes (Verde) Recorrido = PD-14-122-9-107- PD Distancia = 45.85 km • Ruta Alóag con 2 clientes (Rojo) Recorrido = DPT -PD -27-30 – PD -DPT Distancia = 129.92 km • Ruta de valles con 10 clientes (Violeta) Recorrido = PD -123-109-84-105-57-10-87-124-3-13-PD Distancia = 49.41 km <p>SANGOLQUÍ (Naranja) Recorrido = DPT -52-71-77-79-80-24-31- DPT Distancia = 93.75 km</p>	<p>Número total de clientes = 42</p> <p>Quito = 35 Sangolquí = 7</p> <p>QUITO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruta del sur con 19 clientes (rojo) Recorrido = PD-121-22-68-66-106-113-59-96-5-100-97-98-82-81-32-26-85-92-110-PD Distancia = 63.45 km • Ruta Centro/Norte con 4 clientes (azul) Recorrido = PD-14-122-9-107- PD Distancia = 45.85 km • Ruta Alóag con 2 clientes (verde) Recorrido = DPT -PD -27-30 – PD -DPT Distancia = 129.92 km • Ruta de valles con 10 clientes (Violeta) Recorrido = PD -123-109-84-105-57-10-87-124-3-13-PD Distancia = 49.41 km <p>SANGOLQUÍ (Naranja) Recorrido = DPT -52-71-77-79-80-24-31- DPT Distancia = 93.75 km</p>
2	<p>Número total de clientes = 48 Quito = 41</p>	<p>Número total de clientes = 48 Quito = 41</p>



Sangolquí = 7

QUITO

- **Ruta del sur con 23 clientes (Celeste)**

Recorrido = PD-68-66-26-60-106-5-7-16-56-81-82-97-98-92-103-32-99-8-101-11-4-15-28 -PD

Distancia = 97.66 km

- **Ruta Valles Centro/Norte con 17 clientes (Violeta)**

Recorrido = PD-89-109-105-90-25-41-35-34-1-6-49-10-112-12-51-19-48-PD

Distancia = 66.06km

- **Ruta Alóag con 1 cliente (Rojo)**

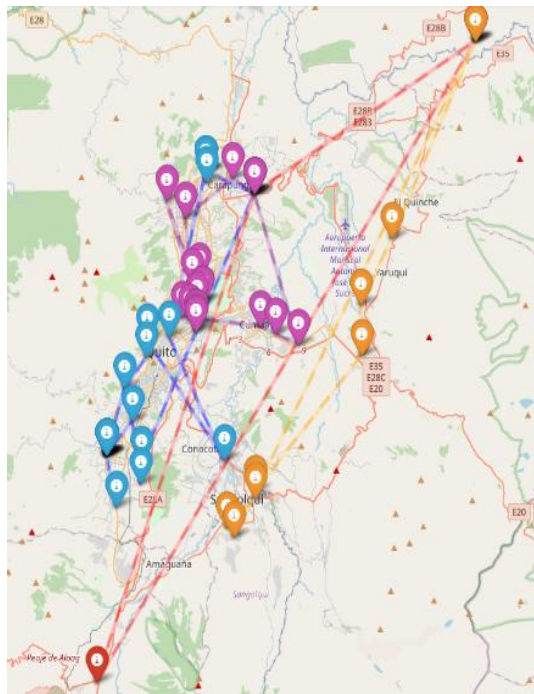
Recorrido = DPT -PD-30-PD -DPT

Distancia = 129.54km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-3-79-80-24-31-DPT

Distancia = 94.25km



Sangolquí = 7

QUITO

- **Ruta del sur con 23 clientes (Rojo)**

Recorrido = PD-101-4-15-28-11-8-32-103-92-26-60-5-7-16-56-81-82-97-98-106-66-68-99-PD

Distancia = 70.63 km

- **Ruta Valles Centro/Norte con 17 clientes (Verde)**

Recorrido = PD-89-90-109-49-105-12-10-6-1-34-112-35-25-41-51-19-48-PD

Distancia = 47.14 km

- **Ruta Alóag con 1 cliente (Azul)**

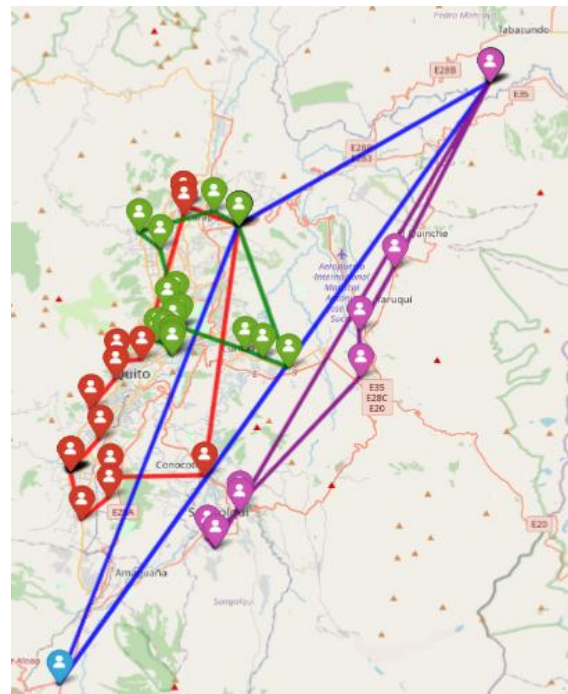
Recorrido = DPT -PD-30-PD -DPT

Distancia = 129.53 km

SANGOLQUÍ (Violeta)

Recorrido = DPT-52-71-3-79-80-24-31-DPT

Distancia = 94.25km



Número total de clientes = 43

Quito = 37

Sangolquí = 6

QUITO

- **Ruta del sur con 21 clientes (Celeste)**

Recorrido = PD-115-66-68-26-113-106-5-7-23-56-67-81-82-97-98-92-45-32-110-78-100-PD

Distancia = 78.18 km

- **Ruta Centro/Norte con 10 clientes (Violeta)**

Recorrido = PD-44-46-89-90-105-47-43-111-37-107-PD

Distancia = 61.94 km

- **Ruta Alóag (1) con 3 clientes (Verde)**

Recorrido = DPT -PD- 14-10-30-PD -DPT

Distancia = 86.88 km

3

Número total de clientes = 43

Quito = 37

Sangolquí = 6

QUITO

- **Ruta del sur con 21 clientes (Rojo)**

Recorrido = PD-100-78-32-110-45-92-26-5-7-23-56-67-81-82-97-98-113-106-66-68-115-PD

Distancia = 68.05km

- **Ruta Centro/Norte con 10 clientes (Violeta)**

Recorrido = PD-47-105-43-90-89-44-46-111-37-107-PD

Distancia = 59.53 km

- **Ruta Alóag (1) con 3 clientes (Azul)**

Recorrido = DPT -PD- 14-10-30-PD -DPT

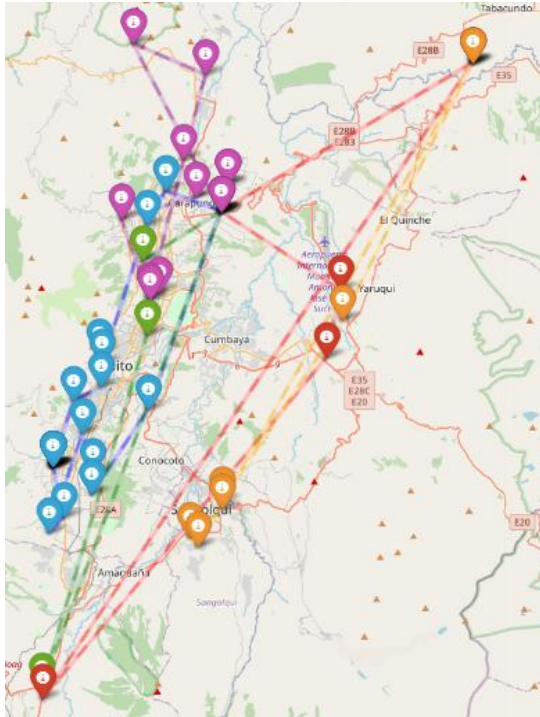
Distancia = 86.88 km

- **Ruta Alóag (2) con 3 clientes (Rojo)**

Recorrido = DPT -PD- 39-13-74-PD -DPT
 Distancia = 142.17 km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-79-80-24-31- DPT
 Distancia = 93.37km

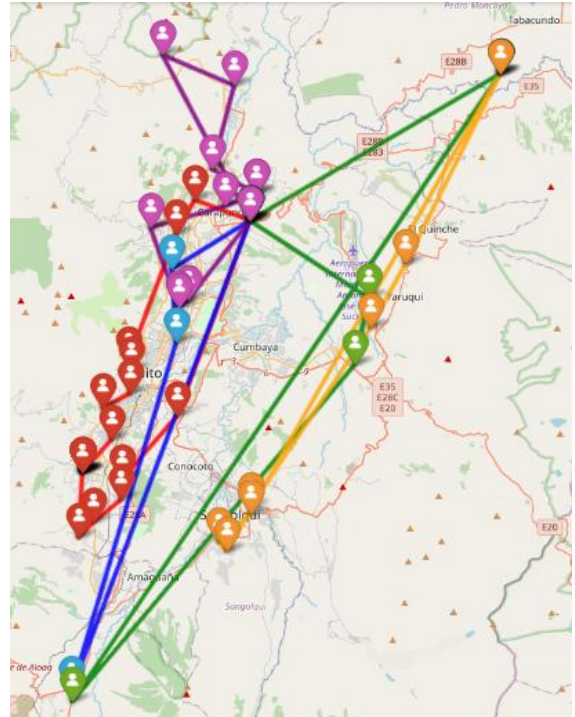


- **Ruta Alóag (2) con 3 clientes (Verde)**

Recorrido = DPT -PD- 39-13-74-PD -DPT
 Distancia = 142.17 km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-79-24-31-DPT
 Distancia = 93.37 km



Número total de clientes = 45

Quito = 36
 Sangolquí = 9

QUITO

- **Ruta del sur con 28 clientes (Celeste)**

Recorrido = PD-18-99-115-68-114-22-26-85-113-59-106-5-16-23-81-60-82-97-96-92-32-110-2-4-15-28-50-100-PD
 Distancia = 106.59 km

- **Ruta Centro/Norte con 6 clientes (Negro)**

Recorrido = PD-89-10-105-95-9-107-PD
 Distancia = 59.11km

- **Ruta Alóag con 2 clientes (Rojo)**

Recorrido = DPT-PD-65-30-PD-DPT
 Distancia = 138.68 km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-88-3-77-79-80-24-31-DPT
 Distancia = 94.76km

Número total de clientes = 45

Quito = 36
 Sangolquí = 9

QUITO

- **Ruta del sur con 28 clientes (Rojo)**

Recorrido = PD-100-50-28-15-4-2-32-110-92-85-26-114-97-82-60-81-23-16-5-96-59-113-106-68-22-18-99-115-PD
 Distancia = 77.57 km

- **Ruta Centro/Norte con 6 clientes (Azul)**

Recorrido = PD-10-105-95-89-9-107-PD
 Distancia = 56.7 km

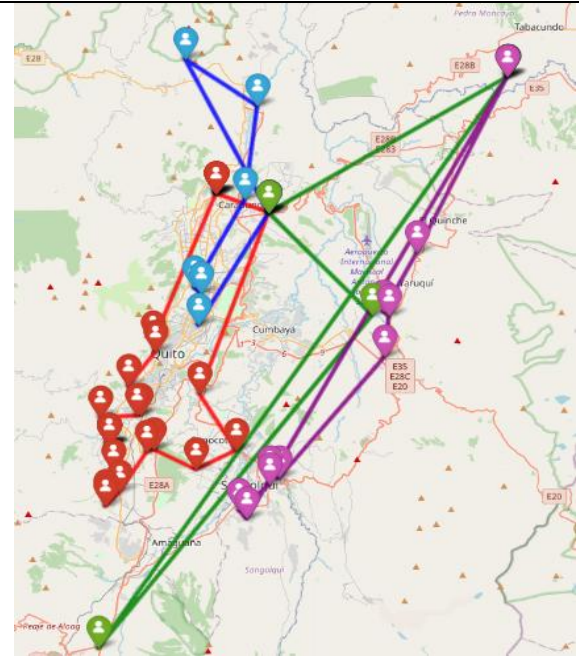
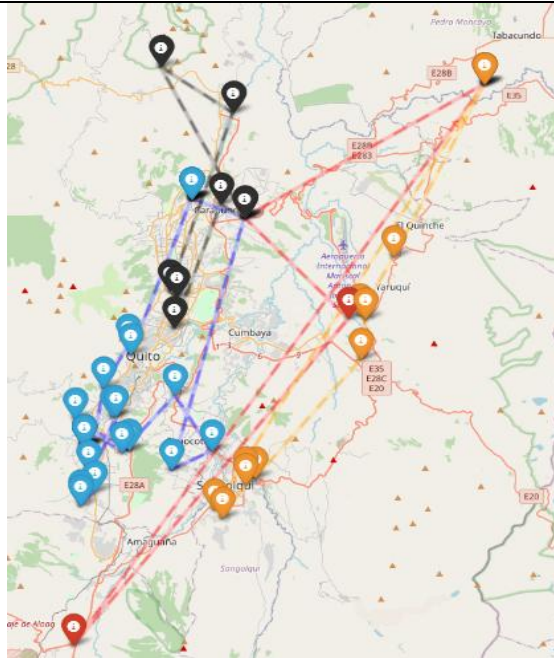
- **Ruta Alóag con 2 clientes (Verde)**

Recorrido = DPT-PD-65-30-PD-DPT
 Distancia = 138.68 km

SANGOLQUÍ (Violeta)

Recorrido = DPT-52-71-88-3-77-79-80-24-31-DPT
 Distancia = 94.76km

4



Número total de clientes = 47
 Quito = 40
 Sangolquí = 7

Número total de clientes = 47
 Quito = 40
 Sangolquí = 7

QUITO

- Ruta del sur con 20 clientes (Celeste)

Recorrido = PD-68-66-26-113-59-106-5-67-82-60-97-98-96-92-32-103-11-4-100-78-PD
 Distancia = 87.91 km

- Ruta Centro/Norte con 5 clientes (Rojo)

Recorrido = PD-89-9-93-37-107-PD
 Distancia = 44.61 km

- Ruta Alóag con 3 clientes (Verde)

Recorrido = DPT -PD-72-30-74 -PD -DPT
 Distancia = 136.12 km

- Ruta de valles con 12 clientes (Violeta)

Recorrido = PD-76-90-105-10-12-25-35-34-1-69-19-48-PD
 Distancia = 47.18 km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-88-79-80-75-31-DPT
 Distancia = 93.79km

QUITO

- Ruta del sur con 20 clientes (Rojo)

Recorrido = PD-100-78-32-110-92-85-26-5-81-82-97-98-96-59-113-106-66-68-22-121-PD
 Distancia = 67.92 km

- Ruta de Centro/Norte con 5 clientes (Verde)

Recorrido = PD-89-93-9-37-107-PD
 Distancia = 35.21 km

- Ruta Alóag con 3 clientes (Azul)

Recorrido = DPT -PD-72-30-74-PD -DPT
 Distancia = 136.12 km

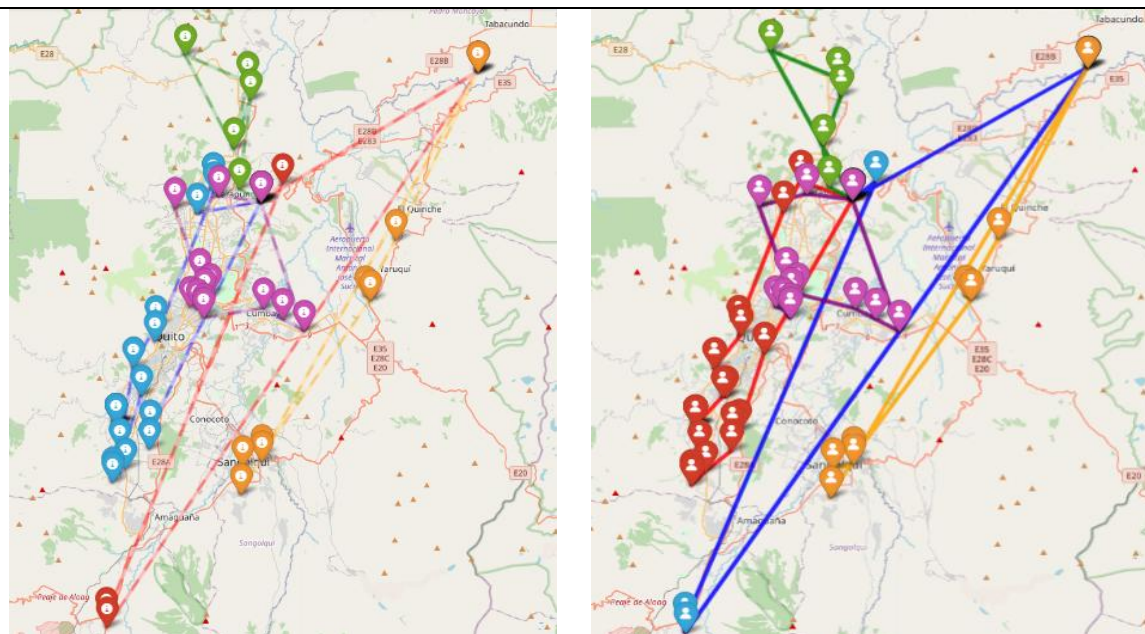
- Ruta de Centro/Valles con 12 clientes (Violeta)

Recorrido = PD-76-90-105-12-10-1-34-35-25-69-19-48- PD
 Distancia = 45.32 km

SANGOLQUÍ (Naranja)

Recorrido = DPT-52-71-88-79-80-75-31-DPT
 Distancia = 93.79km

5



En la Tabla 2 se presentaron las rutas optimizadas en cada día de la semana con ruteo realizado en Python, para zonificar estos sectores se lo realizó con criterio basado en la experiencia empírica de los choferes y con relación a horarios de entrega, rapidez de recepción del producto por cada cliente, protocolos internos de recepción, entre otros; de esta forma en todos los clientes entregados lo primordial es hacer firmar la factura, la cual certifica la aceptación total del producto en condiciones de calidad y cantidad solicitado. Por lo general en las cadenas de distribución el proceso de entrega de producto tarda de cuatro a cinco horas, esto empieza por el descargue, verificación de totales de producto con órdenes de compra, retiro de gavetas y el documento que valide el total entregado (Acta de entrega).

DISCUSIÓN

Los hallazgos de la presente investigación enfatizan el proceso del último eslabón de la Cadena de Suministro en la empresa productora y distribuidora de champiñones frescos, que reflejó que la distribución de estos productos exige mantener una cadena de frío de 0.5°C a 2.5°C , mientras que según la investigación de (4), reflejó un manejo de 2°C a 4°C . En China el autor (17) realizó un estudio del método de planificación de rutas que permitió la distribución de alimentos frescos con cadena de frío para productos agrícolas, dentro de esto, usó un modelo binivel que ayuda a optimizar la planificación de rutas y ubicación de almacenes con el uso del algoritmo híbrido adaptativo combinando, la optimización por enjambre de partículas y algoritmo genético que permitió reducir la red logística hasta en un 14.57% en comparación con la solución del primer algoritmo tradicional y en un 5.21% con relación al algoritmo genético actual.

El último eslabón afronta retos no controlables como es el alza de combustible generando un aumento acelerado de los costos logísticos (2). En la empresa caso de estudio se determinó los costos logísticos por kilómetro de cada vehículo, que brinda a la institución un aporte significativo,

puesto que, actualmente permite obtener el costo real por flete en cada ruta de entrega aprovechando o no eficientemente la capacidad del vehículo, para esto se tomó en cuenta costos fijos que refleja los sueldos y prestaciones sociales, depreciación del vehículo, valor de la póliza, GPS, otros; para los costos variables se tomó en cuenta costo de combustible, peajes, estibaje, otros y por último los costos de mantenimiento, por lo tanto, esto reflejó un costo que oscila entre 0.96 ctvs. y 0.46 ctvs., para el camión más grande y pequeño respectivamente, por otro lado, según (18) el análisis de los costos por kilómetro no solo incluye costos lineales de combustible y mantenimiento, sino en otros costos adicionales de refrigeración y emisión, mismos aumentan con relación a la distancia recorrida aquí se tomó en cuenta una flota heterogénea de esta forma en los dos casos los resultados llevan un mismo horizonte pero diferentes parámetros a considerar.

Para cumplir con el objetivo de estudio se hizo uso del VRP metaheurístico OR-Tools que permitió optimizar significativamente las rutas recorriendo menos 151 kilómetros a la semana que refleja un ahorro del costo \$77.00 lo que traduce en un menos 7.13% de los costos logísticos a la semana, de esta forma la investigación de (19) se basó en un ruteo de vehículos con flota heterogénea utilizando programación en Python con una interfaz que permitió cargar un archivo con la demanda semanal, el modelo permitió disminuir los costos de transporte hasta un 3.65% y la distancia recorrida hasta 15.91% a la semana en promedio.

Por otro lado, según (9), la propuesta para mejorar el servicio de entrega con un VRP 3.0 reflejó notables mejoras permitiendo dar solución a la problemática planteada que optimizó los días de reparto de 17 a 11 días lo que permitió aumentar la atención a seis clientes más, con una mejora significativa del nivel de servicio en un 60%, además reflejó más eficiencia en los procesos para evacuar el 97% del producto frente al 50% que era el actual; aplicando recursos tecnológicos para solucionar los problemas de ruteo se logra aumentar la satisfacción del cliente y su fidelización, de manera que con las encuestas realizadas se logró un cumplimiento del 90% de la puntuación establecida frente a los ítems evaluados lo que significa que los procesos se realizan correctamente, sin embargo, la mejora continua es un factor clave para el éxito empresarial.

Por último, la investigación realizada por (11), logró una reducción del 20 % en el total de distancias recorridas y el uso del total de vehículos, esto se obtuvo a través de dos algoritmos Clark and Wright y el de mejora local llamado 2-opt., en la presente investigación se logró el ahorro de 151 km que reflejó el 7.3% de los costos logísticos a la semana, aquí se hizo uso del VRP *Or-Tools* partiendo de describir la logística del transporte y caracterizar la distribución de la empresa caso de estudio, además de determinar los costos logísticos por kilómetro y canales de distribución. Por otra parte, según (20), el modelo de ruteo con capacidad heterogénea (HVRP), refleja un resultado eficaz en la reducción de costos de transporte en un 53.08%, así también se logró optimizar el uso de vehículos de 32 a 16, reflejando una reducción del 50%, también con este VRP se logró hacer uso eficiente de la capacidad de los vehículos hasta en un 92%; todo esto refleja que el uso de métodos tecnológicos permite optimizar los procesos dependiendo el enfoque que sea aplicado.

CONCLUSIONES

La implementación del ruteo "*Path Cheapest Arc*" utilizando *OR-Tools* permitió reducir el recorrido semanal en 151 kilómetros en comparación con las rutas actuales, esta optimización se tradujo en un ahorro de \$77.00 por semana, equivalente al 7.30% del costo total; a nivel anual, el ahorro acumulado asciende a \$4004.00, lo que representa un impacto positivo y significativo en los costos operativos; además, esta mejora contribuye a una disminución en el tiempo total trabajado, aunque se requiere un análisis más exhaustivo para cuantificar el número de horas ahorradas y el porcentaje correspondiente a la situación actual.

En el proceso de distribución se determinaron dos canales para trasladar el producto a 90 clientes, alcanzando un total de 96 puntos de entrega semanalmente, estos canales incluyen el directo e indirecto (canal corto), donde la mayor parte de las entregas se concentra en el sector de Quito y solo el 9% se centra en el sector de Sangolquí, como parte de este procedimiento, se evaluó la satisfacción del cliente obteniendo una calificación promedio de 4.5 sobre 5 en aspectos clave como la puntualidad en las entregas, condiciones del producto al momento de la recepción, amabilidad y trato del conductor, facilidad para comunicarse con la empresa, así como el tiempo de respuesta ante reclamos y devoluciones.

Los hallazgos de este estudio demuestran que la integración de herramientas tecnológicas de optimización como el método "*Path Cheapest Arc*" implementado mediante *OR-Tools*, junto con un análisis detallado de los costos logísticos, facilita la formulación de estrategias efectivas para la toma de decisiones en la gestión del transporte y la distribución, esto contribuye directamente a mejorar la competitividad y sostenibilidad de la Cadena de Suministro, generando además un ahorro económico significativo para la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cascón J, Moral JA, Liao H, Cobo MJ. Bibliometric analysis of the revista Española de documentación científica since its inclusion in the web of science (2008-2018). *Revista Española de Documentación Científica*. 2020;43(3).
2. Achurra A, Cruz R. La Logística del Transporte como Factor Clave en la Cadena de Suministro. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2025 Mar 18;9(1):10771–84.
3. Osorio C, Orejuela J, Bravo JJ. Refrigerated electric vehicle routing considering time-dependent temperature energy consumption models. *Ann Oper Res*. 2025 Jun 1;349(3):1817–54.
4. Al Theeb N, Smadi HJ, Al-Hawari TH, Aljarrah MH. Optimization of vehicle routing with inventory allocation problems in Cold Supply Chain Logistics. *Comput Ind Eng [Internet]*. 2020 Apr 1 [cited 2025 Jul 31]; 142:106341. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835220300759?via%3Dihub>
5. Guerra C, Andrea D, Tixi V, Fernando J. Plan Logístico de Distribución y Transporte para Productos alimenticios de la Empresa Ecoal Chimborazo S.A en la ciudad de Riobamba. 2025 Feb 3 [cited 2025 May 2]; Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14714>
6. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Amid food*

- and climate crises, investing in sustainable food cold chains crucial [Internet]. 2022 [cited 2025 Aug 1]. Available from: <https://www.fao.org/newsroom/detail/amid-food- and-climate-crises-investing-in-sustainable-food-cold-chains-crucial/en>
7. Yan L, Fengming T, Zhu R. Vehicle-routing problem for low-carbon cold chain logistics based on the idea of cost–benefit. *Complex and Intelligent Systems*. 2025 Feb 1;11(2).
 8. Madushan F, Thibbotuwawa A, Perera N, Nielsen P, Kilic D. An integrated vehicle routing model to optimize agricultural products distribution in retail chains. *Cleaner Logistics and Supply Chain* [Internet]. 2024 Mar 1 [cited 2025 Oct 1]; 10:100137. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277239092300046X>
 9. Pineda U, Carabalí H. Un Problema de Enrutamiento del Vehículo con Enfoque de Ventanas de Tiempo Para Mejorar el Proceso de Entregas. *Ingeniería* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2025 Sep 23];25(2):117–43. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2020000200117&lng=en&nrm=iso&tlng=es
 10. Valencia RL. Distribución de productos y gestión logística en la empresa “Gelatinas y Mermeladas San Luis” [Internet]. 2023 [cited 2025 Oct 1]. Available from: <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1792>
 11. Benalcázar G, Flores R. Optimización de rutas de distribución de producto terminado de una industria panadera con nodos de origen y destino en la ciudad de Guayaquil. 2023;
 12. Thana B. Análisis práctico: Solución de problemas de enrutamiento de vehículos con OR-Tools y SCIP - Comunidad DEV [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 7]. Available from: https://dev.to/thana_b/a-practical-review-solving-vehicle-routing-problems-with-or-tools-and-scip-52me
 13. Yepes JJ, Urrútia G, Romero M, Fernández S. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2025 May 6];74(9):790–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300893221002748?via%3Dihub>
 14. Muyulema J, Rodríguez J. Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática. *Revista Científica*. 2023 May 15;47(2):39–54.
 15. Acosta AL. Canales de Distribución. 2017 [cited 2025 Aug 22]; Available from: <http://www.areandina.edu.co>
 16. Machuca A. Resolución de un VRP con opciones de entrega y preferencias mediante recocido simulado. 2022;
 17. Wang Y, Wang Y, Leng J. A Study on the Vehicle Routing Planning Method for Fresh Food Distribution. *Applied Sciences* 2024, Vol 14, Page 10499 [Internet]. 2024 Nov 14 [cited 2025 Oct 3];14(22):10499. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/22/10499/htm>
 18. Pan S, Liao H, Zheng G, Huang Q, Shan M. Cold Chain Distribution Route Optimization for Mixed Vehicle Types of Fresh Agricultural Products Considering Carbon Emissions: A Study Based on a Survey in China. *Sustainability* 2024, Vol 16, Page 8207 [Internet]. 2024 Sep 20 [cited 2025 Sep 26];16(18):8207. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/18/8207/htm>
 19. Morales B, Oviedo M. Diseño de un modelo de distribución de productos frescos para una cadena de supermercados. 2021 [cited 2025 Sep 26]; Available from:

- <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51994> Zapata
20. J, Vélez Á, Arango M, Zapata J, Vélez Á, Arango M. Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. Investigación administrativa [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2025 May 5];49(126). Available from:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782020000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es