



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DEL **CARIBE**

**PROPUESTA PARA MEJORA DE LA RED
DE TRANSPORTE DE UNA EMPRESA
ESPECIALIZADA EN HIGIENE INDUSTRIAL**

**ALEXANDER ARDILA CALDERÓN
DAVID ALONSO MARTÍNEZ DE LA HOZ**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES LOGÍSTICAS
FACULTAD DE INGENIERIA
BARRANQUILLA
2024**



**PROPUESTA PARA MEJORA DE LA RED DE TRANSPORTE DE UNA EMPRESA
ESPECIALIZADA EN HIGIENE INDUSTRIAL**

**Alexander Ardila Calderón
David Alonso Martínez De La Hoz**

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar por el título de:
Especialista en Gerencia de Producción y Operaciones Logísticas**

**Director
Luis Eduardo Ramírez Polo**

**Facultad de Ingeniería
Programa de Especialización en Gerencia de Producción y Operaciones
Logísticas
Barranquilla, Colombia
2024**



Nota de Aceptación

Firma Coordinador de Opción de Grado

Firma del Jurado

Firma del Jurado



Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que nos han acompañado en este proceso académico; a nuestras familias por el apoyo, a los docentes por contribuir con nuestro desarrollo profesional mediante los conocimientos compartidos y a nuestros compañeros por motivarnos a ser mejores cada día. Nuestra gratitud especial, a nuestros asesores para el presente trabajo: Luis Eduardo Ramírez y Hans Lozada Guzmán, cada directriz lo ha hecho más sencillo y llevadero.



Resumen

La investigación se enfoca en mejorar la red de transporte de una empresa de Higiene Industrial. El objetivo fue rediseñar la red de transporte para mejorar los costos operativos mediante la estandarización geográfica de las rutas, asegurando el cumplimiento de las expectativas del cliente en precio y cobertura. Para ello, se utilizó la metodología DMAIC, que comprende cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la fase de Definir, se establecieron claramente los objetivos y se delimitó el alcance del proyecto basándose en el árbol del problema. En la fase de Medir, se recolectaron y analizaron datos relevantes para identificar las variables clave que mejorarían la red de transporte. Durante la fase de Analizar, se examinaron los datos para identificar tendencias en la programación de rutas y encontrar la causa raíz del problema. En la fase de Mejorar, se diseñaron e implementaron cambios en las rutas basados en los análisis previos. Finalmente, en la fase de Controlar, se monitorearon los resultados durante el segundo trimestre y se compararon con los del primer semestre. El cambio de Base de Operación para algunas rutas, basado en un análisis geo-referencial, tuvo un impacto positivo en la red de transporte, reduciendo la distancia recorrida, el consumo de combustible y el tiempo de servicio.

Palabras Clave: Rutas, Geo-referencia, Logística, Ruteo

Abstract

The research focuses on improving the transportation network of an Industrial Hygiene company. The objective was to redesign the transportation network to improve operating costs through the geographical standardization of routes, ensuring customer expectations for price and coverage are met. To achieve the research objective, the DMAIC methodology was used, which includes five phases: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control. In the Define phase, the project's objectives were clearly established, and the scope was delimited based on the problem tree. In the Measure phase, relevant data was collected and analyzed to identify key variables for improving the transportation network. During the Analyze phase, the data was examined to identify trends in route scheduling and approach the root cause of the problem. In the Improve phase, route changes were designed and implemented based on previous analyses. Finally, in the Control phase, the results were monitored during the second quarter of the year and compared with those of the first semester. The proposal to change the Operation Base for some routes, based on georeferential analysis, had a positive impact on the transportation network, reducing the distance traveled, fuel consumption, and service time.

Keywords: Routes, Georeference, Logistics, Routing



Contenido

Agradecimientos	IV
Resumen.....	V
Abstract.....	VI
Contenido.....	VII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tablas.....	X
1 Introducción.....	1
1.1 Formulación del Problema	2
1.2 Justificación	4
2 Objetivos	14
2.1 Objetivo General.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 Metodología.....	15
3.1 Diagnóstico, puntos críticos e ineficiencias.....	16
3.1.1 Servicios.....	16
3.1.2 Clientes	19
3.1.3 Bases de Operación.....	19
3.1.4 Puntos Críticos	25
3.2 Evaluar la mejora de las Rutas	30
3.2.1 Ruta Bajo Antioquia.....	30



3.2.2	Ruta Vía Medellín.....	31
3.2.3	Ruta Valencia.....	32
3.2.4	Ruta Valledupar – Manaure.....	32
3.3	Evaluación del Impacto económico de los cambios propuestos	34
3.3.1	Kilometraje antes y después de la propuesta del cambio de Base de Operación de Ciénaga de Oro a Montería	34
3.3.2	Kilometraje antes y después de la propuesta del cambio de ruta Valencia, teniendo como salida Base de Operación Montería.....	35
3.3.3	Tiempo	36
3.3.4	Ingreso Potencial.....	37
4	Resultados y Análisis.....	39
5	Referencias.....	41



Lista de Figuras

Figura 1 Árbol del Problema	3
Figura 2 Geolocalización de la Ruta Bajo Antioquia desde Ciénaga de Oro ..	26
Figura 3 Geolocalización de la Ruta Vía Medellín desde Ciénaga de Oro.....	27
Figura 4 Geolocalización de la Ruta Valencia desde Ciénaga de Oro.....	27
Figura 5 Geolocalización de la Ruta Santa Marta – Maicao – Paraguachón – Uribia – Manaure	28
Figura 6 Geolocalización de la Ruta Bajo Antioquia desde Montería	31
Figura 7 Geolocalización de la Ruta Vía Medellín desde Montería.....	31
Figura 8 Geolocalización de la Ruta Valencia desde Montería.....	32
Figura 9 Geolocalización de la Ruta Valledupar – Maicao – Paraguachón, Uribia, Manaure.....	33



Lista de Tablas

Tabla 1 Clientes	19
Tabla 2 Base de Operaciones.....	20
Tabla 3 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Ciénaga de Oro	20
Tabla 4 Trayectoria a cubrir Base de Operaciones Valledupar	21
Tabla 5 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Santa Marta.....	22
Tabla 6 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Barranquilla	23
Tabla 7 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Sincelejo.....	24
Tabla 8 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Cartagena	25
Tabla 9 Clasificación de los municipios por kilómetros	30
Tabla 10 Comparativa Kilometraje Base Operativa Ciénaga y Base Operativa Montería.....	34
Tabla 11 Comparativa Kilometraje base Operativa Santa Marta y Base Operativa Valledupar	35
Tabla 12 Comparativa Tiempo Base Operativa Ciénaga de Oro y Base Operativa Montería	36
Tabla 13 Comparativa Tiempos base Operativa Santa Marta y Base Operativa Valledupar	37
Tabla 14 Tarifa propuesta para Servicio de Trampas de Grasas.....	38
Tabla 15 Tarifa propuesta para Servicio de Pozas Sépticas.....	38



1 Introducción

En el ámbito de la Higiene Industrial, la eficiencia y la efectividad en la prestación de servicios son cruciales para mantener altos estándares de salubridad y operatividad.

Empresas especializadas en la succión y limpieza de trampas de grasa, sondeo de tuberías de gran tamaño, lavado de tanques de agua potable y limpieza de pozos sépticos enfrentan retos logísticos significativos que impactan directamente en su capacidad de respuesta y en la calidad del servicio ofrecido.

La presente investigación se centra en la mejora de la red de transporte de una empresa líder en el sector de la Higiene Industrial.

Además, este estudio busca identificar y proponer soluciones a las deficiencias actuales en el sistema de transporte, con el fin de mejorar las rutas, reducir costos operativos y mejorar los tiempos de respuesta.

La red de transporte es un componente vital que garantiza la movilidad y disponibilidad de los equipos especializados necesarios para la ejecución de los diversos servicios, desde la recolección y eliminación segura de grasas hasta el mantenimiento preventivo de infraestructuras críticas como tanques y tuberías.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un plan estratégico que permita a la empresa aumentar su competitividad y sostenibilidad mediante la implementación de prácticas logísticas avanzadas.

Para la consecución del objetivo, se analizarán factores como la planificación de rutas, la gestión de flotas y el uso de tecnologías de geolocalización para crear un sistema de transporte más dinámico y eficiente.



La mejora en la red de transporte no solo beneficiará a la empresa en términos operativos y económicos, sino que también contribuirá a un mejor servicio para sus clientes y a una mayor protección del medio ambiente.

1.1 Formulación del Problema

La empresa especializada en Higiene Industrial enfrenta desafíos logísticos significativos que afectan su eficiencia operativa y la calidad del servicio que brinda.

La red de transporte actual presenta problemas en la planificación de rutas, gestión de flotas y tiempos de respuesta, lo cual impacta negativamente en la ejecución de servicios críticos como la succión y limpieza de trampas de grasa, sondeo de tuberías de gran tamaño, lavado de tanques de agua potable y limpieza de pozos sépticos.

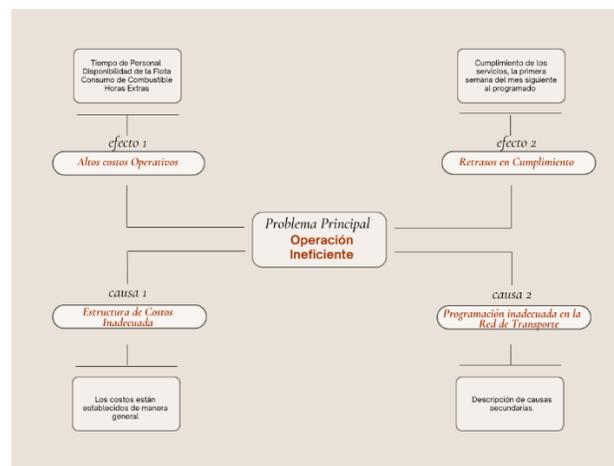
Específicamente, la falta de optimización en la red de transporte resulta en mayores costos operativos, demoras en la prestación de servicios y una utilización ineficiente de los recursos disponibles.

Estos problemas logísticos no solo disminuyen la competitividad de la empresa, sino que también pueden afectar la satisfacción de los clientes y la protección del medio ambiente.

Sumado a lo anterior, su operación se establece con base en las solicitudes que los clientes realizan, sin un análisis que permita conocer la rentabilidad de cada servicio que ejecuta, así como tampoco hay un análisis en la capacidad de almacenamiento de las trampas de grasa y pozas sépticas que tienen sus clientes.

Esta forma de programar sus servicios no está permitiendo optimizar los recursos con que se cuenta (personal técnico, vehículos, costos, tiempo), así como tampoco disminuir en sus clientes la generación de solicitudes por emergencias, impactando en los costos del cliente y en los tiempos de respuestas de esas solicitudes.

Figura 1 Árbol del Problema



Fuente Propia de los Autores

Por lo anterior, surge la necesidad de investigar y desarrollar una propuesta para la estandarización de las rutas de transporte que permita reducir los costos operativos, lo que mejorará la eficiencia, y cumplir con las expectativas de los clientes en términos de precio y cobertura.

¿De qué forma se puede mejorar la red de transporte de una empresa especializada en higiene industrial, mediante la estandarización de rutas con base a geolocalización?



1.2 Justificación

La mejora de la red de transporte de una empresa especializada en la Higiene Industrial es fundamental para incrementar la eficiencia operativa y la calidad de los servicios ofrecidos.

Esta empresa, que se dedica a la succión y limpieza de trampas de grasa, sondeo de tuberías de gran tamaño, lavado de tanques de agua potable y limpieza de pozos sépticos, enfrenta retos logísticos que pueden comprometer su competitividad y sostenibilidad en el mercado.

El sistema de transporte actual presenta ineficiencias en la planificación de rutas, gestión de flotas y tiempos de respuesta, lo cual genera mayores costos operativos y demoras en la prestación de servicios críticos.

Estas ineficiencias no solo afectan la satisfacción de los clientes, sino que también tienen un impacto negativo en el medio ambiente debido al uso ineficiente de recursos y al aumento de las emisiones de gases contaminantes.

La implementación de un plan estratégico para optimizar la red de transporte permitirá a la empresa mejorar su desempeño logístico, reducir costos y tiempos de operación, y aumentar la satisfacción del cliente.

Además, la incorporación de tecnologías avanzadas de geolocalización y la optimización de la gestión de flotas contribuirán a una operación más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Por lo tanto, este proyecto es esencial no solo para mejorar la eficiencia y competitividad de la empresa, sino también para ofrecer un mejor servicio a los clientes y promover prácticas más sostenibles en la industria de la Higiene Industrial.

1.3 Antecedentes

Como base para la realización del presente trabajo de grado, hemos tomado como referencia las siguientes investigaciones, lo que nos da luz para la propuesta de la mejora de la red de transporte.

(Bermeo Muñoz & Calderón Sotero, 2009) La revista científica “El hombre y la maquina” publicó un artículo en el cual se plasmó el uso de métodos y herramientas tecnológicas que permitan optimizar procesos y operaciones por ejemplo la asignación de vehículos a una ruta de transporte.

Se hizo uso del software VRP Solver con el fin de realizar la simulación de las rutas asignadas de teniendo en cuenta la capacidad (carga) de los vehículos de reparto local y la distancia entre los clientes. Se escogió la zona centro de la ciudad de Cali en un área comprendida entre la Carrera 1 y la Carrera 25, entre Calles 1 y 14. En este sector las rutas de reparto correspondientes son de la 2 a la 5 y de la 7 a la 9. Por limitaciones del software se hicieron divisiones de la lista de clientes en dos grandes grupos: de la ruta 2 a la 5 y de la ruta 5 a la 9, posteriormente a cada grupo se realizaron treinta simulaciones.

Luego de obtener los resultados de cada simulación se logró determinar que la mejor optimización fue encontrada en la ruta 2, en donde se logró disminuir la distancia total recorrida en un 8% (de 11,93 km. a 10.98 km.) y la ruta 8 en un 19% (teniendo en cuenta que se puede optimizar hasta un 20%) del 18% (de 17,56 km. a 14,34 km)

(Calderón, Rodríguez, & Molano, 2009) en la realización de su proyecto “Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte” fue el fomentar el uso de herramientas logísticas para optimización de procesos y operaciones, mediante el uso de técnicas y métodos que encuentren una solución adecuada a los problemas complejos como, por ejemplo, la asignación de vehículos a una ruta



de transporte, mediante la administración de un sistema de transporte eficiente y de bajo costo las organizaciones pueden obtener un aumento en la competitividad.

(Aranda & Jimenez, 2012) En su proyecto desarrollaron una aplicación que genera una ruta de transporte de pasajeros, determinando la mejor forma de realizar el recorrido y tratando de reducir los costes de la empresa de transporte al mínimo. La aplicación recibe los datos de los domicilios de los pasajeros, los agrupa, en la medida de lo posible, en función de ciertos parámetros en paradas mediante algoritmos de Clustering y determina la forma óptima de recogerles y transportarles mediante un algoritmo genético.

(Castro Fino, 2012) Alumno de ingeniería industrial, presento el trabajo de grado el cual buscaba mejorar el desempeño del proceso logístico de distribución de la empresa RAMO.

Se hizo uso de la metodología DMAIC, por lo que se identificaron 5 fases que permitieron alcanzar los objetivos planteados. En la primera fase se desarrolló la definición del problema de la empresa, se realizaron visitas dentro de los diferentes puntos de stock de la compañía el cual dio como resultado un planteamiento, el cual se desarrolla en la fase de medición, por medio de un diagnóstico exhaustivo y la recolección de información que permitió determinar las causas de los problemas encontrados.

La tercera fase que correspondía al análisis permitió hallar los elementos clave sobre los cuales se deberían desarrollar las propuestas de mejora que permitieran obtener resultados positivos en el proceso logístico de la empresa. Finalmente, en la fase de mejoramiento se incluyó el diseño y desarrollo de las propuestas dentro de la empresa, en esta fase se comenzó a implementar la verificación y control para determinar los resultados obtenidos de las propuestas de mejora.



Por medio de las propuestas de mejora se logró comenzar a desarrollar un plan de acción en la empresa tal que se generaran cambios de manera gradual en el proceso logístico de la organización, se creó una nueva distribución de productos en stock que permitió disponer de espacios que se encontraban subutilizados, se implementaron señalizaciones en las áreas del CEDI y las agencias para conocer las actividades y procesos de cada área, se desarrolló una política de inventarios tal que la empresa estimara la cantidad necesaria de pedidos realizados por los clientes, se implementó un cuadro de indicadores que permitiera medir, controlar y evaluar el desarrollo del proceso de distribución del producto terminado a través del CEDI y las agencias de la empresa

(Tataje & Montenegro, 2015) en su tesis de investigación estuvo orientada a la optimización de las rutas que operan en el transporte de la distribución de mercancía de equipos celulares, a través de la aplicación de la metodología de programación lineal con el uso del solver de Excel.

Comenzaron con la búsqueda de información en términos de Investigación de operaciones, programación lineal, distribución física, transporte, ruta óptima y simulación; para posteriormente continuar con el diagnóstico de la situación actual y el análisis de la problemática existente.

Con esta información utilizaron la programación lineal y uso del software Excel en donde se ingresaron los datos correspondientes de cada ruta óptima en distancias para cada una de ellas; teniendo como resultados la disminución de distancias a través del uso de la ruta óptima luego del análisis y comparación entre las distancias de las rutas reales y las rutas ideales simuladas. El proyecto tiene como objetivo general, la reducción del costo del sistema de transporte en un 15 por ciento.



(RIPE, 2015) Realizo una propuesta de mejora, del proceso logístico de transporte y entrega de pedidos, para la compañía CCENECA COMERCIAL LTDA. Utilizando para ello, herramientas de gestión logística, la gestión de Transporte y el Trade Marketing, analizando previamente, las estadísticas de este departamento, proporcionadas por la compañía y mediante indicadores de gestión de transporte, con el fin de establecer parámetros iniciales y poder compararlos entre sí.

(Mafla & Escobar, 2015) Una red de distribución es uno de los principales activos que la empresa debe evaluar y estudiar constantemente ya que su diseño incide en la eficiencia operativa, el nivel de servicio y las entregas a tiempo. Al diseñar una red de distribución comercial se persiguen varios objetivos, que varían dependiendo del enfoque del negocio, puede tratarse de lograr ahorros en los costos o de aspectos relacionados con la responsabilidad corporativa. Por esta razón, la forma en la que está planeada puede ser diferente de una empresa a otra, aun tratándose de actores en el mismo sector productivo.

Permitiendo la optimización del proceso logístico de transporte para la compañía, desde el momento de la contratación de los vehículos, hasta la entrega final al cliente, considerando, además, aspectos como servicio al cliente, manuales de procedimientos, volúmenes de ventas y devoluciones.

(PINTO & FELIPE, 2016) Los medicamentos son productos inmunológicos sensibles a las variaciones de luz, humedad y temperatura. Las alteraciones en sus condiciones de almacenamiento pueden ocasionar pérdida de la estabilidad de los fármacos, inactivándolos. Para preservar el poder inmunizante de los medicamentos y garantizar su efectividad es necesario que los procesos de almacenamiento y distribución cumplan con los requerimientos establecidos por el fabricante.

Para que los productos de la industria farmacéutica y, más importante, sus beneficios para la salud, lleguen a los pacientes es preciso que existan canales de distribución adecuados.

(Arango Serna, Moreno, Ortiz Vásquez, & Zapata Cortes, 2017) La revista chilena de ingeniería “Ingeniare” publicó un artículo en el cual se abordó el tema del desarrollo de indicadores que permitan medir el desempeño de las actividades clave para cuatro áreas decisionales identificadas en las empresas de transporte de carga terrestre, siendo estas: gerencia, soporte administrativo, operaciones -logística- y tecnología de procesos, con el fin de asegurar la funcionalidad y el éxito de la implementación de estos indicadores en cada área.

La metodología utilizada se basó en la búsqueda de literatura científica por medio de una revisión bibliográfica, específicamente en documentos gubernamentales nacionales e internacionales, y posteriormente se identificaron las áreas decisionales, actividades y recursos claves que influyen el desempeño de las empresas y los procesos que se desarrollan en esta. Finalmente, los indicadores que permiten el seguimiento de las operaciones logísticas para las actividades seleccionadas.

A partir de todo este análisis se lograron identificar y definir una serie de indicadores que responden a las condiciones reales de las empresas, permitiendo identificar las actividades que no se están ejecutando eficientemente, y así generar estrategias para mejorar los valores obtenidos en cada una de las medidas de desempeño.

El proyecto tiene como objetivo general, la reducción del costo del sistema de transporte en un 15 por ciento. (León Hurtado, 2018) presentó una propuesta de mejora para el transporte educativo, de una institución educativa de la ciudad de Quito, Ecuador. Optimizó las rutas de transporte de la institución, a través de

algoritmos de investigación operativa, los principios de administración de transporte, y el uso softwares de simulación de rutas de transporte.

El resultado del trabajo de investigación fue un sistema de transporte eficiente, con una correcta distribución de pasajeros, un alto porcentaje de utilización de la flota; una secuencia de recorrido que reduce la distancia total y el tiempo de duración de cada ruta.

(Solística, 2018) Cuando se habla sobre red de distribución se hace referencia a la gestión de la cadena de suministro, es decir, a los pasos que sigue un producto desde el fabricante o proveedor hasta el cliente final.

Una red de distribución está compuesta por diferentes eslabones. Las decisiones estratégicas y tácticas del diseño de una cadena de abastecimiento son difíciles de abordar debido a que requieren una evaluación detallada de la inversión en términos de tiempo y dinero.

El acertado diseño de una red de distribución es considerado una parte crítica de la rentabilidad global de una compañía, ya que esta decisión está íntimamente relacionada con los costos de transporte, distribución y almacenamiento

En el año 2018 las alumnas de ingeniería industrial Lucia Decurt y Jessica Jara, desarrollaron un trabajo de investigación en el cual buscaban mejorar el nivel de servicio de una empresa de transporte de la ciudad de Trujillo, debido a que esta, para esto se hizo uso de la metodología del ciclo DEMING, el cual se basó primeramente en observación experimental, análisis documental y observación de campo, lo cual permitió posteriormente recolectar información para realizar el diagrama de Ishikawa, una matriz relacional sobre las posibles causas del nivel de servicio inadecuado y un cuadro con el número de ocurrencias

encontradas, a partir de esto se planteó en Excel un diagrama Pareto, una tabla con mediciones cuantitativas y un diagrama de procesos de la empresa.

La empresa implemento un programa de capacitación para el personal operativo y gerencial, lo cual generó una mejora en los tiempos de entrega y por consiguiente permitió mejorar el nivel de servicio de 69.5% a 79.35% logrando así obtener un resultado positivo de 9.85% de mejora. Con respecto a los resultados de nivel de servicio, se observó que la media del nivel de servicio antes tenía un valor de 0.052 y la media del nivel de servicio después 0.0074. (Montoya & Mendo, 2018)

(Valderrama, García, & Padilla, 2020) su artículo, tiene por finalidad llevar a cabo un análisis que permita tener una visión más clara en cuanto a la planeación para la obtención del mejor aprovechamiento de los recursos por medio de los procesos logísticos y que ayuden a la optimización de los mismos.

Con esto se afronta y se analiza un poco, los distintos aspectos que inciden al proceso de planificación y gestión de los procesos logísticos relacionados más directamente con la distribución física de las empresas, desde la localización estratégica de los almacenes, recursos en el territorio y la gestión de los inventarios y stocks, hasta el diseño de un sistema de red de distribución física eficiente.

(Lostaunau Nuñez & Villaverde, 2021) Desarrollaron un trabajo de grado el cual se centraba en solucionar el problema de las demoras en entrega de mercadería de los clientes por parte de la empresa T&S OL SAC, específicamente en los procesos de recepción y almacenamiento, programación y despacho, y seguimiento y entrega.

La metodología para resolver este problema era primeramente identificar la mejor ruta para los 21 clientes principales de la empresa con el fin de minimizar



tiempos y distancias que cumpla con los objetivos de mejorar el servicio brindado. Para esto se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: Horario de salida del camión, Ubicación de los puntos de destino, Capacidad de los camiones, Frecuencia de envío, Lead Time.

Posteriormente se hizo uso del software Arena para realizar simulaciones de los procesos de “Programación y despacho” y “Seguimiento y entrega”. Respecto al proceso de recepción y almacenamiento se identificó que existen dos actividades que no agregan valor (que representan el 1% de todo el proceso) las cuales se eliminarán. Mientras que cuatro actividades que no agregan necesariamente valor (que representan el 23% de todo el proceso) se reducirán con el fin de hacer más eficiente el proceso de recepción y almacenamiento.

Respecto al proceso de programación y despacho se identificó que existe una actividad que no agregan valor (que representan el 13% de todo el proceso) la cual se eliminará. Mientras que tres actividades que no agregan necesariamente valor (que representan el 63% de todo el proceso) se reducirán con el fin de hacer más eficiente el proceso de programación y despacho.

Respecto al proceso de seguimiento y entrega, se identificó que existe una actividad que no agregan valor (que representan el 4% de todo el proceso) la cual se eliminará. Mientras que tres actividades que no agregan necesariamente valor (que representan el 10% de todo el 221 proceso) se reducirán con el fin de hacer más eficiente el proceso de seguimiento y entrega.

(López Castillo, 2021) El mercado farmacéutico es volátil, donde el suministro de medicamentos depende en su mayoría de empresas extranjeras mediante procesos de importación de medicamentos lo cual aumenta el riesgo de ruptura de inventario y desabastecimiento; esto representa un reto logístico para las cadenas de abastecimiento donde deben adaptarse de manera rápida a las



necesidades del mercado minimizando al máximo las entregas parciales o incompletas de medicamentos a los usuarios y cumplir con los tiempos de respuesta que exige el mercado y la legislación colombiana.

(BARCOS REDÍN, 2023) su tesis modeliza el sistema suponiendo un conjunto de terminales dadas. Para cada par O-D se minimiza el coste total de transporte cumpliendo un nivel de servicio determinado en plazo de entrega que se expresa como porcentaje mínimo de la carga (o expediciones) que debe servirse en ese plazo.

Tras una formulación como programa matemático entero, el problema se resuelve mediante el metaheurístico de las colonias de hormigas. Este bioheurístico se basa en la elección probabilística de alternativas en función del nivel de feromonas de cada alternativa, rastro éste que depende del número de hormigas que han optado por tal alternativa previamente y que se desvanece al cabo de un tiempo. Se utiliza un parámetro de información heurística para cada uno de los subproblemas de análisis (envíos directos y envíos a través de unos o dos hubs, y paradas múltiples en origen o en destino). El algoritmo implementado se ha contrastado con soluciones exactas en diversos ejemplos de tamaño reducido mostrando una complejidad polinómica de grado bajo con el tamaño del problema. Las aceptables correlaciones obtenidas entre las predicciones del modelo y los datos de base permiten calificar el modelo global de robusto.

2 Objetivos

2.1 **Objetivo General**

Rediseñar la red de transporte de una Empresa Especializada en Higiene Industrial, buscando mejorar los costos operativos, mediante la estandarización de rutas a nivel geográfico, asegurando el cumplimiento de las expectativas del cliente en cuanto a precio y cobertura.

2.2 **Objetivos específicos**

- Diagnosticar el estado actual de las rutas identificando las ineficiencias y puntos críticos de la red de transporte actual.
- Evaluar distintas rutas que podrían mejorar la red de transporte actual.
- Evaluar el impacto económico de la estandarización de rutas, realizando un análisis de costos para determinar el ahorro potencial en gastos operativos, comparando los costos operativos antes y después de la implementación de las rutas estandarizadas.



3 Metodología

Para el logro de los objetivos planteados para esta investigación en particular, usamos la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

En la Fase definir, establecimos claramente los objetivos del proyecto y delimitamos el alcance, tomando como base lo desarrollado en el árbol del problema.

Luego, en la fase de medir, recolectamos y analizamos los datos relevantes que nos permitieron identificar las variables clave para la propuesta de la mejora de la red de transporte.

Seguidamente, durante la fase de analizar, examinamos los datos que nos permitieron identificar la tendencia general en la programación de las rutas, lo que nos aproximó a la causa raíz del problema.

Posteriormente, durante la fase de mejorar, diseñamos e implementamos la propuesta de cambios de rutas, basadas en los análisis previos.

Finalmente, en la fase controlar, monitoreamos los resultados durante el segundo trimestre del año y los comparamos con los del primer semestre.

A continuación, detallaremos como la metodología nos ayudó a alcanzar los objetivos planteados.



3.1 Diagnóstico, puntos críticos e ineficiencias

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, desarrollamos un análisis de la situación actual de la red de transporte de la Empresa Ambiental del Caribe e identificar los puntos críticos y las ineficiencias del sistema logístico actual, se definió evaluar como aspectos fundamentales, los servicios ofrecidos, los clientes y las rutas usadas para el cumplimiento de la misión.

3.1.1 Servicios

Entre los servicios que definimos como punto crítico, está el de la limpieza de trampas de grasa y el de la limpieza de pozos sépticos.

3.1.1.1 Limpieza de trampas de grasa

Una trampa de grasas es un dispositivo que por lo general es construido de acero inoxidable y está compuesto por dos compartimientos, separados por una especie de rejilla que evita el paso de material sólido, separando así los residuos sólidos y las grasas que bajan por las tuberías de lavado o de áreas de procesamiento de alimento. El dispositivo tiene como principal objetivo preservar en óptimas condiciones las redes hidrosanitarias de la instalación, así como la captura de malos los olores.

Las trampas de grasa son fundamentales para mantener las redes hidrosanitarias libre obstrucciones. Si un establecimiento no cuenta con trampa de grasas, y sus residuos grasos, sólidos y semisólidos pasan directamente a la tubería, corre el riesgo de que este residuo se acumule, al tiempo se compacte y presente taponamientos que impidan el flujo normal de las aguas que allí transitan. Este taponamiento producir rebose de aguas, aparición de



malos olores y presencia de plagas. Esto puede llegar a ocasionar pérdidas económicas considerando que en la mayoría de veces se hace necesario intervenir la red, realizando labores de rompimiento del suelo de concreto o en peores ocasiones, el piso del establecimiento; sumado al hecho del cierre del establecimiento mientras el problema es resuelto.

Esta es la razón por lo que las autoridades de salud exigen este dispositivo para cualquier negocio cuyos procesos requieren la separación de grasas y otros residuos.

La empresa especializada en higiene ambiental, presta el servicio de limpieza de trampas de grasas, que consiste en la recolección de los residuos de grasas, sólidos y semisólidos a través de la succión de éstos con nuestras bombas de alta potencia hacia nuestros vehículos recolectores. Los residuos son llevados a un sitio para su disposición certificada amigable al medio Ambiente.

3.1.1.2 Limpieza de pozos sépticos

Los negocios que cuentan dentro de sus procesos con pozos sépticos para el almacenamiento temporal de residuos orgánicos provenientes de actividades humanas, requieren por responsabilidad legal y ambiental disponerlos de manera efectiva con el menor impacto al medio ambiente. Realizar el retiro y disposición de los residuos de manera inadecuada puede acarrear en multas y sanciones que van desde lo económico hasta el cierre de procesos o inclusive el propio negocio.

El proceso de recolección de residuos debe ser realizado de manera profesional, con equipos especializados y procedimientos controlados que eviten el riesgo de derrames, generación prologada de malos olores y sean dispuestos en sitios donde les sea realizado el respectivo tratamiento para su eficaz disposición.



La empresa especializada en higiene industrial cuenta con vehículos tipo vector dotados con equipos especializados para el retiro de residuos orgánicos: Bombas de succión de alta potencia, motores de succión, mangueras de alta resistencia de diversas medidas de alcance y tanques para el transporte del residuo hasta el sitio de disposición. El procedimiento del servicio de Limpieza de Pozos Sépticos de forma general es el siguiente:

1. Se realiza inspección del sitio donde se encuentra ubicado el pozo séptico.
2. Se identifica la facilidad de acceso del vehículo y el metraje de manguera a utilizar.
3. Consultar el material del que está elaborado el pozo séptico.
4. Medir y Consultar la capacidad del pozo en términos de m³.
5. Consultar el horario en que se puede realizar el servicio.
6. Se efectúa el servicio de acuerdo a lo planificado.
7. Se dispone en residuo en un sitio donde se maneja de forma responsable al medio ambiente.

Este procedimiento se realiza con el objetivo de identificar la capacidad del vehículo a utilizar, así como los equipos y elementos que se requieran. Adicionalmente, cada uno de sus vehículos cuenta con kit para el manejo de derrames como medida de seguridad. Todo esto proporciona a sus clientes la garantía de un servicio seguro, acorde a sus necesidades y con procedimientos que minimizan el impacto al medio ambiente.

La empresa especializada en higiene industrial cuenta con un parque automotor de más de diez (10) vehículos tipo vector de diferentes capacidades ubicados



en las ciudades principales de la Costa Caribe Colombiana y con los permisos requeridos para la succión, transporte y disposición de residuos orgánicos.

3.1.2 Clientes

Además de definir los servicios que consideramos críticos para la misión de la organización, medimos los clientes con los que cuentan y analizamos los lugares en los que se encuentran, por departamento y ciudad/municipio. A continuación, se los presentamos:

Tabla 1 Clientes

CLIENTES	DEPARTAMENTO	CIUDAD/MUNICIPIO
24	Antioquia	12
65	Atlántico	7
51	Bolívar	8
42	Cesar	17
57	Córdoba	22
22	Guajira	12
49	Magdalena	17
34	Sucre	17

Fuente. Propia de los Autores

Tras la medición, como se puede apreciar en la tabla 1, empresa especializada en higiene industrial cuenta con 344 clientes, que se encuentran distribuidos en 8 departamentos y específicamente en 112 municipios.

3.1.3 Bases de Operación

Tabla 2 Base de Operaciones

BASE DE OPERACIONES	RUTAS	FLOTA
Ciénaga de Oro	6	6 vehículos
Valledupar	5	
Santa Marta	4	
Barranquilla	1	
Sincelejo	6	
Cartagena	5	

Fuente. Propia de los Autores

La información arrojada por la medición de las rutas, nos mostró lo siguiente:

3.1.3.1 Base de Operación Ciénaga de Oro

La ruta córdoba, que tiene como origen Ciénaga de Oro, cubría 6 trayectos que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 3 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Ciénaga de Oro

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Ciénaga de Oro	Cereté - Montería	Montería, Cereté, Ciénaga de Oro
	Cereté Moñitos	San Pelayo, Cotorra, Lórica, San Bernardo del Viento, Moñitos
	Cereté - Montería - San Pedro de Urabá - Chigorodó	Arboletes, San Juan de Urabá, Neconclí, Turbo, Apartadó, Carepa, San Pedro de Urabá y Chigorodó



	Zaragoza	Pueblo Nuevo, Planeta Rica, Buena Vista, La Apartada, Montelíbano, Caucasia, Ayapel, Puerto Libertador, Tarazá, Nechí y Zaragoza
	San Marcos - Majagual - Guaranda	San Marcos, Majagual y Guaranda
	Tierralta - Valencia	Tierralta y Valencia

Fuente. Propia de los Autores

3.1.3.2 Base de Operación Valledupar

La ruta córdoba, que tiene como origen Valledupar, cubría 5 trayectos que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 4 Trayectoria a cubrir Base de Operaciones Valledupar

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Valledupar	Aguachica	San Diego, Codazzi, Becerril, La Jagua, La Loma (El Paso), Chiriguaná, Pailitas, Pelaya, Aguachica, San Martín



	Guajira	San Juan del Cesar, Villa Nueva, Fonseca, Barrancas Guajira, Hatonuevo, Albania, Maicao, Paraguachón, Uribe, Manaure
	Chimichagua	Bosconia, El Copey, Nueva Granada, Astrea, Chimichagua
	Pueblo Bello	Pueblo Bello
	Urbano	Perímetro Urbano de Valledupar

Fuente. Propia de los Autores

3.1.3.3 Base de Operación Santa Marta

La ruta Santa Marta, que tiene como origen Santa Marta, cubría 4 trayectos que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 5 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Santa Marta

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Santa Marta	Riohacha	Mingueo, Dibuya y Riohacha

	Piñón	Orihueca, Guacamayal, Aracataca, El Retén, Fundación, Pivijay y Piñón
	Ciénaga	Ciénaga
	Urbano	Perímetro Urbano de Santa Marta

Fuente. Propia de los Autores

3.1.3.4 Base de Operación Barranquilla

La ruta Barranquilla, que tiene como origen Barranquilla, cubría 1 trayecto que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 6 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Barranquilla

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Barranquilla	Oriental	Palmar de Varela y Ponedera
	Urbano	Perímetro Urbano de Barranquilla

Fuente. Propia de los Autores



3.1.3.5 Base de Operación Sincelejo

La ruta Sincelejo, que tiene como origen Sincelejo, cubría 6 trayectos que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 7 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Sincelejo

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Sincelejo	San Onofre	Tolú, Santiago de Tolú, Coveñas, San Onofre y San Antero
	Sahagún	Sampués, Chinú, San Andrés de Sotavento, Momil, y Sahagun
	El Banco	Corozal, San Pedro, Buena Vista, Magangué, Santa Ana, Mompox, Guamal y El Banco
	Plato	Ovejas, El Carmen de Bolívar, Plato y Chivolo
	Corozal - Sincé	San Juan de Betulia, Sincé y Galerías
	Urbano	Perímetro Urbano de Sincelejo

Fuente. Propia de los Autores

3.1.3.6 Base de Operación Cartagena

La ruta Cartagena, que tiene como origen Cartagena, cubría 5 trayectos que se ejecutaban de la siguiente manera:

Tabla 8 Trayectos a cubrir Base de Operaciones Cartagena

BASE DE OPERACIONES	TRAYECTOS A CUBRIR	DESTINO
Cartagena	San Jacinto	Turbaco, Arjona, María La Baja, San Juan de Nepomuceno y San Jacinto
	Turbaco - Arjona - Campo de la Cruz	Santa Lucía, Calamar, Suan, Campo de la Cruz
	Repelón	Luruaco y Repelón
	Villa Nueva	Santa Rosa y Villa Nueva
	Urbano	Perímetro Urbano de Cartagena

Fuente. Propia de los Autores

Parte esencial de la medición, pertinente para nuestra investigación nos llevó a profundizar en tres temas particulares y esenciales, a saber: kilometraje, tiempo y costos. Estos criterios nos sirvieron como base para definir los puntos críticos y la ineficiencia de las rutas y programaciones de la operación.

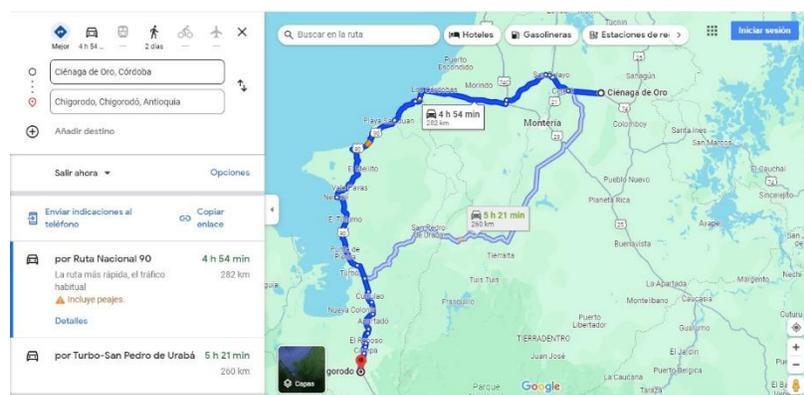
3.1.4 Puntos Críticos

Para determinar los puntos críticos a los que daríamos respuesta a través de esta investigación, tuvimos en cuenta todas y cada una de las variables que entran en juego a la hora de determinar la rentabilidad que un servicio genera para la empresa.

Algunos de los puntos críticos que encontramos, fue la cantidad de kilómetros y el tiempo que llevaban cumplir los recorridos por la flota en algunos de los trayectos realizados, dado el punto de origen de la Base Operativa a la que había sido asignado. Para establecer este punto crítico, se determinó mediante una actividad de geo referenciación (ver figura 2-6) las distancias a recorrer y el tiempo de dichos trayectos, teniendo en cuenta el punto de origen de la Base Operativa con las que contamos.

Las rutas elegidas, pertenecían a la Base de Operaciones de Ciénaga de Oro, denominadas: a. Ruta Bajo Antioquia, que comprendía el trayecto, Cereté – Montería – San Pedro de Urabá – Chigorodó (Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa, San Pedro de Urabá y Chigorodó); b. Ruta Vía Medellín, que comprendía el trayecto Zaragoza (Pueblo Nuevo, Planeta Rica, Buena Vista, La Apartada, Montelíbano, Caucasia, Ayapel, Puerto Libertador, Tarazá, Nechí y Zaragoza); c. Ruta Valencia, que comprendía el trayecto Tierralta – Valencia (Tierralta, Valencia), (ver Tabla 3)

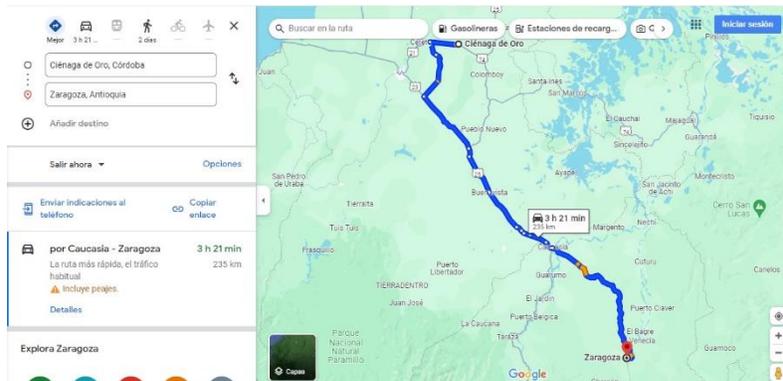
Figura 2 Geolocalización de la Ruta Bajo Antioquia desde Ciénaga de Oro



Fuente Google Maps y Elaboración propia

De acuerdo a lo que evidencia de la figura 2, el recorrido en kilómetros es de 282 kilómetros y un tiempo estimado de 4 horas y 54 minutos.

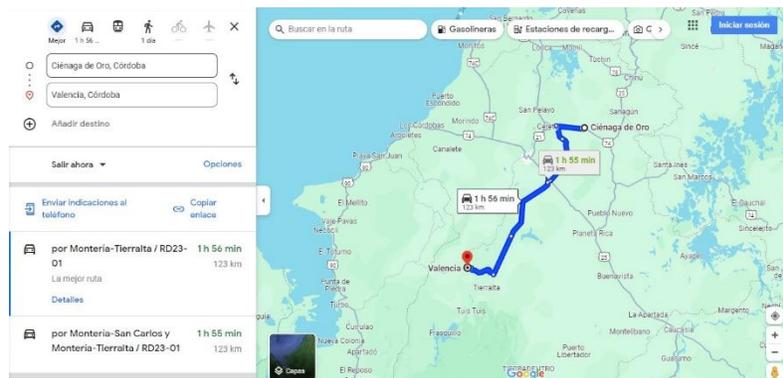
Figura 3 Geolocalización de la Ruta Vía Medellín desde Ciénaga de Oro



Fuente Google Maps y Elaboración propia

La figura 3, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 235 kilómetros y un tiempo estimado de 3 horas y 21 minutos.

Figura 4 Geolocalización de la Ruta Valencia desde Ciénaga de Oro

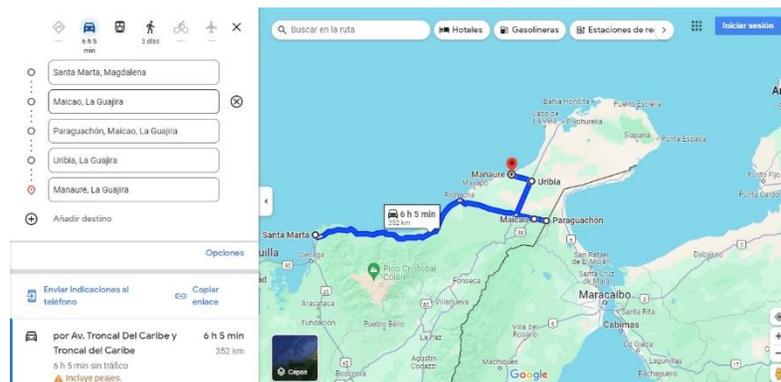


Fuente Google Maps y Elaboración propia

Por su parte, la figura 4, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 123 kilómetros y un tiempo estimado de 1 hora y 56 minutos.

Otras de las rutas, que se estableció como punto crítico, pertenecía a la de la Base de Operaciones de Santa Marta, tal como lo muestra la figura 5, ya que inicialmente recorría los siguientes municipios: Valledupar, Maicao, Paraguachón, Uribia y Manaure.

Figura 5 Geolocalización de la Ruta Santa Marta – Maicao – Paraguachón – Uribia – Manaure



Fuente Google Maps y Elaboración propia

La figura 5, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 352 kilómetros y un tiempo estimado de 6 hora y 5 minutos.

3.1.5 Ineficiencias

Con relación a las ineficiencias, consideramos que el procedimiento de programación de servicios para cada cliente sin tener en cuenta la ruta ideal, según costos operativos, kilometraje y tiempo, se traducía en pérdidas para la empresa. Al igual que, tener un precio estándar por servicio, sin tener en cuenta los costos a los que incurre cada vehículo por hora y por kilómetro recorrido.



Habiendo cumplido el análisis, que nos permitió alcanzar de manera satisfactoria con el primer objetivo específico, a continuación, se podrá evidenciar la propuesta en la mejora de las rutas a través del uso de una herramienta geo-referencial.

3.2 Evaluar la mejora de las Rutas

Después de realizado el análisis, teniendo en cuenta los aspectos relevantes, se propone, para el cumplimiento del segundo objetivo específico, una estructura de rutas mejoradas para contribuir con la eficiencia operativa y la rentabilidad para la compañía.

En primer lugar, se definió una clasificación de los municipios por kilómetros, lo que permitió establecer la tarifa de cada servicio.

Tabla 9 Clasificación de los municipios por kilómetros

CIUDAD PRINCIPAL	CAPITALES BASE (OP)
PERIFERIA	DESDE 10 KM a 39 KM
LEJOS	DESDE 40 KM a 89 KM
ESPECIAL	DESDE 90 KM a 160 KM
UMD	DE 161 KM en adelante

Fuente. Propia de los Autores

Seguidamente, haciendo el mismo ejercicio de la geo-referenciación, pero desde otra Base de Operaciones (Montería), podemos encontrar cambios significativos tanto en el tiempo como en el kilometraje, lo que favorece a los criterios tomados como base para esta investigación.

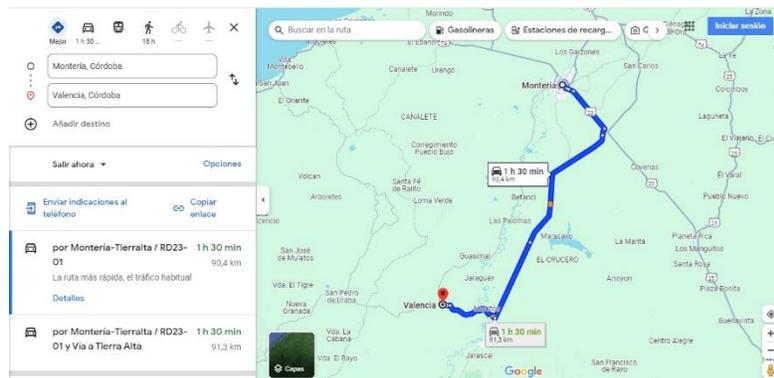
3.2.1 Ruta Bajo Antioquia

Fuente Google Maps y Elaboración propia

La figura 7, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 205 kilómetros y un tiempo estimado de 3 horas y 1 minutos. Esto indica que la propuesta de cambio de Base Operativa, nos permitiría disminuir 30 kilómetros al recorrido y 20 minutos al tiempo del trayecto (compararlo con figura 3).

3.2.3 Ruta Valencia

Figura 8 Geolocalización de la Ruta Valencia desde Montería

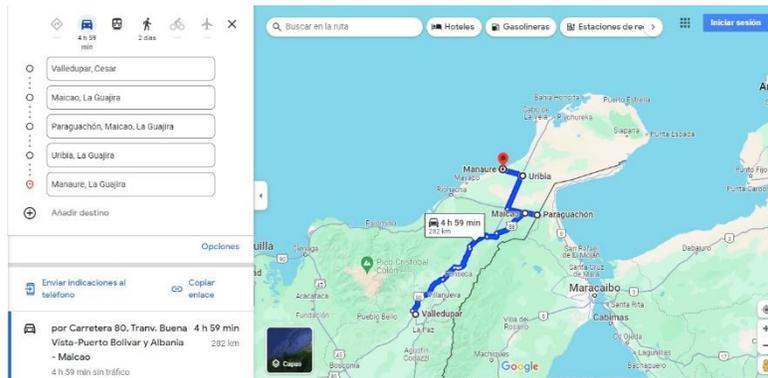


Fuente Google Maps y Elaboración propia

Por su parte, la figura 8, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 90 kilómetros y un tiempo estimado de 1 hora y 30 minutos. Lo que nos permitiría mejorar esta ruta, con una diferencia de 33 kilómetros menos de recorrido y 26 minutos menos de tiempo en el trayecto (compararlo con figura 4).

3.2.4 Ruta Valledupar – Manaure

Figura 9 Geolocalización de la Ruta Valledupar – Maicao –
Paraguachón, Uribia, Manaure



Fuente Google Maps y Elaboración propia

La figura 9, nos demuestra que el recorrido en kilómetros es de 282 kilómetros y un tiempo estimado de 4 horas y 59 minutos. Esto indica que la propuesta de cambio de Base Operativa, nos permitiría disminuir 70 kilómetros al recorrido y un poco más de 1 hora al tiempo del trayecto (comparar con figura 5).

Con estas nuevas rutas propuestas, se cumple el segundo objetivo específico, y nos brinda las bases para conseguir el cumplimiento del tercer y último objetivo específico.



3.3 Evaluación del Impacto económico de los cambios propuestos

Para evaluar el impacto económico de la estandarización de rutas, realizamos un análisis de costos para determinar el ahorro potencial en gastos operativos, comparando los costos operativos antes y después de la implementación de la propuesta de las nuevas rutas.

3.3.1 Kilometraje antes y después de la propuesta del cambio de Base de Operación de Ciénaga de Oro a Montería

Tabla 10 Comparativa Kilometraje Base Operativa Ciénaga y Base Operativa Montería

MUNICIPIOS	CLIENTES	BASE CIENAGA DE ORO		BASE MONTERIA		DIFERENCIA KM	19	\$	9.800	RENDIMIENTO POR GALON 19 KILOMETROS GALON
		MUNICIPIOS	KM -IDA Y VUELTA	MUNICIPIOS	KM -IDA Y VUELTA					
Apartadó	5	Apartadó	508	Apartadó	436	-72	-4	-\$	37.137	
Arboletes	1	Arboletes	210	Arboletes	138	-72	-4	-\$	37.137	
Ayapel	1	Ayapel	342	Ayapel	286	-56	-3	-\$	28.884	
Buenavista	1	Buenavista	212	Buenavista	156	-56	-3	-\$	28.884	
Carepa	3	Carepa	542	Carepa	472	-70	-4	-\$	36.105	
Caucasia	4	Caucasia	300	Caucasia	244	-56	-3	-\$	28.884	
Cereté	4	Cereté	38	Cereté	44	6	0	\$	3.095	
Chigorodó	2	Chigorodó	564	Chigorodó	492	-72	-4	-\$	37.137	
Ciénaga de Oro	1	Ciénaga de Oro	5	Ciénaga de Oro	84	79	4	\$	40.747	
Cotorra	1	Cotorra	84	Cotorra	96	12	1	\$	6.189	
Guaranda	1	Guaranda	370	Guaranda	450	80	4	\$	41.263	
La Apartada	1	La Apartada	264	La Apartada	208	-56	-3	-\$	28.884	
Lorica	3	Lorica	120	Lorica	130	10	1	\$	5.158	
Majagual	1	Majagual	340	Majagual	450	110	6	\$	56.737	
Montelibano	2	Montelibano	328	Montelibano	232	-96	-5	-\$	49.516	
Montería	26	Montería	74	Montería	20	-54	-3	-\$	27.853	
Moñitos	1	Moñitos	216	Moñitos	252	36	2	\$	18.568	
Nechí	1	Nechí	392	Nechí	362	-30	-2	-\$	15.474	
Necoclí	1	Necoclí	366	Necoclí	294	-72	-4	-\$	37.137	
Planeta Rica	2	Planeta Rica	164	Planeta Rica	108	-56	-3	-\$	28.884	
Pueblo Nuevo	1	Pueblo Nuevo	106	Pueblo Nuevo	134	28	1	\$	14.442	
Puerto Libertador	1	Puerto Libertador	364	Puerto Libertador	308	-56	-3	-\$	28.884	
San Bernardo	1	San Bernardo	164	San Bernardo	192	28	1	\$	14.442	
San Juan de Urabá	1	San Juan de Urabá	246	San Juan de Urabá	174	-72	-4	-\$	37.137	
San Marcos	2	San Marcos	166	San marcos	256	90	5	\$	46.421	
San Pedro de Uraba	1	San Pedro de Uraba	554	San Pedro de Uraba	494	-60	-3	-\$	30.947	
San Pelayo	1	San Pelayo	56	San Pelayo	68	12	1	\$	6.189	
Tarazá	1	Tarazá	420	Tarazá	364	-56	-3	-\$	28.884	
Tierralta	2	Tierralta	228	Tierralta	164	-64	-3	-\$	33.011	
Turbo	3	Turbo	458	Turbo	386	-72	-4	-\$	37.137	
Valencia	1	Valencia	246	Valencia	182	-64	-3	-\$	33.011	
Zaragoza	1	Zaragoza	470	Zaragoza	412	-58	-3	-\$	29.916	
Total general	78	Total general	8917	Total general	8088	-829		-\$	427.589	

Fuente. Propia de los Autores

La tabla 3, nos muestra un comparativo del kilometraje total de recorrido ida y vuelta de cada uno de los 32 municipios, desde la Base de Operaciones de Ciénaga de Oro y la propuesta del cambio de Base de Operaciones desde Montería, lo que refleja:

- Una disminución considerable de 829 kilómetros en recorrido.
- 21 de los 32 municipios evidencia más cercanía desde la Base de Operaciones de Montería, en comparación con la Base de Operaciones de Ciénaga de Oro.
- Teniendo en cuenta el costo del galón de combustible, se aprecia un ahorro de dinero, en la totalidad de los kilómetros recorridos desde una Base de Operaciones a otra.

3.3.2 Kilometraje antes y después de la propuesta del cambio de ruta Valencia, teniendo como salida Base de Operación Montería

Tabla 11 Comparativa Kilometraje base Operativa Santa Marta y Base Operativa Valledupar

MUNICIPIOS	CLIENTES	BASE SANTA MARTA		BASE VALLEDUPAR		DIFERENCIA KM	19	\$ 9.800
		MUNICIPIOS	KM -IDA Y VUELTA	MUNICIPIOS	KM -IDA Y VUELTA			
Maicao	4	Maicao	500	Maicao	360	-140	-7	72.211
Paraguachon	1	Paraguachon	524	Paraguachon	384	-140	-7	72.211
Uribia	1	Uribia	538	Uribia	416	-122	-6	62.926
Manaure Guajira	1	Manaure Guajira	492	Manaure Guajira	454	-38	-2	19.600
Total general	7	Total general	2054	Total general	1614	-440	-2	226.947

Fuente. Propia de los Autores



La tabla 4, nos muestra un comparativo del kilometraje total de recorrido ida y vuelta de cada uno de los 4 municipios, desde la Base de Operaciones de Santa Marta y la propuesta del cambio de Base de Operaciones desde Valledupar, lo que nos deja ver:

- Una disminución considerable de 440 kilómetros en recorrido.
- Los 4 municipios que conforman este trayecto, evidencian más cercanía desde la Base de Operaciones de Valledupar, en comparación con la Base de Operaciones que la realizaba, Santa Marta.
- Teniendo en cuenta el costo del galón de combustible, se aprecia un ahorro de dinero, en la totalidad de los kilómetros recorridos desde una Base de Operaciones a otra.

3.3.3 Tiempo

Tabla 12 Comparativa Tiempo Base Operativa Ciénaga de Oro y Base Operativa Montería

MUNICIPIOS	CLIENTES	BASE CIENAGA DE ORO		BASE MONTERIA		DIFERENCIA TIEMPOS (HORAS)	\$ 19.178	\$ 30.472
		MUNICIPIOS	TIEMPOS TRAYECTOS (IDA & VUELTA)	MUNICIPIOS	TIEMPOS TRAYECTOS (IDA & VUELTA)		COSTO MANO OBRA (2) TECNICOS (HORA) \$ 19.178	COSTO VEHICULO (HORA) \$ 30.472
Apartadó	5	Apartadó	9,5	Apartadó	8	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Arboletes	1	Arboletes	3,5	Arboletes	2,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Ayapel	1	Ayapel	5,5	Ayapel	4,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Buenavista	1	Buenavista	3	Buenavista	2,5	-0,5	-\$ 9.589	-\$ 15.236
Carepa	3	Carepa	10	Carepa	8,5	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Caucasia	4	Caucasia	4,5	Caucasia	4	-0,5	-\$ 9.589	-\$ 15.236
Cereté	4	Cereté	1	Cereté	1	0,0	\$ -	\$ -
Chigorodó	2	Chigorodó	10,5	Chigorodó	9	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Ciénaga de Oro	1	Ciénaga de Oro	0,5	Ciénaga de Oro	1,5	1,0	\$ 19.178	\$ 30.472
Cotorra	1	Cotorra	1,5	Cotorra	2	0,5	\$ 9.589	\$ 15.236
Guaranda	1	Guaranda	6,5	Guaranda	8	1,5	\$ 28.767	\$ 45.708
La Apartada	1	La Apartada	4	La Apartada	4	0,0	\$ -	\$ -
Lorica	3	Lorica	2	Lorica	2,5	0,5	\$ 9.589	\$ 15.236
Majagual	1	Majagual	6	Majagual	8	2,0	\$ 38.356	\$ 60.944
Montelíbano	2	Montelíbano	6	Montelíbano	3,5	-2,5	-\$ 47.945	-\$ 76.180
Montería	26	Montería	1,5	Montería	1	-0,5	-\$ 9.589	-\$ 15.236
Moñitos	1	Moñitos	4,5	Moñitos	5,5	1,0	\$ 19.178	\$ 30.472
Nechí	1	Nechí	7,5	Nechí	6,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Necoclí	1	Necoclí	6,5	Necoclí	5,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Planeta Rica	2	Planeta Rica	2,5	Planeta Rica	1,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Pueblo Nuevo	1	Pueblo Nuevo	2	Pueblo Nuevo	2	0,0	\$ -	\$ -
Puerto Libertador	1	Puerto Libertador	6	Puerto Libertador	5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
San Bernardo	1	San Bernardo	3,5	San Bernardo	4,5	1,0	\$ 19.178	\$ 30.472
San Juan de Urabá	1	San Juan de Urabá	4,5	San Juan de Urabá	3	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
San Marcos	2	San Marcos	2,5	San Marcos	4	1,5	\$ 28.767	\$ 45.708
San Pedro de Urabá	1	San Pedro de Urabá	12,5	San Pedro de Urabá	10,5	-2,0	-\$ 38.356	-\$ 60.944
San Pelayo	1	San Pelayo	1	San Pelayo	1,5	0,5	\$ 9.589	\$ 15.236
Taráz	1	Taráz	5,5	Taráz	6	0,5	\$ 9.589	\$ 15.236
Tierralta	2	Tierralta	3,5	Tierralta	2,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Turbo	3	Turbo	8,5	Turbo	7,5	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Valencia	1	Valencia	4	Valencia	3	-1,0	-\$ 19.178	-\$ 30.472
Zaragoza	1	Zaragoza	7	Zaragoza	6,5	-0,5	-\$ 9.589	-\$ 15.236
Total general		Total general		Total general		-11,5	-\$ 220.547	-\$ 350.428

Fuente. Propia de los Autores

Por su lado, la tabla 5, nos muestra un comparativo del tiempo total empleado en cubrir el recorrido ida y vuelta de cada uno de los 32 municipios, desde la Base de Operaciones de Ciénaga de Oro y la propuesta del cambio de Base de Operaciones desde Montería, lo que refleja:

- Una disminución considerable de 11 horas y media en la totalidad del recorrido.
- Disminución en el costo de mano de obra de los dos técnicos que cubren cada cliente.
- Ahorro en el costo del vehículo, teniendo en cuenta, además de la disminución del kilometraje, la disminución del tiempo empleado en los traslados.

Tabla 13 Comparativa Tiempos base Operativa Santa Marta y Base Operativa Valledupar

		BASE SANTA MARTA		BASE VALLEDUPAR			\$ 19.178	\$ 30.472
MUNICIPIOS	CLIENTES	MUNICIPIOS	TIEMPOS TRAYECTOS (IDA & VUELTA)	MUNICIPIOS	TIEMPOS TRAYECTOS (IDA & VUELTA)	DIFERENCIA TIEMPOS (HORAS)	COSTO MANO OBRA (2) TÉCNICOS (HORA) \$ 19.178	COSTO VEHICULO (HORA) \$ 30.472
Maicao	4	Maicao	8	Maicao	6,5	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Paraguachon	1	Paraguachon	8,5	Paraguachon	7	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Uribia	1	Uribia	8,5	Uribia	7	-1,5	-\$ 28.767	-\$ 45.708
Manaure Guajira	1	Manaure Guajira	8,5	Manaure Guajira	8	-0,5	-\$ 9.589	-\$ 15.236

Fuente. Propia de los Autores

3.3.4 Ingreso Potencial

Con relación al ingreso potencial que puede tener la organización, para lograr rentabilidad, deberán tener en cuenta al momento de programar un servicio de cara al cliente, lo siguiente:



- Clasificación de Municipios por kilómetros (ver tabla 2).
- Costo Mano de obra de cada técnico
- Costo de Vehículo por hora

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta la propuesta de cambio de Base Operacional para las anteriormente mencionadas rutas y trayectos, se propuso las siguientes tarifas, que mejorarían la rentabilidad de la empresa y lograrían una mejora considerable en la red de transporte de la empresa especializada en higiene industrial.

Tabla 14 Tarifa propuesta para Servicio de Trampas de Grasas

CLASIFICACIÓN DE TIENDAS POR UBICACIÓN Y MEDIDA	PRECIO TG	CANTIDAD DE TIENDAS	FACTURACIÓN
CIUDAD PRINCIPAL	\$ 305.887	179	\$ 54.753.773
PERIFERIA	\$ 321.985	26	\$ 8.371.610
LEJOS	\$ 402.482	42	\$ 16.904.244
ESPECIALES	\$ 419.650	42	\$ 17.625.300
UMD	\$ 574.448	53	\$ 30.445.744
		344	\$ 129.337.803

Fuente. Propia de los Autores

Tabla 15 Tarifa propuesta para Servicio de Pozas Sépticas

CAP M3 POZA SEP	CANTIDAD DE TIENDAS	PRECIO PS
4	7	\$ 655.474
10	19	\$ 1.638.686
12	5	\$ 1.966.423
18	1	\$ 2.949.634
20	1	\$ 2.949.634
30	1	\$ 2.949.634
	34	

Fuente. Propia de los Autores

4 Resultados y Análisis

A continuación, se presenta una síntesis de los hallazgos más relevantes identificados a través de los resultados obtenidos. En las tablas 10, 11, 12 y 13 se observan las mejoras significativas de los cambios de Base Operacionales para cuatro rutas en concreto.

Las mejoras significativas se evidencian en dos aspectos fundamentales para la logística en general de la empresa especializada en higiene industrial y particularmente para la red de transporte, a saber: kilometraje, tiempo, lo que genera como resultado, una mejora en los costos operativos.

Las propuestas que se generaron en los aspectos de kilometraje y tiempo, fueron: mover una de las Bases de Operaciones (Ciénaga de Oro – Montería), y la segunda fue, reasignar un recorrido a otra base de operaciones (Alta Guajira, que anteriormente se ejecutaba desde la Base de Operaciones Santa Marta, se asignó a la Base de Operaciones Valledupar).

La propuesta, generó un impacto en cuanto al ahorro de los costos operativos, relacionados con: consumo de combustible y reducción de costos de mano de obra en relación al tiempo empleado para ejecutar la operación.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta dentro de la propuesta de mejora, fue el de estandarizar el precio de los servicios, teniendo en cuenta la clasificación de los municipios por kilómetros (ver tabla 9 y 14).

Con base en los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, se propone algunas recomendaciones a la empresa para continuar con la mejora en su red de transporte. Si las rutas fueron mejoradas con el simple hecho de usar la geolocalización, ¿Cuánto más podrían hacerlo con la implementación de modelos matemáticos?



De este estudio también podemos establecer que para que la prestación de los servicios de la empresa sea rentable, es necesario que el área operativa tenga en cuenta que cada uno de los clientes a los que se le programan servicios, estén dentro de las rutas establecidas y al área comercial, que ofrezca los servicios de acuerdo a las tarifas propuestas y teniendo como base la clasificación de los municipios por kilómetros.

5 Referencias

Aranda, & Jimenez. (2012). *OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE*. España.

Arango Serna, M. D., Moreno, S. R., Ortiz Vásquez, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Ingeniare*, Vol 25.

BARCOS REDÍN, L. (2023). *Optimización de rutas de transporte de carga de muchos orígenes a muchos destinos mediante colonias de hormigas*. Madrid.

Bermeo Muñoz, E. A., & Calderón Sotero, J. H. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El hombre y la Máquina*, vol 32.

Calderón, Rodríguez, & Molano. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El Hombre y la Máquina*, 52-67.

Castro Fino, M. (2012). *ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO LOGÍSTICO DE DISTRIBUCIÓN DE PONQUÉ RAMO DE ANTIOQUIA S.A.* Medellín.

León Hurtado, J. A. (2018). *Optimización de rutas de transporte de una institución educativa*. Quito: Quito: Universidad de las Américas, 2018.

López Castillo, I. D. (2021). *PROPUESTA DE LA CONFIGURACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA DE PRODUCTOS FARMACEÚTICOS BAJO LOS CRITERIOS DE COSTOS Y TIEMPOS DE RESPUESTA*. Bogota.

Lostanau Nuñez, L., & Villaverde, N. (2021). *Propuesta de mejora en las operaciones para el cumplimiento de tiempos de entrega en el servicio de una empresa de transporte de carga multimodal a través del diseño de rutas y metodología BPM*. Peru.

Mafla, I., & Escobar, J. W. (2015). Rediseño de una red de distribución para un grupo de empresas que pertenecen a un holding multinacional considerando variabilidad en la demanda. *Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, Vol 30.

Montoya, L. M., & Mendo, J. I. (2018). *APLICACIÓN DEL CICLO DEMING PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE TRUJILLO*. Trujillo.



PINTO, M., & FELIPE, R. (2016). *REDISEÑO DE PROCESOS LOGÍSTICOS DE MEDICAMENTOS REFRIGERADOS EN UNA CADENA FARMACÉUTICA PARA ASEGURAR LA CADENA DE FRÍO*. Santiago de Chile.

RIPE, L. V. (2015). *PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL PROCESO LOGÍSTICO DE TRANSPORTE Y ENTREGA DE LOS PRODUCTOS COMERCIALIZADOS POR LA COMPAÑÍA CCENECA COMERCIAL LTDA.* . Bogota.

Solistica. (2018). ¿Qué debes considerar al diseñar una red de distribución? *Solistica*.

Tataje, & Montenegro. (2015). *OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE EN LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE EQUIPOS CELULARES DE UN OPERADOR LOGÍSTICO EN LA CIUDAD DE LIMA- PERÚ*. Lima.

Valderrama, B., García, M., & Padilla, S. (2020). Análisis de los procesos logísticos, para el diseño de métodos. *Investigación y*, 70-79.