

## Propuesta de mejora del proceso logístico a través de la aplicación de una heurística de ruteo para el reparto de medicamentos en el área metropolitana de Medellín en la empresa Laffe S.A.S.

Improvement proposal of the logistic process through the Application of a Routing Heuristic for medication distribution in the metropolitan area of Medellin at Laffe S.A.S.

**Jhon Stiven Areiza Chavarria**

jhareiza@poligran.edu.co

Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano (IUPG)

Ingeniería industrial

Facultad de Ingeniería Diseño e Innovación

**Tutor**

Albeiro Hernán Suárez Hernández

**Cotutor**

Mauricio Gómez Vásquez

*Recepción:* 21 de Julio de 2023

*Aceptación:* 21 de Julio de 2023

### Resumen

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la eficiencia del proceso de ruteo para el reparto de medicamentos en la empresa logística Laffe S.A.S., ubicada en Medellín, Colombia. La meta principal consiste en optimizar la utilización del tiempo y maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles. Para lograr una operación logística óptima y brindar un servicio confiable y de calidad a los clientes, se hará hincapié en la planificación anticipada, la programación eficiente de los vehículos y la distribución estratégica mediante zonificación.

El problema detectado en el proceso radica en la unificación de las órdenes de entrega, donde el líder de operaciones asigna subjetivamente una capacidad estimada a cada ruta de entrega, basándose en su criterio y experiencia. Esto depende del conocimiento específico de la nomenclatura por parte de los colaboradores y puede resultar en ineficiencias operativas. El propósito de este proyecto es optimizar las rutas de entrega a través de la aplicación de un heurístico basado en un algoritmo implementado en un documento de Google Sheets. Esta aproximación aprovecha las funciones de manipulación de coordenadas y direcciones proporcionadas por Google Maps, lo que permite crear rutas secuenciales para la planificación de itinerarios y obtener información valiosa sobre la distancia y el tiempo estimado de cada segmento del recorrido.

Se espera que la aplicación de esta metodología mejore diversos aspectos del proceso logístico, incluyendo la eficiencia en el uso de recursos, la reducción de tiempos de entrega, una mayor capacidad de respuesta, "Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA".

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

la mejora en la productividad y la satisfacción del cliente. Para alcanzar estos objetivos, será fundamental basar las decisiones en datos y análisis en lugar de depender únicamente del conocimiento empírico. La recopilación y análisis de datos relevantes, combinados con la aplicación de algoritmos de enrutamiento, como el Problema del Agente Viajero (TSP), permitirán asignar capacidades de manera más eficiente a las rutas, minimizando distancias, tiempos y costos.

### Palabras clave

Heurística de ruteo, Proceso logístico, Zonificación, Mejoramiento de procesos, Reparto de medicamentos

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo implementar mejoras en las líneas de negocio Laffe Express y Laffe InHouse de la empresa Laffe S.A.S, una empresa de transporte de carga con sede principal en Medellín, Colombia, que se destaca por su vasta experiencia de más de 40 años en el sector y por ofrecer soluciones logísticas personalizadas con altos estándares de seguridad. Transportes Laffe S.A.S se compone de tres líneas de negocio: Laffe Cargo, Laffe Express y Laffe InHouse. La primera línea, Laffe Cargo, se especializa en el transporte terrestre de carga pesada, contando con una moderna flota de vehículos que incorpora tecnología avanzada para mitigar riesgos viales y preservar el medio ambiente. La segunda, Laffe Express, ofrece servicios multimodales de transporte, paquetero urbano y regional, así como soluciones de carga masiva, abarcando diversos sectores, entre ellos el sector salud donde se realizará el presente proyecto. Por último, Laffe InHouse brinda soluciones logísticas personalizadas, incluyendo el diseño de rutas eficientes, distribución urbana, regional y nacional, y consultoría especializada para la optimización de modelos costo-eficientes.

El enfoque de este proyecto se centra en las líneas de negocio Laffe Express y Laffe InHouse, debido a que la alta dirección de la empresa ha identificado debilidades en estas áreas. Estas debilidades están relacionadas con la optimización del uso de los recursos disponibles y el cumplimiento de entregas efectivas y en grandes volúmenes, además de la alta dependencia de la experiencia del profesional encargado de la zonificación y ruteo para el reparto de productos en la zona metropolitana de Medellín. Para superar estas limitaciones, se propone implementar una heurística que permitan realizar la

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

zonificación y el enrutamiento de manera eficiente, reduciendo la dependencia exclusiva de la experiencia del responsable de esta labor. La implementación de esta solución tecnológica en las líneas de negocio seleccionadas tiene un impacto significativo en la eficiencia operativa de Transportes Laffe S.A.S. Con esta propuesta se busca mejorar la asignación de recursos, optimizar las rutas de entrega y aumentar la cantidad de entregas efectivas. Con la adopción de la heurística propuesta, cualquier colaborador dentro de la empresa podrá llevar a cabo tareas de zonificación y enrutamiento de manera eficiente y precisa.

La ingeniería industrial juega un papel fundamental en la implementación de estas mejoras, permitiendo la aplicación de técnicas y metodologías para el análisis y mejora de procesos logísticos, maximizando la eficiencia y optimizando el uso de recursos, y así contribuyendo al crecimiento y consolidación de Transportes Laffe S.A.S en el mercado.

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El proceso se inicia en una tarde determinada, donde el líder del área de operaciones realiza solicitudes de mercancía a los clientes con el propósito de planificar y programar las flotas. Al día siguiente, los conductores de flota se dirigen a cada cliente para recolectar y transportar la mercancía desde el centro de distribución (CD) LAFFE. Posteriormente, el líder de operaciones se enfrenta al desafío de unificar todas las órdenes de compra, las cuales contienen información relacionada con las direcciones de entrega de cada uno de los destinos (D) previstos. Dado que el líder posee un conocimiento empírico de la nomenclatura utilizada, procede a realizar un enrutamiento utilizando su criterio y experiencia. En este proceso, se asigna de manera subjetiva una capacidad estimada a cada ruta, basándose en observaciones visuales y sin utilizar un enfoque sistemático. La problemática a abordar en este proyecto es la ineficiencia en el proceso de ruteo para el reparto de medicamentos. Dependiendo del conocimiento específico de la nomenclatura por parte de los colaboradores, puede llevar a ineficiencias operativas, inexactitudes en la planificación de itinerarios y subutilización de los recursos disponibles.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

Además, se ha identificado una limitación en la cantidad de entregas efectivas y en grandes cantidades, lo que afecta la satisfacción del cliente y la productividad del proceso logístico en ambas líneas de negocio. La falta de una metodología objetiva y tecnológica para realizar la zonificación y el enrutamiento adecuado de los vehículos de transporte contribuye a esta problemática.

## OBJETIVO GENERAL:

Proponer una mejora del proceso logístico a través de la aplicación de una heurística de ruteo para el reparto de medicamentos en el área metropolitana de Medellín en las líneas de negocio Laffe Express y Laffe InHouse de la empresa Laffe S.A.S.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar una revisión bibliográfica de las diferentes heurísticas disponibles en el proceso logístico de ruteo como base para la propuesta de mejoramiento.
- Recopilar información y diagnosticar el proceso logístico de ruteo para la entrega de medicamentos que permita determinar aspectos críticos del proceso y definir la línea base de la mejora.
- Actualizar los perfiles de cargo del personal logístico ajustando las funciones y responsabilidades para garantizar evaluación de desempeño ajustada a la mejora propuesta.
- Diseñar una heurística que permita mejorar la zonificación de las rutas con el fin de disminuir el tiempo total de entrega de medicamentos en cada ruta y por ende maximizar el nivel de servicio al cliente.

## JUSTIFICACIÓN

La optimización de las rutas de despacho en una operación logística reviste una gran importancia, ya que es fundamental para garantizar la eficiencia en el uso de recursos, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente. Mediante la implementación de una aproximación basada en datos y análisis, se pretende “Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

superar las limitaciones inherentes al conocimiento empírico, asegurando una toma de decisiones fundamentada en información relevante y precisa. La utilización de algoritmos de enrutamiento para resolver el problema del Agente Viajero (TSP), permitirá una planificación más efectiva y precisa de las rutas, teniendo en cuenta múltiples variables y restricciones para alcanzar soluciones óptimas en términos de distancias, tiempos y costos. Esta optimización de las rutas y tiempos de entrega se logra mediante el uso de herramientas tecnológicas, como Google Sheets, Google Maps y Google Cloud Platform (GCP), lo que asegura una planificación más eficiente y puntualidad en las entregas, mejorando la experiencia del cliente y consolidando la confianza en la empresa.

La implementación de esta metodología objetiva y sistematizada para la zonificación y enrutamiento de entregas permite una mayor capacidad de transporte de mercancías y una maximización del número de entregas realizadas en un lapso determinado, incrementando así la productividad y la satisfacción de los clientes. Además, el uso de herramientas tecnológicas brinda mayor confiabilidad y trazabilidad a las operaciones, permitiendo un seguimiento detallado de cada etapa del proceso logístico y una rápida resolución de eventuales inconvenientes. Con el respaldo del análisis de datos, la automatización del proceso de zonificación y enrutamiento reduce la dependencia en el conocimiento individual y experiencia de los colaboradores, asegurando una mayor estabilidad operativa y continuidad del servicio. La información precisa generada por estas herramientas facilita la toma de decisiones estratégicas, al permitir la identificación de tendencias, patrones y áreas de mejora, garantizando así una mejora continua en las operaciones y una ventaja competitiva en el dinámico y cada vez más exigente sector logístico.

La implementación de esta propuesta de mejora del proceso logístico a través de una heurística de ruteo es esencial para optimizar la operación de las líneas de negocio de Laffe Express y Laffe InHouse en Transportes Laffe S.A.S. La ingeniería industrial será la base para aplicar estas mejoras, permitiendo una planificación y ejecución más efectiva de las rutas, y contribuyendo significativamente a la eficiencia, productividad y satisfacción del cliente en nuestro servicio de transporte de carga.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

## MÉTODOLOGÍA

La metodología empleada en este proyecto sigue un enfoque cuantitativo para abordar la mejora del proceso de distribución de medicamentos dentro de las operaciones logísticas de Laffe S.A.S. El estudio tiene como objetivo maximizar la eficiencia y la utilización de recursos a través de la aplicación de una heurística de ruteo. Esta metodología se considera cuantitativa debido a su enfoque en la recopilación y análisis de datos numéricos y la utilización de algoritmos matemáticos para la toma de decisiones y la mejora de las rutas de distribución. La recolección y análisis de datos relevantes permiten una comprensión objetiva de las características y tendencias del proceso logístico, mientras que la implementación de una secuencia de pasos (heurística) que permita determinar la zonificación y ruteo de entregas proporciona soluciones basadas en cálculos numéricos para determinar las rutas más eficientes, sin depender de la experiencia de un colaborador sino del seguimiento de un protocolo estándar para la zonificación y ruteo. Además, el enfoque cuantitativo se ve reforzado por la integración de herramientas tecnológicas de la suite de Google que facilitan el manejo de datos y la planificación de rutas de manera precisa y cuantificable. La evaluación de indicadores clave de desempeño, como tiempos de entrega y cantidad de entregas, también se basa en datos numéricos medibles, lo que brinda una base objetiva para la toma de decisiones y la evaluación de resultados. A continuación, se muestran las etapas del proyecto y posteriormente se listan las actividades realizadas en cada fase del mismo.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I



*Imagen 1: Metodología del Proyecto – Fases de Implementación  
Fuente: elaboración propia*

### **I. Revisión bibliográfica**

- Realizar búsqueda en la literatura de las heurísticas de ruteo y proyectos similares.
- Evaluar las ventajas, desventajas y aplicabilidad de cada heurística investigada.
- Analizar las características relevantes de la heurística requerida.

### **II. Recopilación de información y diagnóstico**

- Recolectar datos relevantes sobre el proceso logístico actual para la entrega de medicamentos
- Identificar aspectos críticos y áreas de mejora en el proceso logístico.
- Establecer una línea base que permita medir y comparar el impacto de la mejora propuesta

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

### III. Actualización de perfiles de cargo

- Evaluar los perfiles de cargo del personal logístico actual y determinar las funciones y responsabilidades necesarias para implementar la mejora propuesta.
- Ajustar los perfiles de cargo según los nuevos requerimientos y establecer criterios de evaluación de desempeño alineados con la mejora del proceso logístico.

### IV. Diseño de la heurística de ruteo

- Utilizar los conocimientos adquiridos en la revisión bibliográfica y el diagnóstico del proceso logístico para diseñar una heurística adaptada a las necesidades propias de Laffe Express y Laffe InHouse.
- Definir criterios y restricciones específicos para la asignación de rutas y zonas de entrega de medicamentos.
- Validar y ajustar la heurística a través de pruebas y simulaciones para garantizar su eficacia y eficiencia en la mejora del tiempo de entrega y el nivel de servicio al cliente.

### V. Informe final y recomendaciones

- Proponer la heurística de ruteo diseñada en el sistema de gestión logística.
- Realizar un seguimiento continuo del proceso logístico mejorado, recopilando datos y evaluando indicadores clave de desempeño, como el tiempo de entrega, la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa.
- Comparar los resultados obtenidos con la línea base establecida, analizando el impacto de la mejora y realizando ajustes adicionales.

## RESULTADOS

Para la presentación de los resultados del proyecto se mantendrá la estructura de la metodología, a continuación, se muestran las principales evidencias del desarrollo y aplicación de herramientas ingenieriles al logro de los objetivos planteados.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.



<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

## I. Revisión bibliográfica

El objeto de un problema de optimización combinatoria es encontrar la solución  $x$  que minimiza o maximiza la función objetivo  $Z$ , donde  $S$  es un conjunto grande pero finito que representa espacio de soluciones,  $X$  es el conjunto de soluciones factibles,  $x$  es una solución factible y  $Z$  el valor real de la función objetivo. Existen dos tipos de algoritmos para abordar estos problemas, completos o aproximados. Los algoritmos completos garantizan que la solución dada es óptima para cada instancia de un problema combinatorio. Sin embargo, para los problemas de optimización combinatoria que son considerados NP-Hard, no existe un algoritmo completo que resuelva dicho problema en tiempo polinomial. Por otra parte, los algoritmos aproximados no aseguran que la solución encontrada sea la óptima global pero sí una solución de calidad en un tiempo mucho menor. De este último tipo normalmente se distinguen entre constructivos o de búsqueda local. En las últimas décadas han surgido nuevos algoritmos con el objetivo de explorar de manera eficiente el espacio de soluciones. Es aquí donde se introduce el término heurística, como un algoritmo de aproximación menos poderoso que una metaheurística, pero que puede generar buenos resultados en poco tiempo de procesamiento (Cabrera Martín, 2019).

El problema de ruteo puede ser abordado desde diferentes factores, restricciones o disponibilidad de recursos. (Serna Arango, Marín, & Urán Serna, 2019) realizaron una investigación para el escenario donde existe más de un depósito desde el cual se hacen los despachos, donde los clientes pueden tener demandas diferentes y donde se considera el uso de flota subcontratada, es decir, para los escenarios en que la demanda de los clientes puede superar la capacidad de los vehículos disponibles. Por lo anterior, en este trabajo se considera tanto el problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos, ruteo con restricciones de capacidad y el problema de ruteo con flota subcontratada. Dada la naturaleza combinatoria del problema de transporte ya que es una extensión del problema del agente viajero se propone el uso de técnicas metaheurísticas que van desde la construcción de una solución inicial, hasta una etapa de mejoramiento que permita encontrar la mejor solución posible.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

(Martín Cabrera, 2019) realiza una investigación donde busca la resolución del problema de ruteo y asignación de recursos disponibles de manera práctica y eficiente empleando varias técnicas metaheurísticas en instancias de diferentes tamaños. Con la implementación de las técnicas se busca obtener soluciones factibles al problema, al mismo tiempo que se realiza comparaciones entre las diferentes metaheurísticas a nivel práctico, contemplando de esta forma la calidad de las soluciones y el tiempo empleado por cada una de ellas en las distintas instancias.

(Francesc, Magín, & Estrada, 2003) realizaron un trabajo donde mencionan que se requiere la concepción de una nueva visión de la actividad del transporte, basada en operaciones y servicios, en la que la planificación y la gestión de los recursos son los puntos principales. Implica la aceptación y total integración de las nuevas tecnologías emergentes, sobre todo en el ámbito de la información y las comunicaciones, ya que son estas áreas de desarrollo las que conforman la ventaja competitiva requerida por la calidad de servicio que demandan los usuarios.

El método de reducción consiste en identificar propiedades que se cumplen mayoritariamente por las buenas soluciones e introducirlas como restricciones del problema. El objeto es restringir el espacio de soluciones simplificando el problema. El potencial riesgo es dejar fuera las soluciones óptimas del problema original (Cunquero, 2010).

(Gutiérrez & Sánchez, 2022) Aborda uno de los métodos clave para mejorar la eficiencia en la búsqueda de soluciones óptimas en el problema de ruteo, la cual consiste en emplear la técnica de reducción. Este enfoque se basa en la identificación de propiedades recurrentes que caracterizan a las buenas soluciones y luego incorporarlas como restricciones en el problema. El objetivo primordial es limitar el espacio de soluciones, simplificando así la complejidad del problema. La ventaja de esta abordaje consiste en que, al aplicar este enfoque, se busca enfocar esfuerzos en un conjunto más reducido y manejable de posibles soluciones, lo que permite una exploración más eficiente del espacio de búsqueda. Sin embargo, es crucial ser conscientes del riesgo inherente asociado a este método. Al restringir las soluciones a un subconjunto específico, existe la posibilidad de dejar fuera opciones óptimas que podrían haber sido alcanzadas en el problema original.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

El método de descomposición es uno de los enfoques más eficaces para abordar problemas combinatorios complejos, esta estrategia se basa en descomponer el problema original en una serie de subproblemas más sencillos de resolver, manteniendo siempre presente que estos forman parte integral del mismo problema global. El principio de descomposición permite dividir el problema en componentes más manejables, lo que facilita la resolución y análisis de cada parte de manera individual. Al enfocarse en subproblemas más simples, se pueden emplear estrategias específicas para cada uno, lo que lleva a una mayor eficiencia en la búsqueda de soluciones óptimas; la descomposición lagrangiana ofrece una forma eficaz de manejar problemas con múltiples restricciones al incorporar variables adicionales (llamadas variables duales) para representar las relaciones entre las restricciones. La ventaja de este método radica en que permite convertir un problema complejo en una serie de subproblemas más manejables, que pueden ser resueltos por separado y luego combinados para obtener la solución global. Sin embargo, la desventaja se debe a que, si bien los métodos de descomposición son altamente efectivos, también pueden presentar desafíos. La necesidad de garantizar la coherencia y cohesión entre los subproblemas es un factor crítico para considerar, ya que cada uno debe estar estrechamente relacionado con el problema general. Además, es esencial mantener una visión integral del problema, asegurándose de que las soluciones de cada subproblema se combinen de manera coherente para obtener una solución global óptima (Cunquero, 2010).

Los métodos constructivos emergen como una estrategia altamente efectiva, su característica distintiva radica en la construcción progresiva y paso a paso de una solución para el problema en cuestión. Estos métodos, en su mayoría deterministas, se basan en la elección óptima en cada iteración del proceso de construcción. La principal fortaleza de los métodos constructivos reside en su enfoque iterativo y gradual para abordar el problema, a través de la construcción paso a paso, se busca encontrar una solución que se acerque a la óptima, tomando decisiones fundamentadas en cada etapa del proceso. Al elegir las opciones más favorables en cada iteración, se logra conformar una solución coherente y adaptada al problema específico. La ventaja de este método es que es especialmente adecuado para problemas con restricciones y complejidades, ya que permiten una aproximación estructurada y guiada para la construcción de soluciones. La iteración y la toma de decisiones informadas en cada paso permiten

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

alcanzar resultados aceptables con una buena eficiencia en términos de tiempo y recursos. Por otro lado, las desventajas radica en que, si bien los métodos constructivos son poderosos y ampliamente utilizados, también pueden tener ciertas limitaciones. La solución obtenida puede no ser necesariamente la óptima, ya que depende de las elecciones realizadas en cada iteración. Por ende, se debe equilibrar cuidadosamente la velocidad de construcción con la calidad de la solución final (Cunquero, 2010).

Los métodos Inductivos destacan como una estrategia valiosa y eficiente, la esencia de estos métodos radica en la capacidad de generalizar propiedades o técnicas identificadas en casos más sencillos y fácilmente analizables, para luego aplicarlos al problema completo. La clave del éxito de los métodos inductivos radica en la habilidad para extraer información relevante de situaciones particulares y, a partir de esta, derivar conclusiones más amplias y aplicables al problema en su totalidad. Al identificar patrones, tendencias y relaciones en casos más manejables, se puede establecer reglas y principios generales que guíen la solución del problema global. La ventaja de este método es que permite adquirir un mayor conocimiento sobre el problema y su comportamiento, lo que a su vez capacita para encontrar soluciones más efectivas. Al abordar situaciones específicas de manera cuidadosa, se puede desarrollar una comprensión más profunda y detallada de las dinámicas y restricciones involucradas, lo que facilita el diseño de soluciones adaptadas y eficaces. Sin embargo, los métodos inductivos también plantean ciertos desafíos. La generalización efectiva requiere un análisis riguroso y la identificación precisa de patrones y relaciones relevantes. Además, la aplicación de principios generales al problema completo exige un enfoque cauteloso, ya que cada situación es única y puede presentar matices específicos (Cunquero, 2010).

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

## II. Recopilación de información y diagnóstico:

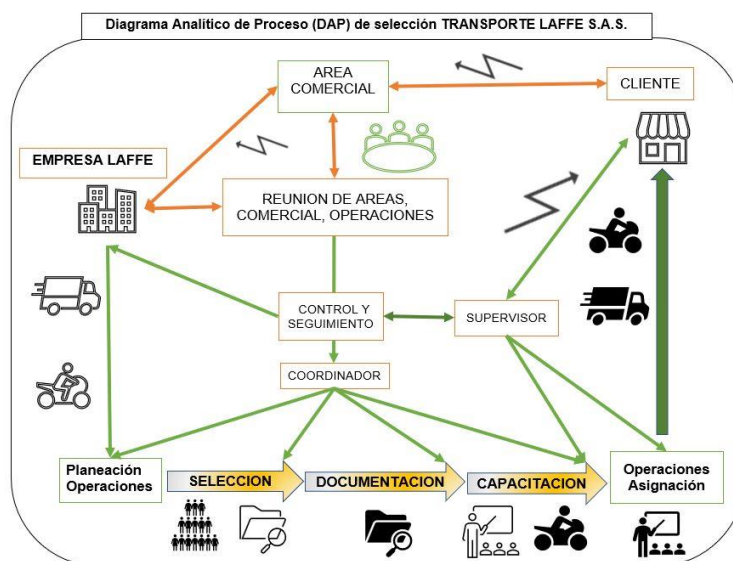


Imagen 2: Diagrama de análisis de proceso (DAP) del servicio motorizado y carry.

Fuente: elaboración propia

La Imagen 2 muestra el proceso de identificación del aumento de personal con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes. Todo comienza en el área comercial, donde se establece el primer contacto con los clientes y se realiza un informe detallado para conocer sus necesidades. En colaboración con la gerencia y dirección, se evalúa la viabilidad del servicio. Una vez que la gerencia y dirección aprueban el servicio, se lleva a cabo una prueba piloto con la supervisión del coordinador de operaciones. Tras finalizar la prueba piloto, se realiza una reunión para ajustar las condiciones operativas y se lleva a cabo una reunión final con el cliente, así como con los representantes de las áreas comercial, operaciones y dirección de Transportes Laffe. Durante esta reunión, se presentan atributos de valor y mejoras propuestas por el área de operaciones basadas en el conocimiento adquirido durante la prueba piloto. Una vez que se han organizado los aranceles y el modo de operación, el coordinador emite una orden de contratación para disponer de los recursos necesarios y satisfacer a los clientes. Esta orden incluye la contratación de conductores de moto y carro con un amplio conocimiento en nomenclatura. El área de gestión humana se encarga de seleccionar adecuadamente al personal, asegurándose de contar con toda la documentación

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

necesaria para llevar a cabo actividades con las motos y carros. Finalmente, se lleva a cabo una capacitación proporcionada tanto por el área de Sistema Integrados de Gestión (SIG) como por el supervisor de operaciones, todo ello bajo la coordinación y supervisión del coordinador de operaciones. De esta manera, se asegura un control riguroso en el proceso de aumento de personal para garantizar la satisfacción y calidad del servicio ofrecido a los clientes.



Imagen 3: Servicios solicitados por día  
Fuente: elaboración propia

En la imagen 3 se presenta un listado de clientes junto con la cantidad diaria de servicios solicitados con motos en un día con pico de demanda de operación. A continuación, se emplea el método de Pareto con el propósito de identificar a qué clientes se les debe otorgar prioridad en caso de disponer de recursos limitados. En otras palabras, se busca determinar a cuáles clientes se les dará preferencia en el reparto de los escasos recursos disponibles. Al aplicar el principio conocido como el "Principio 80-20", que establece que el 20% de los clientes suele generar el 80% de las ganancias, se puede deducir que ciertos clientes son de mayor importancia para el rendimiento económico de la operación. En específico, al analizar la imagen, se identifica que los clientes con los números 1, 4, 2, 3, 6, 7 y 5 conforman ese 20% que se traduce en el 80% de las ganancias. Por lo tanto, para optimizar la asignación de recursos, se considerará a estos

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

clientes prioritarios y se les destinará una mayor cantidad de recursos en función de sus solicitudes de servicios con moto. Esto asegura que los recursos limitados sean utilizados de manera efectiva, maximizando los beneficios obtenidos de estos clientes clave. Sin embargo, el análisis no se limita solo a estos clientes principales. Se mencionan también otros clientes, específicamente los números 14, 15, 8, 10, 12, 16, 9, 11, 13, 17 y 18, estos clientes se manejarán estratégicamente y, aunque no formen parte del grupo principal del 20% que genera la mayor parte de las ganancias, se les otorgará prioridad en el servicio basándose en consideraciones específicas, como los aranceles establecidos para cada uno de ellos.

A continuación, se describe la operación de las unidades de negocio sujeto de la presente investigación:

### **Laffe Express**

La dinámica de la línea de negocio implica una operación minuciosamente planificada, donde se recolecta mercancía de diversos clientes ( $Cl_n$ ) y se agrupa en un centro de distribución, siguiendo un modelo de Cross Docking. En este punto, se lleva a cabo la zonificación y unificación de las comandas, estableciendo los destinos ( $D_n$ ) para la entrega de la mercancía en toda el área metropolitana. Así, se logra despachar la mercancía de forma conjunta, creando una amalgama de todos los productos farmacéuticos. Sin embargo, a medida que se analiza la operación, se identifica una dependencia crítica en las funciones de zonificación. La experiencia y conocimiento de nomenclatura por parte de un único colaborador experto en el proceso ha llevado a una situación problemática de monopolios y exigencias. Esta debilidad ha sido un factor determinante para la consideración y desarrollo del presente proyecto. La recopilación de información y diagnóstico exhaustivo ha permitido reconocer la urgente necesidad de mejorar el proceso logístico. El uso excesivo de dependencia de un colaborador experto y la falta de una metodología objetiva para la zonificación son factores que se deben abordar para mejorar la eficiencia y eficacia de la operación. Con el propósito de superar las limitaciones mencionadas, se propone desarrollar una solución basada en herramientas tecnológicas, como Google Sheets, Google Maps y Google Cloud Platform (GCP). Esta estrategia permite automatizar y mejorar el proceso de zonificación y enrutamiento, reduciendo la dependencia en conocimientos individuales y garantizando una distribución equitativa y eficiente de las entregas. En las siguientes imágenes se muestra la operación de la unidad de negocio Laffe Express.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

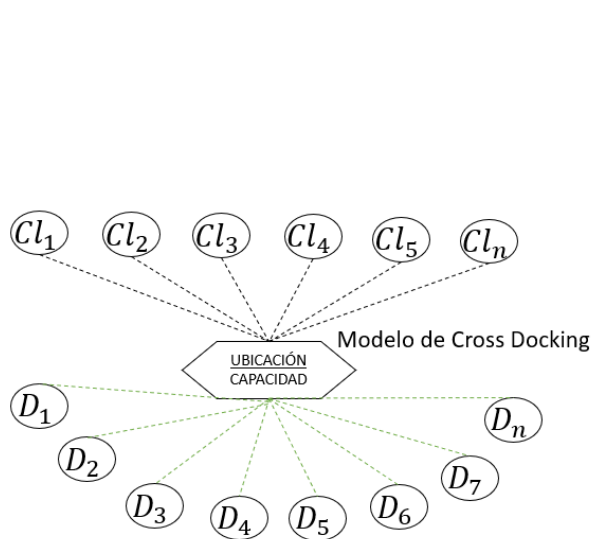


Imagen 4: Silueta de Línea Laffe Express  
Ejemplo de fotografía de referencia  
Fuente: elaboración propia

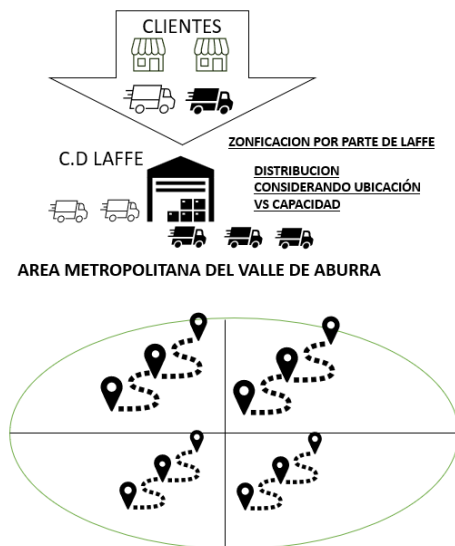


Imagen 5: Dinámica de línea Laffe Express  
Ejemplo de fotografía de referencia.  
Fuente: elaboración propia

### Laffe InHouse

En el ámbito de la línea de negocio, la satisfacción del cliente es un pilar fundamental, y para alcanzarla, se ha realizado una exhaustiva recopilación de información y un diagnóstico detallado de las operaciones logísticas. Las funciones operativas se concentran en las instalaciones del cliente, se prioriza la distribución de última milla y el traslado de inventario entre las diversas sedes de los clientes, respondiendo a la alta demanda y flujos constantes de ventas de mercancía farmacéutica. Si bien el cliente despliega la zonificación para las operaciones, este proyecto representa una valiosa oportunidad para la línea logística. Los líderes de operación mantienen una comunicación electrónica constante con el zonificador, aprovechando herramientas tecnológicas para proponer mejoras en la toma de decisiones y acercarse a un comportamiento operativo óptimo. En este proceso, se utilizan herramientas como Google Maps, que brinda información precisa sobre rutas y tiempos estimados de entrega, permitiendo identificar oportunidades de mejora. La recopilación de información detallada y el diagnóstico continuo proporcionan una visión integral de las operaciones, lo que permite evaluar el rendimiento y la eficiencia de los recursos

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.



<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

motorizados y transportistas. Al medir y analizar los tiempos de entrega, podemos identificar áreas de mejora y establecer estrategias para optimizar la utilización de los recursos disponibles.

### Dinámica línea de negocio Laffe InHouse

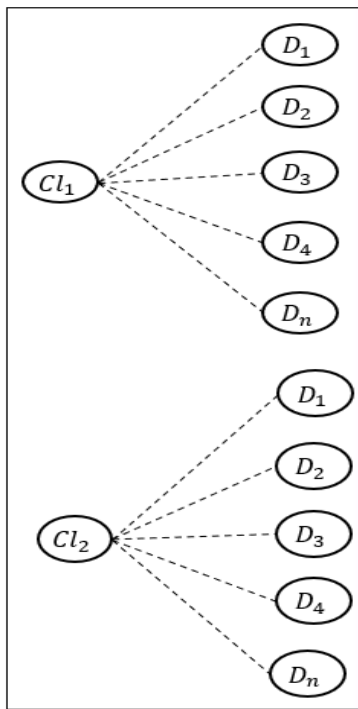


Imagen 6: silueta Laffe InHouse  
Ejemplo de fotografía de referencia  
Fuente: elaboración propia del autor, 2023.

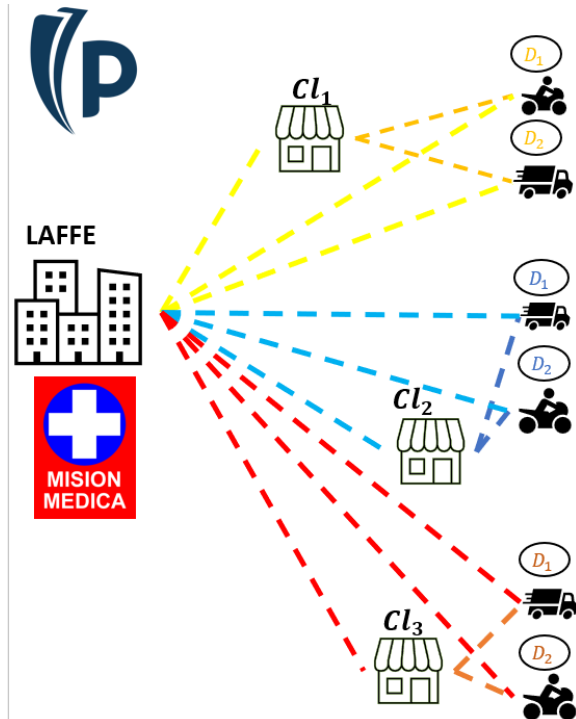


Imagen 7: Dinámica Línea Laffe InHouse  
Ejemplo de fotografía de referencia.  
Fuente: elaboración propia del autor, 2023.

### III. Actualización de perfiles de cargo

El "Manual de Funciones SPO" en Lean Manufacturing define claramente las responsabilidades y tareas de cada miembro del equipo en relación con los procesos operativos de la empresa. Podría incluir

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

instrucciones detalladas sobre cómo llevar a cabo cada actividad, qué procedimientos seguir, qué indicadores de rendimiento se deben tener en cuenta y cómo interactuar con otros miembros del equipo (Rajadell Carreras, 2021).

La planilla de cumplimiento está compuesta por diferentes componentes, es una herramienta fundamental en la operación logística. Cada componente, desde la Solicitud de Servicio hasta el Cierre del Servicio, juega un papel crucial en la satisfacción del cliente y la eficiencia de nuestras operaciones. A continuación, se describen los componentes:

**La Solicitud de Servicio**, proporcionada por el área comercial, expone atributos de valor esenciales que deben ser atendidos por el área de operaciones. **La Planeación**, a cargo del equipo operativo, tiene como fin cumplir eficazmente con esos atributos de valor y fidelizar al cliente mediante entregas efectivas y eficientes. **Realizar la Ruta**, ya sea en la línea Laffe InHouse o Laffe Exprés, permite tener una trazabilidad en tiempo real del comportamiento de la operación diariamente. **La Entrega Final**, se convierte en un indicador clave para medir el éxito de las operaciones logísticas, ya que monitorean el porcentaje de averías, daños y anomalías tanto de origen externo (situación exógena) como interno (endógena). Asimismo, el **Cierre del Servicio**, se enfoca en recolectar datos relevantes que faciliten la toma de decisiones y permitan mejorar continuamente el desempeño de las operaciones, basándose en datos históricos y tendencias.

Los **Drivers de Desempeño** juegan un papel esencial en el proceso de mejora continua. Identificar y optimizar estos factores clave, como tiempos de entrega, precisión de inventario, costos logísticos y nivel de servicio al cliente, es fundamental para garantizar una logística eficiente, una mayor competitividad y, en última instancia, la satisfacción de nuestros clientes. El uso adecuado de equipos electrónicos y recursos asignados es crucial para asegurar una operación logística perfecta. Las **prohibiciones** están diseñadas para minimizar la variabilidad en el proceso y garantizar un flujo de trabajo más estandarizado y confiable.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

	A	B	D	E	F	G	H
1			Valores	total Actividades	cumplimiento		
2		1	0	45	53%	100%	
3		24	21	45	47%		
4		Cumple	No Cumple	Responsable	Motivo de No cumplimiento	Observaciones	
5	1) Solicitud Servicio.	1	1	1	Cliente M&M		
6	2) Planeación.	2	1	1	El supervisor LAFFE		
7		3	0	1	El cliente M&M	ya lo realiza supervisor de leffe	
8		4	1	1	El supervisor In House		
9		5	1	1	El auxiliar motorizado		

Imagen 8: Planilla de cumplimiento del servicio motorizado y carry.

Fuente: elaboración propia

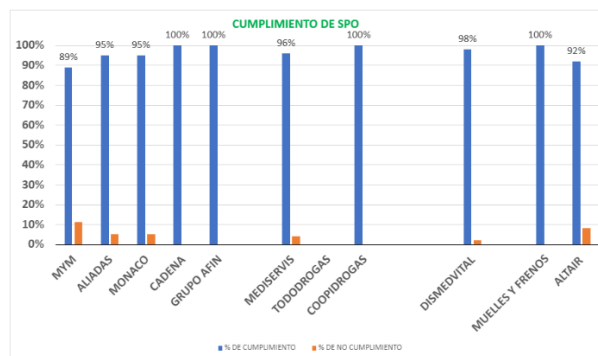


Imagen 9: Cumplimiento de SPO

Fuente: elaboración propia

La imagen 8 expone la estructura de la planilla utilizada para gestionar la actualización de manual de (SPO) desde la solicitud de servicios hasta su cierre. Esta planilla está compuesta por diversos ítems, cada uno con un propósito específico que busca satisfacer tanto las necesidades de la empresa como las expectativas del cliente. Es importante destacar que esta planilla se somete a una actualización periódica en colaboración con los supervisores, con la finalidad de asegurar que cada componente de esta se esté aplicando de manera efectiva en las operaciones. Durante este proceso de actualización, se verifica minuciosamente si todos los ítems de la planilla se están llevando a cabo en las operaciones tal como fueron diseñados. En caso de que algún ítem no se esté cumpliendo debido a condiciones externas o internas, se realiza un informe detallado y se procede a eliminar dicho ítem de la planilla, proporcionando la respectiva justificación para tal decisión.

El resultado de esta actualización y seguimiento se muestra en la imagen 9, donde se presentan los niveles de cumplimiento de los ítems de la planilla por parte de cada líder de operación. Se puede observar que, en el caso específico del cliente MyM, se alcanza un cumplimiento del 89% de toda la planilla de seguimiento, lo que refleja una alta eficacia en la aplicación de los diferentes ítems. Sin embargo, el restante 11% de la planilla ya no se estaba llevando a cabo en la operación.

En conclusión, la imagen 8 representa la estructura de la planilla utilizada para gestionar los servicios de solicitud a cierre, mientras que la imagen 9 muestra los resultados de la actualización periódica y “Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

seguimiento, destacando los niveles de cumplimiento de los ítems de la planilla por parte de cada líder de operación y resaltando la importancia de asegurar que todos los aspectos relevantes para la empresa y los clientes sean efectivamente atendidos en el proceso operativo.

#### IV. Diseño de la heurística de ruteo

La implementación del algoritmo de zonificación de rutas ha demostrado ser una solución efectiva y eficiente para optimizar el proceso logístico de Laffe Express y Laffe InHouse. A continuación, se presentan los pasos que determinan el algoritmo diseñado para recopilar información de entrada, zonificar y diseñar rutas ajustadas a la capacidad, requerimientos y disponibilidad de recursos:

- 1: Recolección de Órdenes: se recopilan todas las órdenes de entrega que deben ser despachadas al día siguiente, permitiendo tener una visión completa de las demandas de los clientes.
- 2: Geolocalización en Google Sheet: las direcciones de entrega se cargan en Google Sheet, lo que facilita la visualización y el manejo de los datos de ubicación.
- 3: Ejecución de Macro de Geolocalización: permite visualizar todas las ubicaciones en Google Maps, lo que facilita la identificación de las distintas zonas geográficas y su distribución espacial.
- 4: Zonificación de Órdenes: mediante el proceso de clasificación, se ha realizado una zonificación adecuada de las órdenes según su ubicación geográfica. Esta descomposición por zonas permite agrupar las órdenes de entrega en áreas cercanas, lo que mejora el proceso de planificación de rutas.
- 5: Resolución del Problema del Agente Viajero: Para cada zona definida, se ha utilizado un método constructivo de vecino más cercano para resolver el Problema del Agente Viajero. Esto permite encontrar las rutas más cortas y eficientes para cada zona.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

6: Recolección de Recursos Disponibles: Se recolecta información detallada sobre los recursos disponibles, como el número de motos y carrys, junto con su capacidad en volumen y peso. Esto brinda una visión clara de los activos logísticos para realizar las asignaciones de forma efectiva.

7: Rutas Ajustadas a la Capacidad: Con la información de recursos disponibles y la ruta resuelta del problema del agente viajero, se realizan las asignaciones de órdenes de trabajo a cada recurso, asegurándose de ajustar la capacidad disponible y hacer eficiente la utilización de los vehículos disponibles.

8: Presentación de Rutas y Órdenes de Trabajo: Finalmente, se presentan las rutas planificadas y la orden de trabajo correspondiente para cada recurso. Esta presentación clara y detallada garantiza una ejecución fluida y precisa de las entregas, elimina la necesidad de experiencia por parte de un colaborador y garantiza el uso eficiente de los tiempos en que cada colaborador es contratado.

Resultados de comparar la heurística propuesta versus la planeación de rutas realizado por colaborador experto

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

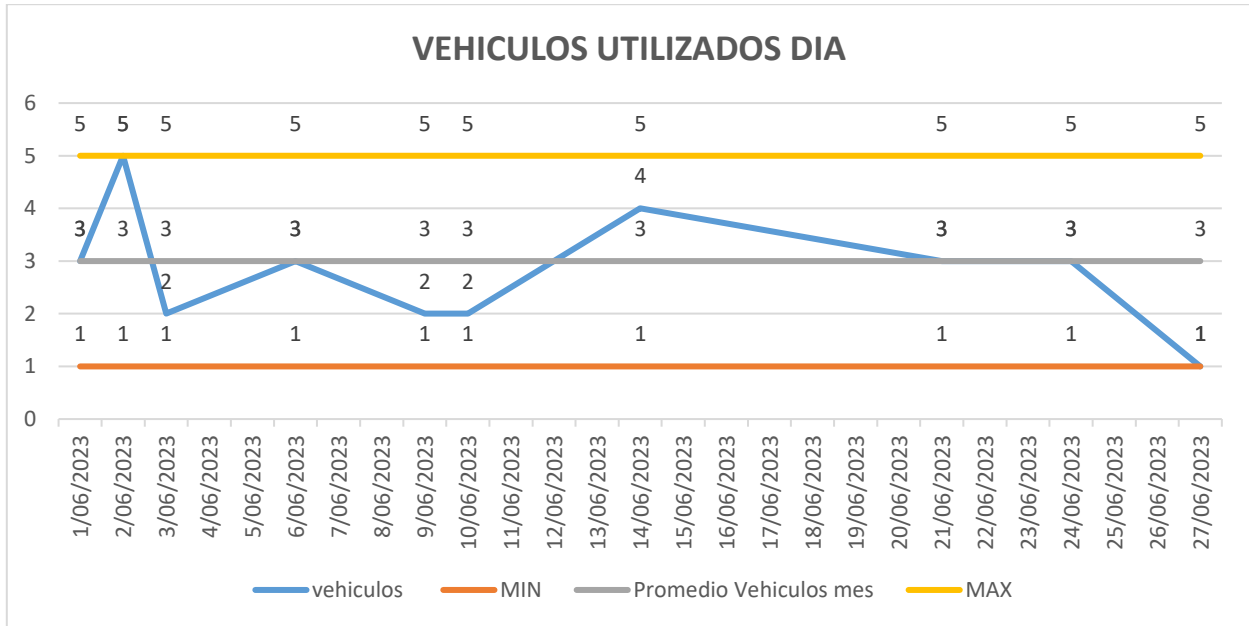


Imagen 10: Vehículos Utilizados día sin considerar Tiempo. Mes de Junio de 2023

Fuente: elaboración propia

La Imagen 10 ha sido generada a partir de registros de días de operación correspondientes al mes de junio de 2023, en los cuales se detallan los recursos utilizados en función del comportamiento operativo. La ocupación de vehículos se analiza sin tomar en cuenta un tiempo promedio de entrega. En esta imagen, se presenta el comportamiento promedio de operación, donde la línea gris indica que, en promedio, se utilizaron 3 carros al mes, la línea amarilla señala que se alcanzó un máximo de 5 carros utilizados en el mes, mientras que la línea naranja muestra que se utilizó al menos 1 carro por mes. Además, la línea azul muestra la utilización diaria de vehículos a lo largo del periodo considerado. Es relevante mencionar que toda esta planificación y utilización de vehículos se llevó a cabo mediante un enfoque empírico y basado en la experiencia por parte de los colaboradores.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código:</b> II-MA-009
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión:</b> I

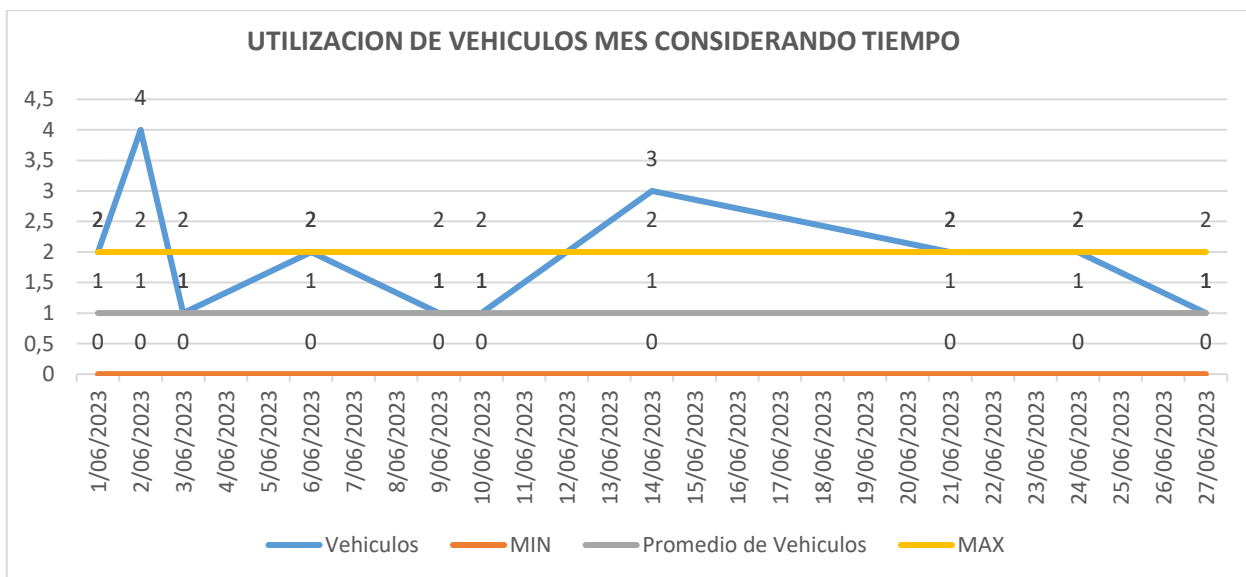


Imagen 11: Vehículos Utilizados día considerando Tiempo.

Fuente: elaboración propia

La Imagen 11 presenta cómo la implementación de herramientas tecnológicas permite utilizar los recursos de manera más eficiente con el propósito de aumentar la cantidad de entregas diarias mientras se reducen los recursos utilizados. Al comparar la Imagen 10 con la Imagen 11, ambas tienen como meta realizar la misma cantidad de entregas por día, pero en la Imagen 11 se logra disminuir la cantidad de recursos empleados. En la Imagen 11, se observa que el promedio de vehículos ocupados está representado por la línea gris, mientras que el máximo de vehículos utilizados se muestra mediante la línea amarilla. Además, cuando no se utilizan vehículos (estado cero), esto indica que se aumenta la posibilidad de satisfacer dichas entregas utilizando motos disponibles en las instalaciones.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

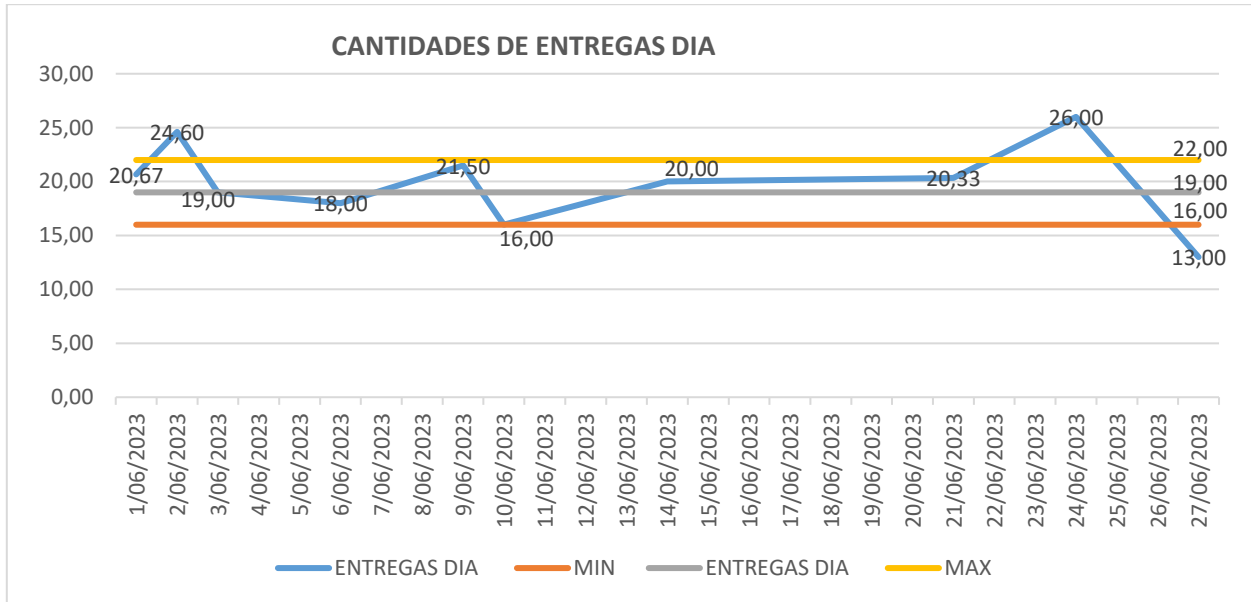


Imagen 12: Cantidad de entregas día sin considerar tiempo.

Fuente: elaboración propia del autor, 2023.

La Imagen 12 muestra las cantidades de entregas asignadas a los vehículos que se visualizan como "Vehículos Utilizados día" en la Imagen 10. La falta de consideración de la congestión del tráfico dificulta determinar si los colaboradores pueden completar todas las entregas en un tiempo más corto o prolongado. Es relevante tener presente que las condiciones del tráfico tienen un impacto significativo en la cantidad de entregas y las devoluciones. Cuando las vías están altamente congestionadas, la cantidad de entregas tiende a disminuir, lo cual provoca un aumento en las devoluciones. Por el contrario, cuando las vías están libres de tráfico, la cantidad de entregas aumenta, y esto resulta en una disminución de las devoluciones. Estas variables son aspectos que el coordinador pasa por alto al asignar zonas de entregas y permitir que cada colaborador (ya sea conductor de moto o carro) elija su ruta. La Imagen 12 presenta un promedio de 19 entregas, marcadas en color gris, junto con un máximo de 22 entregas representadas en color amarillo y un mínimo de 16 entregas en color naranja. La línea azul muestra el comportamiento día a día de las entregas asignadas durante todo el mes. El análisis de la Imagen 12 resalta cómo la congestión del tráfico y la elección de rutas pueden tener un impacto significativo en la cantidad de entregas realizadas por los

"Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA".



<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

colaboradores. Estos factores deben considerarse cuidadosamente al asignar zonas de entregas y planificar las rutas para garantizar una operación más eficiente y efectiva en la logística de entregas. Una mayor atención a estos aspectos puede optimizar la productividad y la satisfacción del cliente al asegurar una entrega oportuna y efectiva.

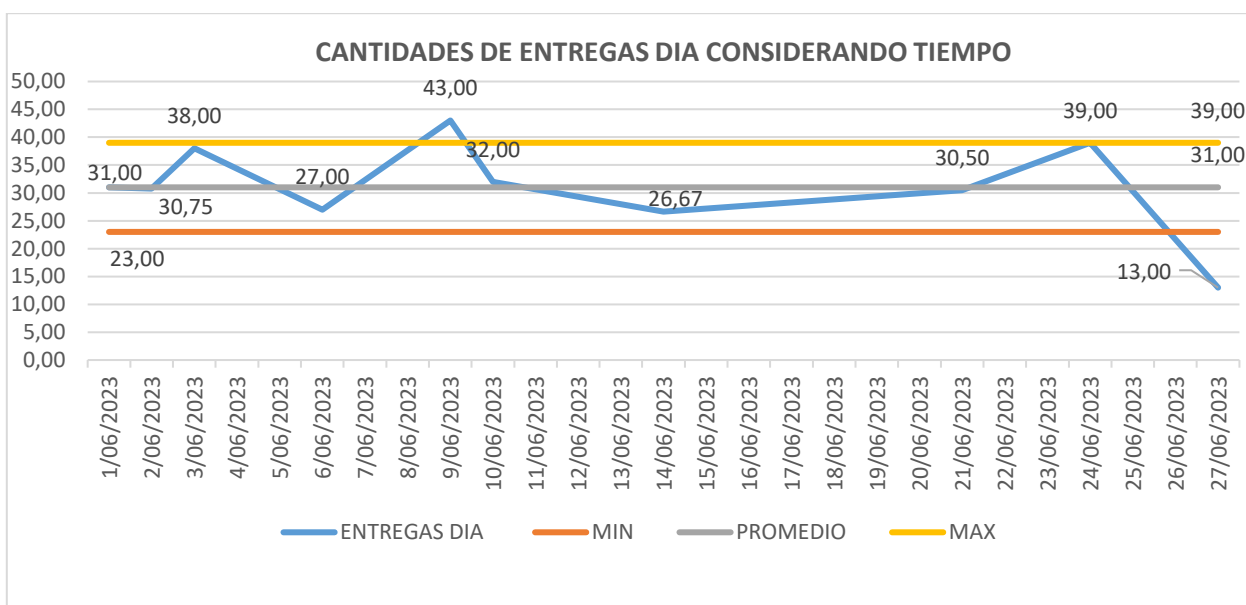


Imagen 13: Cantidad de entregas día considerando tiempo.

Fuente: elaboración propia

Al finalizar este proyecto que busca proponer una mejora a los procesos de zonificación y ruteo de las líneas de negocio Laffe Express y Laffe InHouse, se han logrado resultados significativos para la organización. Se ha proyectado un aumento promedio del 60% en las entregas, todas ellas efectivas y satisfactorias para los clientes. Esta mejora ha llevado a una mayor fidelización de los clientes, quienes pueden experimentar un servicio más eficiente y confiable. En términos de capacidad y eficiencia de entrega, se ha proyectado un aumento del 60% con la utilización de herramientas tecnológicas como Google Sheets, Google Maps y Google Cloud Platform (GCP). La integración de estas herramientas ha permitido una mejor asignación de recursos y una distribución estratégica de las entregas, mejorando las

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

rutas y minimizando los tiempos de transporte. Como resultado, la empresa ha puede aumentar su capacidad de carga y el número de entregas, contribuyendo significativamente a la mejora de los costos operativos y la rentabilidad general del negocio. La utilización de estas herramientas tecnológicas brinda una mayor visibilidad y trazabilidad en las operaciones logísticas, repercutiendo en mayor confianza por parte de los clientes, quienes pueden tener la certeza de que sus entregas serán precisas y puntuales. Esta mayor satisfacción del cliente o incremento de su nivel de servicio genera de forma subyacente, una mayor fidelización, fortaleciendo la reputación de la empresa en el mercado logístico.

Para calcular la disminución en porcentaje en el uso de vehículos, considerando el cambio en el promedio de vehículos utilizados después de aplicar la heurística, puedes seguir estos pasos:

1: Calcular la diferencia en el promedio de vehículos utilizados entre antes y después de aplicar la heurística:

Disminución en el promedio de vehículos = Vehículos utilizados previamente - Vehículos utilizados con la heurística

Disminución en el promedio de vehículos = 3 - 1

Disminución en el promedio de vehículos = 2

2: Calcular la disminución en porcentaje:

Disminución Porcentaje = (Disminución en el promedio de vehículos / Vehículos utilizados previamente) \* 100

Disminución Porcentaje = (2 / 3) \* 100

Disminución Porcentaje ≈ 66.67%

Por lo tanto, al aplicar la heurística implementada en el proyecto, el uso de vehículos se ha reducido en aproximadamente un 66.67% en comparación con las entregas previas. Esto representa una significativa disminución en la cantidad de vehículos utilizados para realizar las mismas entregas, lo que refleja una mejora considerable en la eficiencia operativa del proceso logístico.

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

Para calcular el aumento en cantidad de entregas y el aumento en porcentaje al implementar la heurística que considera el tiempo de entrega, sigue estos pasos:

1: Calcular la diferencia en la cantidad de entregas entre antes y después de aplicar la heurística:

Aumento en entregas = Entregas con tiempo - Entregas sin tiempo

Aumento en entregas = 31 - 19

Aumento en entregas = 12

2: Calcular el aumento en porcentaje:

Aumento Porcentaje = (Aumento en entregas / Entregas sin tiempo) \* 100

Aumento Porcentaje = (12 / 19) \* 100

Aumento Porcentaje ≈ 63.16%

Por lo tanto, al implementar la heurística que considera el tiempo de entrega, la cantidad promedio de entregas por ruta aumentó en aproximadamente un 63.16%. Esto significa que, en promedio, se están realizando un 63.16% más de entregas por ruta en comparación con las entregas previas, lo que indica una notable mejora en la eficiencia y productividad del proyecto.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El algoritmo de zonificación de rutas ha demostrado ser una herramienta poderosa para optimizar el proceso logístico. Mediante la clasificación de órdenes, la resolución del Problema del Agente Viajero, y la asignación eficiente de recursos, se ha logrado mejorar la eficiencia de las operaciones de entrega. El resultado es una planificación más inteligente y una distribución de rutas más efectiva, lo que permite brindar un servicio de calidad y cumplir con las expectativas de los clientes de manera más efectiva.

La propuesta de mejora en el proceso de zonificación y ruteo ha sido positiva para la empresa Transportes Laffe S.A.S. Se ha logrado un aumento significativo en las entregas efectivas y satisfactorias para los clientes, una estandarización del proceso logístico adaptable, y un incremento del 50% en la capacidad y

“Este documento es propiedad intelectual del POLITECNICO GRANCOLOMBIANO, se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de la Rectoría. TODO DOCUMENTO IMPRESO O DESCARGADO DEL SISTEMA, ES CONSIDERADO COPIA NO CONTROLADA”.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

eficiencia de entrega mediante el uso de herramientas tecnológicas como Google Sheets, Google Maps y Google Cloud Platform (GCP). Estos resultados pueden contribuir al posicionamiento de la empresa como un referente en el sector logístico, brindando un servicio confiable, eficiente y de calidad que cumple con las expectativas y necesidades de sus clientes.

Los beneficios económicos y la adopción de estas herramientas tecnológicas pueden generar un aumento en la satisfacción del cliente, ya que las entregas se realizan de manera más efectiva y puntual. La trazabilidad proporcionada por estas herramientas mejora la transparencia y confianza en el servicio, lo que resulta en una mayor fidelización de los clientes y un fortalecimiento de la reputación de la empresa en el sector.

Implementar rutas en la empresa Transportes Laffe S.A.S mediante el uso de herramientas como Google Sheets, Google Maps y Google Cloud Platform (GCP) ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar las operaciones logísticas. Esta implementación tecnológica permite determinar la duración de las rutas, maximizar la capacidad de carga y entregas, y reduce los costos de operación.

La visualización de la planilla de cumplimiento es una herramienta poderosa que guía hacia una operación logística óptima. Con cada componente desempeñando su rol específico y los drivers de desempeño impulsando las mejoras, se busca constantemente lograr una operación logística perfecta, satisfaciendo las necesidades de los clientes y manteniendo la posición como líderes en el mercado logístico.

<b>PROCESO:</b> Gestión de Investigación	<b>MANUAL</b>	<b>Código: II-MA-009</b>
<b>SUBPROCESO:</b> Gestión Editorial y Visibilidad de Publicaciones	<b>PLANTILLA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS</b>	<b>Versión: I</b>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Martín, Ó. D. (2019). *Análisis del Espacio de Búsqueda del Problema de Ruteo de Vehículos*. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología - Universidad de la Laguna.
- Cunquero, R. M. (2010). Algoritmos Heurísticos en Optimización Combinatoria. *Departament d'Estadística i Investigació Operativa*.
- Francesc, R., Magín, J., & Estrada, M. (2003). Las nuevas tecnologías de la información y la distribución urbana de mercancías. *Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina*, Pag. 51-63.
- Gutiérrez, D. E., & Sánchez, E. (2022). Aplicación de la p-mediana y ruteo de vehículos para la reducción de distancias en una empresa de servicio postal. *Información Tecnológica – Vol. 33 N° 1*, Pag 121-130.
- Martín Cabrera, Ó. D. (2019). Análisis del Espacio de Búsqueda del Problema de Ruteo de Vehículos. *Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna*.
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean manufacturing*. ESPAÑA: Diaz de santos.
- ROBUSTÉ, FRANCESC; MAGÍN, JOSÉ; GALVÁN., MIQUEL ESTRADA y DANTE; FRANCESC , ROBUSTÉ;. (s.f.). Las nuevas tecnologías de la información y la distribución urbana de mercancías.
- Serna Arango, M. D., Marín, C. G., & Urán Serna, C. A. (2019). Aplicación de la Búsqueda Local Iterada a la solución del problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos y flota propia y subcontratada MDVRPPC. *Universidad EIA, Envigado (Colombia)*, <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b0fb160-7d59-4698-bafe-ae1474f788b3/content>.