

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Propuesta de diseño de rutas de transporte para mejorar la eficiencia operativa de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Alexis Fabián Fernández Hernández

ASESOR

Absalon Rivasplata Sanchez

<https://orcid.org/0000-0002-3939-9253>

Chiclayo, 2025

**Propuesta de diseño de rutas de transporte para mejorar la
eficiencia operativa de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L.**

PRESENTADA POR

Alexis Fabián Fernández Hernández

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

PRESIDENTE

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

SECRETARIO

Absalon Rivasplata Sanchez

VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre y padre, quienes con su cariño y apoyo incondicional me han acompañado en cada momento, y a mi hermana, cuya energía y ejemplo me han impulsado a seguir adelante. También me dedico a mí mismo, por el esfuerzo y la determinación que me permitieron alcanzar esta meta.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis padres, por su incondicional apoyo y confianza a lo largo de este camino, y a mi hermana, por su constante motivación y compañía. También extiendo mi sincero agradecimiento a mi asesor, cuya guía y conocimientos fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

Artículo 100 FERNANDEZ HERNANDEZ.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
5	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	vbn.aau.dk Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	ojs.brazilianjournals.com.br Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	15
Conclusiones	36
Recomendaciones	37
Referencias	38
Anexos	44

Resumen

El objetivo de esta investigación es diseñar rutas de transporte para Mabara Contratistas Generales S.C.R.L., con el fin de mejorar la eficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos en sus sucursales; para ello, se realizó un diagnóstico de las rutas actuales, donde se encontraron diversas problemáticas, entre las que resaltan altos costos por combustibles y horas extras, posteriormente se diseñaron modelos adaptados a las necesidades específicas de la empresa, finalizando en la evaluación económica y financieramente de la propuesta. La investigación es de tipo aplicada, con un nivel descriptivo correlacional, y utilizó un enfoque no experimental; se analizaron diversos modelos de ruteo, como la heurística de ahorro, la heurística de barrido, la heurística de clusterización y el algoritmo genético. Tras las comparaciones, la heurística de ahorro fue la que arrojó los mejores resultados; además, para la resolución de dichos modelos, se utilizó programación en Python, lo que permitió una mayor flexibilidad y personalización. Los resultados muestran una mejora significativa en la eficiencia operativa (que pasó de 123,33% a 146,18%), una reducción de los costos de combustible y mano de obra en un 21,7% y 22,5%, respectivamente, y un aumento de los ingresos en un 5,1%, con una reducción de los tiempos de traslado en un 33%. El análisis financiero arrojó un VAN de S/ 394 984,58, una TIR del 95,76% y un tiempo de recuperación de la inversión de 1 año, confirmando la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Palabras clave: Eficiencia operativa, diseño de rutas de transporte, modelos de ruteo.

Abstract

The objective of this research is to design transportation routes for Mabara Contratistas Generales S.C.R.L., in order to improve operational efficiency in the provision of electrical services in its branches; for this purpose, a diagnosis of the current routes was made, models adapted to the specific needs of the company were designed, and the proposal was economically and financially evaluated. The research is of an applied type, with a descriptive correlational level, and used a non-experimental approach. Several routing models were analyzed, such as the sparing heuristic, the sweep heuristic, the clustering heuristic and the genetic algorithm. After comparisons, the sparing heuristic yielded the best results; moreover, Python programming was used to solve these models, which allowed for greater flexibility and customization. The results show a significant improvement in operating efficiency (from 123,33% to 146,18%), a reduction in fuel and labor costs by 21,7% and 22,5%, respectively, and a 5,1% increase in revenues, with a 33% reduction in travel times. The financial analysis yielded an NPV of S/ 394 984,58, an IRR of 95,76% and an investment recovery time of 1 year, confirming the feasibility and profitability of the project.

Keywords: Operational efficiency, transportation route design, routing models.

Introducción

En el entorno empresarial global, cada vez más competitivo y dinámico, la eficiencia operativa se ha convertido en el pilar fundamental para el éxito sostenible de las organizaciones. Según un informe de McKinsey & Company, la optimización de rutas de transporte emerge como un componente crítico en la búsqueda de la eficiencia operativa, las organizaciones líderes a nivel mundial como ella, están adoptando estrategias avanzadas de optimización de rutas para mejorar su eficiencia operativa, DHL redujo sus costos en un 15%, Walmart aumentó su productividad en un 10%, Amazon redujo sus tiempos de entrega en un 20%, etc. [1].

En el contexto de la economía peruana, existe una relación directa entre la eficiencia operativa y la optimización de rutas de transporte, se estima que las empresas de logística y servicios gastan entre el 20% y el 40% de sus ingresos en combustible, se ha observado que las empresas peruanas que logran una mayor eficiencia operativa tienden a demostrar una rentabilidad económica promedio superior, de alrededor del 2,5%, en comparación con aquellas que no priorizan dicho indicador, además las empresas con mayor eficiencia operativa tenían una productividad laboral promedio 6% más alta [2] [3]. En Lambayeque, a pesar de la vital importancia de la optimización en un entorno tan competitivo y extenso, es notablemente escaso el número de empresas que aplican metodologías y técnicas avanzadas para optimizar sus rutas de transporte, como tal en promedio el 30% de sus costos son en combustible, en empresas arraigadas a logística y transporte [4]. Las principales GLP S.A.C., que redujo su tiempo de viaje en un 20% y consumo de combustible en un 10% [5]; NOR Andes SAC, redujo el tiempo de entrega promedio en un 10,9% y redujo los costos de transporte en un 13% [6].

Considerando esto, la empresa MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. afiliada al consorcio CIXMA, se ha destacado en la prestación de servicios eléctricos en toda la región de Lambayeque. Sin embargo, un problema persistente y fundamental ha planteado un desafío significativo para la empresa: la falta de optimización en las rutas de transporte hacia los suministros en las sucursales donde opera la empresa; esto a causa de una falta de capacitación del personal, una ausencia de seguimientos de datos históricos, una carencia de vehículos con GPS, falta de acceso a los sistemas de información geográfica, distancias no óptimas e ineficiencia en la gestión de recursos durante la ejecución del contrato.

Estas carencias en la planificación de rutas han generado un efecto dominó, que se manifiesta en una serie de consecuencias negativas, la eficiencia operativa en promedio mensual del 123,33%, un 57% del tiempo total es productivo, 39,62% de los ingresos se ven

destinados a los costos por combustible, que son S/. 1 538 814,60, solo haya obtenido el 43,91% de lo planificado hasta diciembre del 2023, lo que equivale a S/. 3 883 481,45 de los S/. 8 647 991,19 proyectados según la empresa para 3 años de contrato, y se tienen en promedio al menos 32 órdenes de servicio sin atender mensualmente. A consecuencia de esto, se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida el diseño de rutas de transporte mejora la eficiencia operativa de la empresa Mabara Contratistas Generales S.C.R.L.?

El objetivo general de la investigación es diseñar las rutas de transporte de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. para mejorar la eficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos en las sucursales, teniendo como objetivos específicos el diagnosticar las de rutas de transporte de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. para las sucursales, diseñar modelos de rutas de transporte adaptados a las necesidades específicas de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. para mejorar la eficiencia operativa, evaluar económica y financieramente la propuesta de diseño de rutas de transporte aplicada a la empresa Mabara Contratistas Generales S.C.R.L.

A raíz de lo descrito, se justifica esta investigación en la exploración del problema crítico encontrado en la empresa, con el objetivo de comprender sus dimensiones y, más importante aún, proponer una solución práctica que permita a MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. superar los desafíos operativos que afronta a la hora de realizar los respectivos servicios. Además, tiene un impacto social positivo al garantizar una prestación de servicios más rápida y confiable para la comunidad, desde un enfoque ecológico, la optimización de rutas puede contribuir a la reducción de emisiones de carbono al minimizar los recorridos innecesarios y optimizar el uso de los recursos. La optimización de rutas de transporte no es solo un desafío, sino también una oportunidad para impulsar el crecimiento sostenible y el éxito empresarial de la empresa.

Revisión de literatura

El apartado de revisión literaria presentado a continuación, constituye un análisis crítico y exhaustivo de investigaciones científicas. Prananda en su artículo [7] abordó los altos costos de distribución y tiempos de recorrido, utilizó indicadores como costos operativos y tiempos productivos (70%). Para optimizar las rutas, emplearon el método de problema de ruteo de vehículos capacitado junto con Clustering K-means para agrupar las ubicaciones. La aplicación de este modelo se dio a través de una simulación, como resultado, los indicadores financieros incluyeron un período de recuperación de seis años, una Tasa Interna de Retorno del 10,4%, y un Valor Actual Neto positivo de \$365 746, con un beneficio/costo de 1,5.

Concluyeron que la optimización mejora la viabilidad económica de la distribución de los materiales, reduce los tiempos y costos en el largo plazo.

Sulemana, Donkor y Forkou [8] se centraron en reducir los costos y tiempos en la recogida de residuos sólidos, utilizando el tiempo de viaje y la distancia como indicadores clave. Emplearon el software ArcGIS, apoyado en un modelo matemático, para optimizar las rutas. Al aplicar esta metodología por medio de una simulación, lograron una reducción del 14,5% en el tiempo total y un 9% en las distancias recorridas entre las rutas actuales y optimizadas. Concluyeron que la optimización de rutas basada en SIG es efectiva para reducir los costos operativos en la gestión de residuos.

Apaydin y Gonullu [9] investigaron la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos en Trabzon, Turquía, con el objetivo de disminuir la distancia y los costos, usando la distancia, tiempo y costo total como indicadores. Aplicaron el software Route View Pro™ y técnicas SIG para optimizar las rutas de recolección. Los resultados mostraron una reducción del 32% en la distancia, del 39% en el tiempo de recolección y del 24% en el costo total. Concluyeron que la optimización mediante SIG mejora la eficiencia y reduce los costos en la recolección de residuos.

En el estudio de Hao Li [10] se abordaron los altos costos operativos y baja eficiencia operativa (140%) en rutas de transporte, valores que se reflejaron en que los “fuel cost” representaran el 26%, se utilizó un modelo de optimización mixto que combina heurísticas y programación, enfocado en minimizar tiempos y costos. Aplicado sobre un conjunto de rutas con restricciones de ventanas de tiempo y limitaciones, el modelo logró reducir en 20% los costos de operación, con una mejora de 15% en eficiencia. Se concluyó que esta optimización mejora la eficiencia operativa y reduce costos, mostrando la efectividad del método para maximizar el uso de recursos.

Mendieta [11] aborda el problema de las largas distancias, altos tiempos de recorrido (tiempo productivo de 65%) y elevados costos de combustible en la distribución de materiales de ferretería, 25% de los costos totales. Para resolver este problema, empleó un método de optimización que brindaba un software, en relación a los resultados, las distancias se redujeron en un 15,38%, el tiempo de recorrido disminuyó en un 10,27%, el consumo de combustible bajó un 21,36%, la relación beneficio/costo fue de 1,45 y el tiempo de recuperación de 2 años. Los resultados concluyen que la optimización de rutas mediante una aplicación móvil generó una notable reducción en distancias, tiempos y costos de combustible, mejorando la eficiencia operativa en la distribución de materiales de ferretería en la empresa.

Damayanti, Kusumaningrum, Sus y Islam [12] abordaron el problema de la alta distancia recorrida y los altos costos operativos en una empresa pública de logística, usando la distancia total y los costos como indicadores. Para resolver este problema, aplicaron el método Saving Matrix aplicando la optimización en las rutas de distribución. Los resultados mostraron una reducción del 45,91% en la distancia recorrida (de 1638,3 km a 886,2 km) y una disminución del 21% en los costos operativos. Concluyeron que la optimización mejoró la eficiencia operativa de 135% a 148%, demostrando la eficacia del método para reducir costos y aumentar la eficiencia.

La investigación de Laureano, Flores y Ortiz [13] aborda el problema de los altos costos operativos en la flota de transporte de la empresa, utilizando indicadores de consumo de combustible y costos de mantenimiento. Para resolver este problema, implementaron un sistema de gestión eficiente de flotas, a través de un modelo VRP. La metodología consistió en comparar los costos de combustible del primer trimestre con los del segundo, tras la implementación del sistema. Los resultados mostraron una reducción del 4,47% en el consumo de combustible y una disminución del 72,12% en los costos de mantenimiento. Los autores concluyeron que un sistema de gestión eficiente y la capacitación de los conductores ayudan a minimizar los costos operativos, promoviendo así la sostenibilidad económica de la empresa.

Meng [14] abordó la falta de optimización de rutas logísticas, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, empleando indicadores como la distancia recorrida, el consumo de combustible y el tiempo de viaje. Para resolver este problema, implementó un algoritmo de optimización de rutas basado en el análisis de big data, este algoritmo integró datos de GPS y patrones históricos de transporte. Los resultados mostraron una reducción del 15% en la distancia promedio recorrida, una disminución del 20% en el consumo de combustible y una mejora del 10% en el tiempo de viaje. Concluyó que el uso de big data en la optimización de rutas no solo minimiza los costos operativos, sino que también mejora la satisfacción del cliente y la sostenibilidad ambiental.

Ran, Shi, y Geng [15] abordaron el problema altos costos operativos y riesgos en las operaciones logísticas, usando como indicadores los costos y tiempos de entrega. Para resolver estos problemas, integraron tecnología blockchain y el algoritmo de optimización de colonias de hormigas. Se aplicó el modelo en un conjunto de datos logísticos, optimizando rutas y procesos administrativos. Los resultados mostraron una reducción del 25% en tiempos de entrega, una mejora del 15% en la eficiencia de entregas, una disminución del 20% en consumo de combustible. Concluyeron que la tecnología blockchain, combinada con

algoritmos avanzados, mejora significativamente la eficiencia operativa y reduce costos en las operaciones logísticas.

Romero [16] abordó el problema de altos costos y baja eficiencia en la lectura de medidores, con el costo promedio como indicador principal. Utilizó la técnica de optimización "Vecino más cercano" para ajustar las rutas, aplicándola sobre datos reales y así crear un escenario futuro. Los resultados mostraron una reducción del 13% en los costos, mejorando significativamente la eficiencia operativa. Este estudio concluyó que la optimización de rutas es eficaz para reducir costos y aumentar la eficiencia.

Núñez y Pacheco [17] identificaron una eficiencia operativa del 138%, afectada por falta de planificación de rutas y control de recursos. Implementaron Machine Learning, BI, GPS y SMS Gateway en la gestión de flotas, junto con la aplicación de un plan de capacitación. La integración redujo costos y optimizó tiempos de recorrido, mejorando la eficiencia operativa. Concluyeron que estas tecnologías acompañadas de capacitación son efectivas para reducir costos y aumentar la eficiencia en la gestión de flotas.

La eficiencia operativa, según Vazz se define como la capacidad de una organización para maximizar la producción utilizando la menor cantidad de recursos posible. En un sentido técnico, implica la reducción de tiempos, minimización de desperdicios, y la mejora de la productividad de los empleados, entre otros aspectos [18]. SafetyCulture, nos dice que, en esencia, representa la relación entre los beneficios obtenidos y los costos operativos incurridos por una organización. Esta métrica implica mejorar continuamente los procesos que respaldan la producción de productos o servicios finales, manteniendo al mismo tiempo la calidad necesaria [19].

$$Eficiencia\ operativa = \frac{Ingresos}{Egresos} * 100\% (i)$$

Tiempos Operativos: se refieren al tiempo total que una máquina, equipo o proceso está en funcionamiento para realizar una tarea específica.

$$T. Operativos = T. Disponible - T. no operativo (ii)$$

Tiempos Productivos: se refieren al período durante el cual un equipo o proceso está efectivamente produciendo bienes o servicios de calidad aceptable.

$$T. Productivos = T. Operativos - T. no productivos (iii)$$

Según SC Trade Technologies, el diseño de rutas de transporte se refiere al proceso estratégico de planificar y organizar de manera eficiente la distribución y entrega de bienes o servicios [20]. Esto implica encontrar la combinación más efectiva de rutas, horarios y recursos para minimizar los costos operativos, reducir el tiempo de transporte; en el contexto

de la logística moderna, el diseño y optimización de rutas se beneficia enormemente de las tecnologías avanzadas. Los algoritmos de optimización y los sistemas de información geográfica son herramientas fundamentales que permiten a las empresas analizar grandes conjuntos de datos y calcular rutas precisas y eficientes (aplicando diferentes modelos) [21].

Materiales y métodos

Esta investigación adoptó un enfoque aplicado, con un nivel descriptivo correlacional causal y un diseño no experimental [22]. El objetivo principal fue diseñar rutas de transporte optimizadas para Mabara Contratistas Generales S.C.R.L., buscando mejorar la eficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos en sus sucursales. Al ser un estudio no experimental, se observó el impacto en la optimización de rutas sin manipular intencionalmente la variable independiente [23]. La población del estudio comprendió todos los servicios eléctricos de las cuadrillas en las sucursales, la muestra se centró en un escenario específico para el análisis y diseño de rutas, se consideraron todas las posibles y se analizaron las relaciones entre variables para identificar mejoras operativas y logísticas.

Para elaborar el diagnóstico del estado actual de las de rutas de transporte de Mabara hacia las sucursales, en primer lugar, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura especializada, en Google Académico [28], repositorio USAT [29] y RENATI [30]. Por otro lado, se realizó una observación in situ del proceso logístico y de las operaciones en las sucursales, se aplicaron entrevistas a los técnicos eléctricos involucrados en el proceso de transporte para recopilar datos sobre las prácticas existentes y las posibles áreas de mejora. Además, se recopiló y analizó la data histórica de la empresa (anexos 4,5 y 6), esto implicó el examen detallado de los registros de servicios anteriores. Para el planteamiento del diseño de rutas, se recopiló la información necesaria de un escenario específico, con estos datos se calculó la eficiencia operativa y otros indicadores (anexo 6). Basado en este diagnóstico, se han identificado las rutas de transporte utilizadas por las distintas cuadrillas en dicho escenario; la elección de estas rutas como objeto de estudio proporciona un marco claro para el desarrollo de propuestas de diseño de rutas que aborden los desafíos identificados en el proceso logístico de la empresa.

Para cumplir con el objetivo de diseñar modelos de rutas de transporte adaptados a las necesidades específicas de Mabara para mejorar la eficiencia operativa, se inició seleccionando los modelos más aptos, de acuerdo a las necesidades de la empresa y escenario a analizar, empleando el método de análisis jerárquico (AHP por sus siglas en inglés), el cual es una técnica de toma de decisiones multicriterio que permite descomponer un problema complejo en una estructura jerárquica de criterios y alternativas, facilitando la comparación de

elementos y asignando valores de prioridad, con los cuales obtener los modelos a emplear para la investigación [31]. Posteriormente, se realizó el modelamiento matemático, centrándose en la minimización de los tiempos de traslado. Por otro lado, se recopiló una amplia base de datos históricos de las rutas de transporte existentes, apoyándonos de Google Maps [32], esto incluían distancias y tiempos de viaje, una vez obtenidos estos datos, se aplicaron los modelos matemáticos, heurística del barrido, heurística de ahorro, heurística de clusterización y el algoritmo genético, consistió en elaborar los códigos de programación en Python según cada modelo, los cuales brindaron los resultados para el análisis posterior, dichos resultados se utilizaron para calcular y comparar (basándonos en las variaciones obtenidas), centrándose en minimizar los costos, tiempos de desplazamiento y cumpliendo con todas las restricciones operativas y logísticas.

Para abordar las causas subyacentes identificadas (anexo 1), en primer lugar, se desarrolló un plan de capacitación dirigido a mejorar la selección de rutas óptimas, en cuanto a la selección de la empresa capacitadora se usó la matriz de enfrentamiento [31], herramienta de análisis utilizada para comparar diversas alternativas en función de criterios específicos (costos, accesibilidad, respaldo y calidad de servicio), facilitando la toma de decisiones, se evalúan y puntúan diferentes opciones frente a dichos criterios de forma estructurada. Para solucionar la carencia de acceso a SIG, se planteó la implementación de un software especializado en esta área, para la selección de dicho software se empleó otra vez el método AHP y así asignar una priorización. Estas intervenciones tienen como objetivo mejorar la eficiencia operativa, para demostrar dicha cuestión, se evaluó el impacto de las propuestas, se compararon los datos históricos de los indicadores antes y después de la implementación.

Para cumplir con el tercer objetivo específico de evaluar económica y financieramente la propuesta de diseño de rutas de transporte aplicada a la empresa Mabara Contratistas Generales S.C.R.L, se llevó a cabo un análisis económico detallado. El estudio se realizó en dos fases: primero, se recopilaron las mejoras en términos económicos, junto con las diversas cotizaciones de inversiones y costos que conllevan la implementación de las mejoras propuestas, además del cálculo de la tasa mínima aceptable (TMAR). En la segunda fase, se elaboró el estado de resultados y flujo de caja de la situación esperada, además de los indicadores económicos como el Beneficio/Costo (B/C), Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación, para evaluar la viabilidad financiera y el impacto de la implementación de las propuestas planteadas.

Resultados y discusión

Diagnosticar las de rutas de transporte de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. para las sucursales

En el contexto de las operaciones de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L., es fundamental mencionar que la empresa ha obtenido el contrato “Servicio de Tercerización de las Actividades Técnico Comerciales para Electronorte S.A. en las Unidades de Negocio Chiclayo y Sucursales”, la obtención de este, se logró mediante el éxito en el Concurso Público N° 19-2021-ELECTRONORTE S.A.-1. En el anexo 5 se puede apreciar el desempeño y análisis de tiempos en relación a los servicios realizados por las cuadrillas tipo IV, con el fin de cumplir con las órdenes de trabajo destinadas a las sucursales, estas cuadrillas están conformadas por técnico calificado (3 años de experiencia), un técnico ayudante (1 año de experiencia) y una camioneta, usada para el traslado de la cuadrilla y el equipo.

Teniendo en cuenta dicho anexo, podemos evidenciar que el porcentaje de tiempos productivos que ha presentado la empresa de manera mensual, tiene un promedio de 57,02%, lo que nos refleja que 168,61 minutos diarios, o lo equivalente a casi 3 horas que son tiempos empleados en los traslados hacia los puntos de suministro. La eficiencia operativa mensual promedio es del 123,33%, el 39,62% de los ingresos se destina a los costos por combustible, que ascienden a S/. 1 538 814,60, considerando el anexo 5 se observan los costos por mano de obra que están por encima de lo regular en un 14,28% debido al pago de horas extra. Además, hasta finales de diciembre de 2023, solo se ha alcanzado el 44,91% de la meta planificada, equivalente a S/. 3 883 481,45 de los S/. 8 647 991,19 proyectados para el contrato de 3 años; existen al menos 48 órdenes de servicio sin atender mensualmente.

Los resultados del diagnóstico general realizado muestran que la ineficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos para las sucursales se debe principalmente a tres causas identificadas a través del diagrama de Ishikawa (anexo 1) y el análisis de Pareto (anexo 2); en primer lugar, se encontró que la mano de obra experimenta demoras en llegar a los puntos de suministro en las sucursales debido a la falta de acceso a SIG actualizados y a la falta de capacitación en la selección de rutas óptimas, lo que limita la capacidad del personal para tomar decisiones eficientes. En segundo lugar, se observó que los elevados tiempos de traslado hacia las sucursales, contribuyen a los altos costos por combustible, mano de obra y la falta de atención de múltiples servicios, lo que resulta en un bajo tiempo productivo en las sucursales, estos problemas afectan directamente la eficiencia operativa de la empresa.

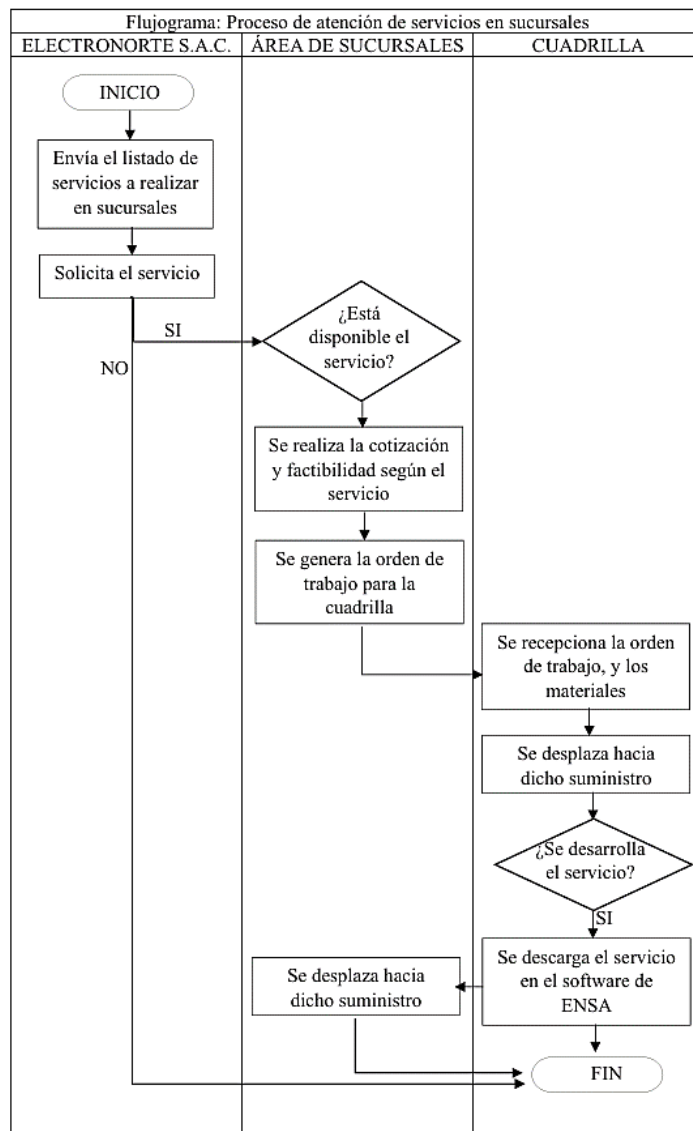
Escenario a estudiar:

El escenario planteado incluye un total de 29 servicios, distribuidos en diversas coordenadas geográficas dentro de la región, los cuales han sido atendidos por 7 cuadrillas tipo 4, cada una conformada por dos, transportándose en camionetas 4x4. Los servicios proporcionados por la empresa se clasifican en cinco categorías, cada una con su respectivo tiempo promedio de servicio: nuevo servicio (45 minutos); reapertura (35 minutos); corte de servicio (30 minutos); mantenimiento (40 minutos) e inspección (30 minutos); estos tiempos promedio han sido recopilados y validados por la empresa. Cada cuadrilla opera bajo un horario laboral de 8 horas diarias, lo que corresponde a 480 minutos disponibles para la ejecución de servicios; la distribución y asignación de los servicios a las cuadrillas se realiza con base en la ubicación geográfica y la disponibilidad de los técnicos. El análisis detallado del desempeño de cada una de las siete cuadrillas tipo 4, incluyendo datos específicos sobre las distancias recorridas, tiempos de desplazamiento, tiempos de servicio, costos de combustible, costos de mano de obra e ingresos generados, se encuentran en los anexos 6 y 7.

Análisis general de los resultados: 29 servicios, de los cuales 2 no se realizaron; la evaluación se centra en los ingresos generados, los costos de mano de obra, los costos de combustible y el balance económico resultante. Los ingresos totales generados por los servicios realizados ascienden a S/ 4 326,61, mientras que los costos de mano de obra y combustible alcanzan S/ 1 111,56 y S/ 1 741,95, respectivamente, resultando en un balance económico neto de S/ 1 573,09. El análisis por tipo de servicio y asignación muestra que los nuevos servicios generaron ingresos significativos (S/ 2 120,49), mayormente asignados a áreas rurales, lo que implica mayores distancias y costos de combustible más altos; los servicios de reapertura contribuyeron con ingresos de S/ 767,05, los de corte generaron S/ 420,00 en ingresos; los servicios de mantenimiento, aunque uno de los programados no se realizó, aportaron S/ 141,70, con costos moderados debido a su asignación en áreas rurales, por su parte inspecciones, aportaron ingresos de S/ 103,74, con costos relativamente bajos. En relación a otros indicadores, se recorrieron 1 470,34 km, con un tiempo promedio de traslado de 320,34 minutos.

Causas subyacentes

Proceso de atención de servicios en sucursales: Para graficar este proceso se elaboró el siguiente flujograma, donde se detallan las actividades que se realizan

Figura 1: Proceso de atención de servicios en sucursales

Fuente: Elaboración propia

Análisis de 5WH-1H: Proceso de atención de servicios en sucursales (anexo 8)

Falta de capacitación en la selección de rutas óptimas: La planificación y ejecución de las rutas pueden ser ineficientes debido a la falta de formación específica para optimizar las rutas de desplazamiento.

$$\% \text{ Mano de obra no capacitada} = \frac{\text{Técnicos no calificados}}{\text{Total de técnicos}} * 100$$

$$\% \text{ Mano de obra no capacida} = \frac{0}{15} * 100 = 0\%$$

Es importante destacar que actualmente, el 0% de los técnicos están capacitados en la optimización de rutas, lo que impacta negativamente en la eficiencia operativa y la planificación logística de las cuadrillas.

Falta de acceso a SIG actualizados para la planificación de rutas a las sucursales: La carencia de acceso a SIG actualizados dificulta la planificación precisa y eficiente de las rutas que deben seguir las cuadrillas; sin herramientas geográficas, se incrementa la probabilidad de tomar decisiones subóptimas en la selección de rutas, lo que lleva a mayores tiempos de desplazamiento y costos operativos elevados.

$$\% \text{ de utilización de SIG} = \frac{N^{\circ} \text{ des suministros consultados}}{\text{Total de de suministros en la OT}} * 100$$

$$\% \text{ de utilización de SIG} = \frac{0}{29} * 100 = 0\%$$

Tabla 1: Resumen de problemas, causas y propuestas

Problema	Causas	Indicador	Valor actual	Propuesta de solución
Ineficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos para las “sucursales”	Falta de capacitación en la selección de rutas óptimas.	% de empleados capacitados en selección de rutas óptimas	0%	Plan de capacitación
	Ausencia de seguimiento de datos históricos y tiempos de respuesta a las sucursales.	Utilización de algún software de SIG en la planificación de rutas	0%	Software de sistema de información geográfica
	Falta de acceso a SIG actualizados para la planificación de rutas a las sucursales.	Tiempo productivo	27%	Diseño de rutas a través del modelo matemático que mejor se adapte a las necesidades de Mabara.
	Elevados tiempos de traslado hacia las sucursales.	Costo por combustible y mano de obra	39,62% y 20,55%	
	Distancias no óptimas hacia las sucursales	Eficiencia operativa	123,33%	
	Ineficiencias en la gestión de recursos durante la ejecución del contrato			

Fuente: Elaboración propia

Diseñar modelos de rutas de transporte adaptados a las necesidades específicas de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. para mejorar la eficiencia operativa

Diseño de modelos para el escenario

En este escenario se busca optimizar la operación de las cuadrillas de MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. para la prestación de servicios eléctricos en la región de Lambayeque. Los principales requerimientos del escenario son los siguientes:

- Eficiencia en la reducción de distancias recorridas (C1): La función objetivo debe centrarse en minimizar las distancias recorridas.
- Escalabilidad a un gran número de nodos (C2): El modelo de optimización debe ser capaz de manejar un gran número de puntos de entrega.
- Cumplimiento de restricciones de tiempo (C3): Ningún vehículo debe exceder un tiempo máximo de recorrido de 480 minutos por jornada laboral
- Rapidez en la resolución (C4): El modelo debe ser eficiente en cuanto a tiempo de

cálculo, especialmente cuando se trabaja con un alto número de nodos.

- Simplicidad de resolución computacional (C5): La solución debe ser manejable, evitando sobrecargar los sistemas y permitiendo una implementación práctica.
- Flexibilidad ante condiciones dinámicas (C6): La suma de las distancias recorridas por cada vehículo no debe exceder su capacidad operativa
- Robustez y estabilidad (C7): Todos los servicios programados en los nodos deben ser atendidos, garantizando que no se dejen servicios sin completar.

Estos requerimientos aseguran que la operación sea eficiente, rentable y cumpla con los estándares operativos necesarios.

Mejora 1: Evaluación de modelos de diseño de rutas

Tabla 2: Resultados método AHP

CRITERIO / ALGORITMO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Priorización
Modelo de Programación Lineal	0,0355	0,0278	0,0300	0,2199	0,2189	0,0243	0,0313	10,16%
Modelo VRP Clásico	0,0355	0,0388	0,0300	0,2199	0,2189	0,0398	0,0432	10,46%
VRP con Ventanas de Tiempo	0,0675	0,0667	0,0651	0,2199	0,2189	0,0722	0,0768	8,43%
Heurística del Ahorro	0,1669	0,1776	0,1460	0,0916	0,0913	0,3024	0,1731	14,36%
Heurística de Clusterización	0,1461	0,1654	0,1460	0,0916	0,0913	0,1457	0,1731	13,03%
Heurística del Barrido	0,1717	0,1654	0,1460	0,0916	0,0913	0,1457	0,1731	13,74%
Algoritmo Genético	0,1343	0,1485	0,2678	0,0500	0,0498	0,1457	0,1731	12,00%
Algoritmo de Colonias de Hormigas	0,2424	0,2099	0,1691	0,0155	0,0198	0,1241	0,1562	10,82%
PONDERACIÓN	0,2753	0,1901	0,0952	0,2993	0,0730	0,0335	0,0335	1

Fuente: Elaboración propia

Tras la comparación de los diferentes modelos (anexo 31), se puede observar que:

1. Modelos de Programación Lineal [33], VRP Clásico [34] y VRP con Ventanas de Tiempo [35]: Aunque cumplen con los requisitos fundamentales, no son adecuados para escenarios con un alto número de nodos debido a la complejidad computacional y el tiempo de resolución [36].
2. Heurísticas (Ahorro [37], Clusterización [38], Barrido [39]): Estas heurísticas son más adecuadas para escenarios con muchos nodos, ya que son eficientes en tiempo de resolución y manejables computacionalmente. Cumplen con la minimización de distancias y la capacidad de los vehículos [40].
3. Algoritmos Metaheurísticos (Algoritmo Genético [41] y Colonias de Hormigas [42]): Estos algoritmos son robustos y se adaptan bien a cambios dinámicos, pero pueden tener tiempos de resolución más largos y complejidad computacional alta. Sin embargo,

son muy efectivos en encontrar soluciones cercanas al óptimo en problemas complejos [43].

Modelos Seleccionados: Heurística del Ahorro, Heurística de Clusterización, Heurística del Barrido y Algoritmo Genético.

Comparación de los resultados obtenidos

Desarrollado los modelamientos matemáticos para cada uno de los métodos centrándonos en la minimización de los tiempos, se elaboraron los códigos con el lenguaje de Python, al ejecutarlos obtenemos las asignaciones para cada cuadrilla:

Tabla 3: Resultados obtenidos según cada modelo

Modelo	Asignación resultante
Heurística del Barrido (anexo 11-14)	Vehículo 1: Ruta: ['PSS21', 'PSS28', 'PSS2', 'PSS7', 'PSS18'], Tiempo total: 425 minutos
	Vehículo 2: Ruta: ['PSS9', 'PSS13', 'PSS12', 'PSS20'], Tiempo total: 443 minutos
	Vehículo 3: Ruta: ['PSS24', 'PSS19', 'PSS3'], Tiempo total: 449 minutos
	Vehículo 4: Ruta: ['PSS8', 'PSS1', 'PSS27'], Tiempo total: 454 minutos
	Vehículo 5: Ruta: ['PSS23', 'PSS6', 'PSS22', 'PSS16', 'PSS14', 'PSS15', 'PSS17'], Tiempo total: 469 minutos
	Vehículo 6: Ruta: ['PSS11', 'PSS25', 'PSS5', 'PSS4'], Tiempo total: 437 minutos
	Vehículo 7: Ruta: ['PSS26', 'PSS10', 'PSS29'], Tiempo total: 365 minutos
Heurística del Ahorro	Vehículo 1 ruta: [PSS1, PSS3, PSS9, PSS24], Tiempo total: 343 minutos
	Vehículo 2 ruta: [PSS2, PSS4, PSS29], Tiempo total: 360 minutos
	Vehículo 3 ruta: [PSS5, PSS11, PSS25, PSS26], Tiempo total: 325 minutos
	Vehículo 4 ruta: [PSS6, PSS23, PSS27, PSS14, PSS15, PSS16, PSS17], Tiempo total: 477 minutos
	Vehículo 5 ruta: [PSS7, PSS10, PSS21, PSS28], Tiempo total: 340 minutos
	Vehículo 6 ruta: [PSS8, PSS19, PSS20], Tiempo total: 449 minutos
	Vehículo 7 ruta: [PSS12, PSS22, PSS13, PSS18], Tiempo total: 294 minutos
Heurística de Clusterización (anexo 16-18)	Vehículo 1: Ruta ['PSS2', 'PSS5', 'PSS10', 'PSS11', 'PSS24'], Tiempo total: 438 minutos
	Vehículo 2: Ruta ['PSS1', 'PSS3', 'PSS9', 'PSS18', 'PSS21'], Tiempo total: 457 minutos
	Vehículo 3: Ruta ['PSS8', 'PSS26'], Tiempo total: 470 minutos
	Vehículo 4: Ruta ['PSS19', 'PSS20', 'PSS27', 'PSS28'], Tiempo total: 480 minutos
	Vehículo 5: Ruta ['PSS12', 'PSS13', 'PSS14', 'PSS15', 'PSS16', 'PSS17', 'PSS25'], Tiempo total: 473 minutos
	Vehículo 6: Ruta ['PSS4', 'PSS7'], Tiempo total: 377 minutos
	Vehículo 7: Ruta ['PSS6', 'PSS22', 'PSS23'], Tiempo total: 238 minutos
Algoritmo Genético (anexo 19-20)	Vehículo 1: Ruta ['PSS8', 'PSS27'], Tiempo total: 392 minutos
	Vehículo 2: Ruta ['PSS26', 'PSS10', 'PSS21', 'PSS7', 'PSS28'], Tiempo total: 386 minutos
	Vehículo 3: Ruta ['PSS9', 'PSS24', 'PSS13', 'PSS25', 'PSS17'], Tiempo total: 401 minutos
	Vehículo 4: Ruta ['PSS15', 'PSS16', 'PSS23', 'PSS3', 'PSS18'], Tiempo total: 386 minutos
	Vehículo 5: Ruta ['PSS2', 'PSS12', 'PSS14', 'PSS6', 'PSS22'], Tiempo total: 374 minutos
	Vehículo 6: Ruta ['PSS29', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS11'], Tiempo total: 391 minutos
	Vehículo 7: Ruta ['PSS1', 'PSS19', 'PSS20'], Tiempo total: 379 minutos

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la eficiencia operativa y económica de las rutas de transporte utilizadas por las cuadrillas de MABARA Contratistas Generales S.C.R.L., se han aplicado estos cuatro métodos distintos, cada uno de estos enfoques ofrece una perspectiva única sobre la optimización de rutas y la asignación de recursos. A continuación, se presenta una tabla comparativa de los resultados obtenidos con cada método en relación con los indicadores

clave de desempeño, permitiendo un análisis detallado de las variaciones y mejoras logradas con cada técnica aplicada.

Tabla 4: Comparación de indicadores resultantes

INDICADOR	BARRIDO		AHORRO		CLUSTER.		GENÉTICO	
INGRESOS	S/	4 548,85	S/	4 548,85	S/	4 548,85	S/	4 548,85
COSTOS MANO DE OBRA	S/	861,56	S/	861,56	S/	861,56	S/	861,56
COSTOS COMBUSTIBLE	S/	1 570,03	S/	1 270,43	S/	1 568,75	S/	1 411,30
N° DE SERVICIOS REALIZADOS		29		29		29		29
TIEMPOS DE TRASLADO (Promedio)		279,6		214,7		290,7		232
DISTANCIA RECORRIDA		1 406,5		1 156,1		1 418,4		1 303,1
TIEMPO DE RESOLUCIÓN (seg.)		0,1		9		21		118

Fuente: Elaboración propia

La tabla comparativa anterior muestra los resultados obtenidos mediante los modelos de barrido, ahorro y clusterización revela importantes diferencias en términos de eficiencia operativa y los indicadores clave de desempeño. Todos los métodos muestran un mismo nivel de ingresos de S/ 4 548,85 y costos de mano de obra de S/ 861,56. Sin embargo, los costos de combustible varían, siendo más bajos en el método del ahorro (S/ 1 270,43) y ligeramente superiores en el modelo de clusterización (S/ 1 568,75), el modelo de barrido (S/ 1 570,03) y el algoritmo genético (S/ 1 411,30).

En términos de tiempos de traslado promedio, el método del ahorro muestra una significativa reducción a 214,7 minutos, en comparación con los 290,7 minutos del modelo de clusterización, los 279,6 minutos del modelo de barrido y los 232 minutos. La distancia recorrida es más corta en el método del ahorro con 1 156,1 km, mientras que el modelo de clusterización, el modelo de barrido y el algoritmo genético presentan distancias de 1 418,4 km, 1 406,5 km y 1 303,1, respectivamente. Detallando, los ingresos aumentaron en 5,1%, los costos por horas extra ahora son 0%, los costos por combustible disminuyeron en 27,1%, se cumplen el 100% de los servicios, los tiempos de traslado se redujeron en 33%. En general, estos resultados indican que el método del ahorro ofrece la mayor eficiencia operativa y el mejor balance económico, mientras que el modelo de clusterización y el modelo de barrido también proporcionan mejoras significativas en comparación con el escenario real.

Además de los resultados expuestos en la tabla comparativa, se presenta en los anexos información complementaria detallada para cada modelo de ruteo empleado en el estudio, estos permiten profundizar en los aspectos metodológicos y operativos de cada heurística, proporcionando una visión completa de su estructura, asignación de rutas y desempeño en términos de eficiencia operativa.

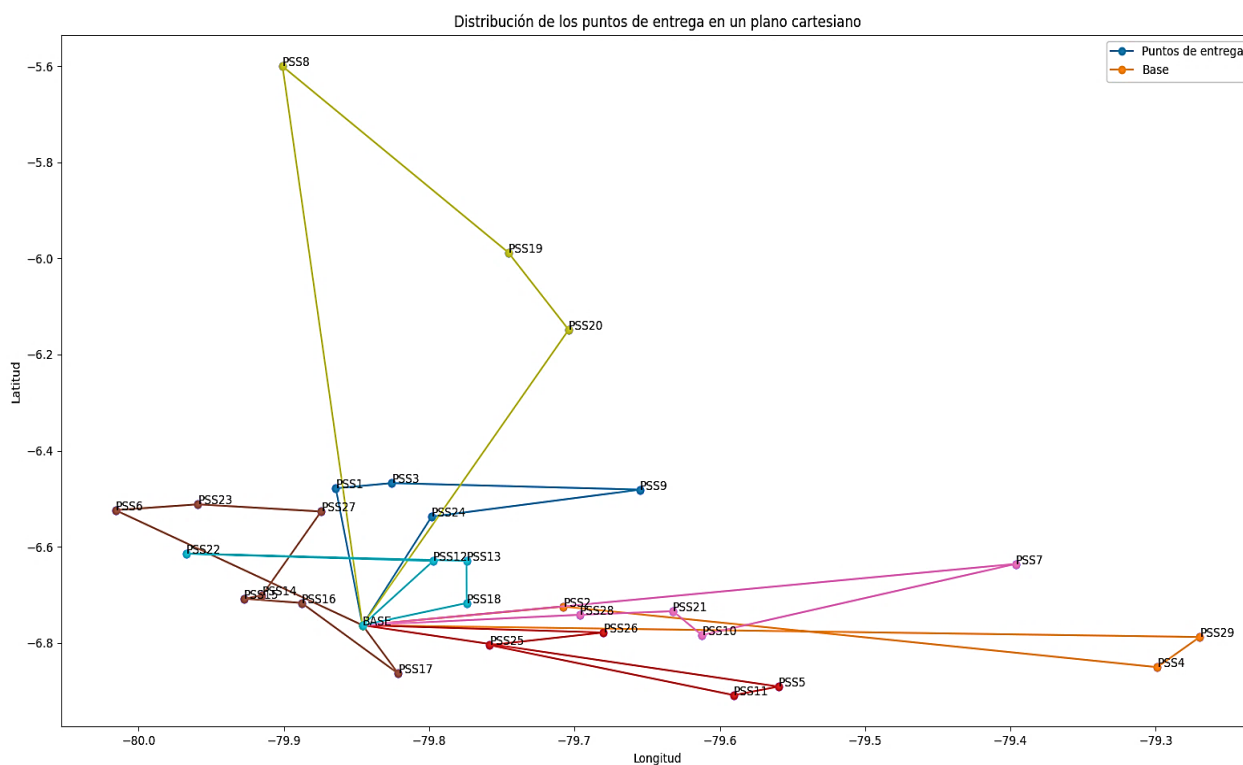
Para el **modelo de barrido**, se incluye un diagrama de flujo en el anexo 11 que ilustra de manera detallada el proceso de asignación de rutas a los vehículos, aquí se visualiza las etapas desde la identificación de puntos de suministro hasta la asignación final, resaltando el enfoque sistemático que sigue para cubrir las demandas de cada punto de manera secuencial. El gráfico de asignación de rutas, en el anexo 12, permite observar cómo se organiza la distribución de las rutas a cada vehículo bajo este enfoque; se ha anexado el código de programación para la implementación del modelo (anexo 21) que sigue la estructura técnica del mismo.

En el caso del **modelo de clusterización**, el anexo 16 presenta el diagrama de flujo que detalla la secuencia de agrupamiento de puntos de entrega y la asignación de vehículos, destacando las fases de identificación y formación de clusters según la proximidad geográfica y demanda, esta estructura organizacional optimiza la cobertura de rutas al agrupar puntos cercanos, minimizando así el tiempo de viaje. El gráfico de asignación de rutas de este modelo se encuentra en el anexo 17, y muestra cómo se segmentan los clusters y se asignan a cada vehículo, visualizando la distribución geográfica y logística de las rutas; el anexo 23 contiene el código de programación.

Para el **algoritmo genético**, el anexo 19 incluye un diagrama de flujo que ilustra el proceso iterativo de selección, cruce y mutación de rutas, este proporciona una visión clara de cómo el algoritmo explora diversas configuraciones de rutas para llegar a una solución óptima, adaptándose a las necesidades de transporte de Mabara mediante la evolución de las rutas. En el anexo 20, el gráfico de asignación de rutas permite visualizar cómo el algoritmo distribuye las rutas para los vehículos tras múltiples iteraciones, dando una imagen clara del impacto en la eficiencia de los trayectos, finalmente, el anexo 24 presenta el código de programación, el cual permite entender la implementación técnica del algoritmo genético y cómo se adapta a las condiciones específicas de la operación en Mabara.

Al obtener a la heurística de ahorro como el ganador (debido a los indicadores resultantes), se presentan a continuación la asignación (graficada), modelamiento matemático, el funcionamiento y la descripción del código:

Imagen 2: Gráfico de la heurística de ahorro



Fuente: Elaboración propia

Modelamiento

INDICES

- i : nodo de partida $i \{0, 1, 2, \dots, 29\}$; $i = 0 \rightarrow$ Base
- j : nodo de llegada $j \{0, 1, 2, \dots, 29\}$; $j = 0 \rightarrow$ Base
- k = índice de los vehículos $k \{1, 2, \dots, 7\}$

PARÁMETROS

- D_{ij} : distancia entre el nodo i y el j
- Q : capacidad máxima de tiempo que puede recorrer un vehículo
- M : número máximo de vehículos disponibles
- θ_i : ángulo polar del nodo i con respecto a base

VARIABLES DE DECISIÓN

- X_{ij} : variable binaria que indica si el vehículo k viaja del nodo i al nodo j

FUNCIÓN OBJETIVO:

$$\min \sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N D_{ij} X_{ijk}$$

RESTRICCIONES:

1. Cada punto de servicio es visitado exactamente una vez por un vehículo:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=0, j \neq i}^N x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, N\}$$

2. Cada vehículo sale del depósito y regresa a él:

$$\sum_{j=1}^N x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, M\}$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i0k} = 1 \quad \forall k \in \{1, \dots, M\}$$

3. Si un vehículo entra en un punto, debe salir de ese mismo punto:

$$\sum_{i=0}^N X_{ijk} = \sum_{j=0}^N x_{ijk} \quad \forall k \in \{1, \dots, M\}, \forall j \in \{1, \dots, N\}$$

4. La capacidad del vehículo no debe ser excedida:

$$\sum_{i=1}^N D_i x_{ijk} \leq Q_k \quad \forall k \in \{1, \dots, M\}$$

Donde p_i es la demanda del punto i y P_k es la capacidad del vehículo k

5. Subtours son eliminados (restricciones de subtour):

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S, j \neq i} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V, 2 \leq |S| \leq N$$

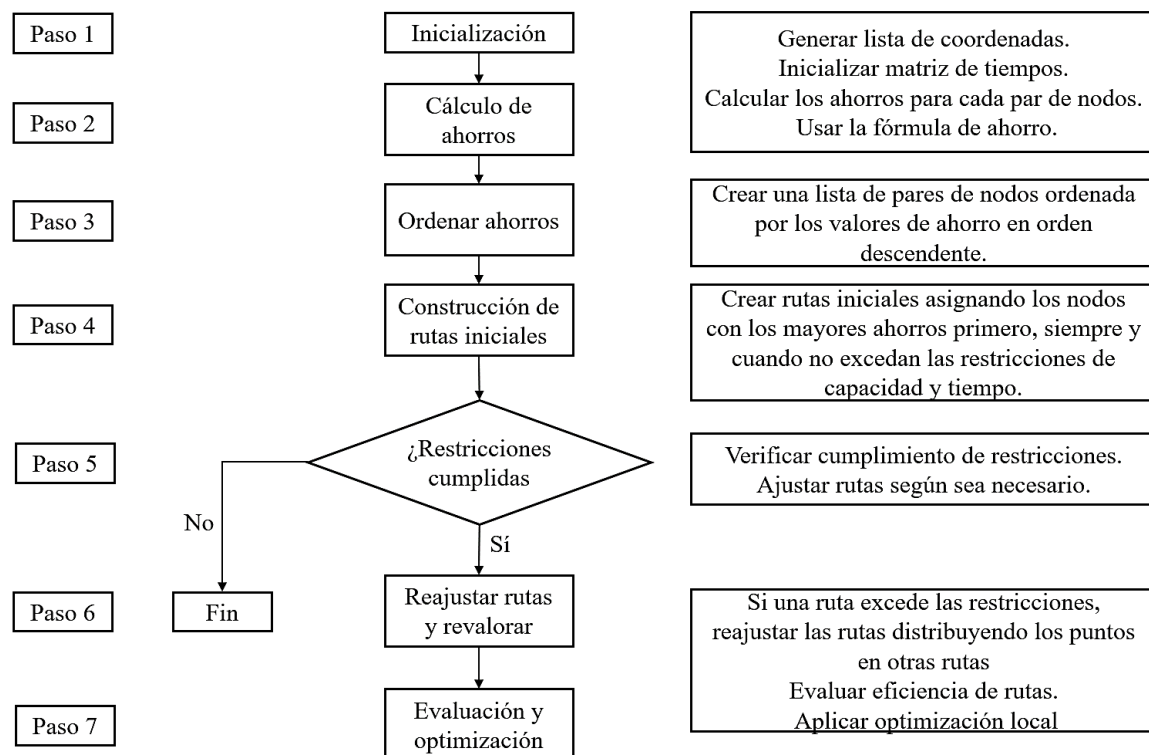
6. Variables binarias:

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}$$

Funcionamiento

Se destaca que dentro de la ordenación y asignación de los ahorros existen:

- Fórmula del ahorro: Usar la fórmula del ahorro $s_{ij} = D_{0i} + D_{0j} - D_{ij}$ para todos los pares de nodos i, j .
- Ordenar los pares de nodos en función de los ahorros calculados, en orden descendente.
- Crear una lista de pares de nodos ordenada por los valores de ahorro s_{ij} en orden descendente.

Imagen 3: Funcionamiento de la heurística de ahorro

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de la programación

Uso de Python y Librerías

Para la implementación de la heurística de ahorro, se ha utilizado Python, un lenguaje de programación versátil y ampliamente utilizado en el ámbito del análisis de datos y la optimización. En particular, se han utilizado las siguientes librerías:

- NumPy: Para operaciones numéricas y de matriz, facilitando el manejo de datos y cálculos matemáticos.
- Pandas: Para la manipulación y análisis de datos en estructuras tabulares (DataFrames), lo que permite gestionar y transformar la matriz de tiempos de desplazamiento de manera eficiente.
- Matplotlib: Para la visualización de datos y gráficos, lo que ayuda a representar visualmente las rutas generadas y los puntos de entrega.

Descripción General de la Programación

En el **anexo 22**, se presenta un código desarrollado para resolver el problema de ruteo de vehículos utilizando la heurística de ahorro. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes del desarrollo:

1. Inicialización de Datos
 - Se definen las coordenadas del depósito y los puntos de entrega. Estas coordenadas se almacenan en un diccionario.
 - Se crea una matriz de tiempos de desplazamiento que representa el tiempo de viaje entre cada par de puntos, incluyendo el depósito.
2. Cálculo de Ahorros
 - Se define una función que calcula los ahorros para cada par de puntos de entrega. El ahorro se calcula utilizando la fórmula donde se tienen en cuenta los tiempos de viaje desde el depósito a los nodos de servicio.
3. Ordenación de Ahorros
 - Se genera una lista de pares de puntos junto con sus ahorros correspondientes.
 - Esta lista se ordena en orden descendente de ahorros, de manera que los mayores ahorros se consideren primero al construir las rutas.
4. Construcción de Rutas Iniciales
 - Se inicializan las rutas con cada punto de entrega en su propia ruta.
 - Utilizando la lista de ahorros ordenada, se intentan combinar rutas para maximizar los ahorros, siempre y cuando la combinación de rutas no exceda la restricción de tiempo máximo permitido para cada ruta.
5. Verificación y Ajuste de Rutas
 - Una vez construidas las rutas iniciales, se verifica que todas cumplan con la restricción de tiempo máximo. Si alguna ruta excede este tiempo, se ajustan redistribuyendo puntos de entrega entre otras rutas.
6. Evaluación y Optimización
 - Finalmente, se evalúan las rutas generadas y se aplican optimizaciones locales para mejorar la eficiencia general del ruteo.

Mejora 2: Capacitaciones a los técnicos sobre la planificación de rutas de transporte

Esta mejora se llevará a cabo por una empresa independiente que será contratada para las capacitaciones, a continuación se presenta el plan de capacitaciones correspondiente:

1. Actividad:

MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. se dedica a la prestación de servicios eléctricos a diversas sucursales de Electronorte S.A. (ENSA) en la región de Lambayeque. La empresa busca mejorar la eficiencia operativa a través de la capacitación de sus técnicos en la planificación y optimización de rutas.

2. Objetivos:

Objetivos Generales:

- Capacitar a los técnicos en el diseño de rutas para que desempeñen sus funciones de forma eficiente, reduciendo tiempos de traslado y costos operativos.
- Desarrollar las habilidades de los técnicos para que puedan mejorar su desempeño y crecer dentro de la empresa.

Objetivos Específicos:

- Desarrollar actividades formativas que permitan a los técnicos adquirir los conocimientos necesarios para la planificación y optimización de rutas.
- Actualizar y modernizar los conocimientos de los técnicos en el uso de tecnologías de información geográfica y herramientas de optimización de rutas.
- Incrementar la eficiencia operativa y la competitividad de la empresa a través de una mejor planificación logística.

3. Alcance: La capacitación será brindada a todos los técnicos de MABARA Contratistas Generales S.C.R.L., especialmente a aquellos encargados de la planificación y ejecución de rutas de servicio.

4. Justificación: El recurso humano es el pilar clave de toda organización, es crucial que los técnicos de MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. trabajen de manera efectiva y estén capacitados en el diseño de rutas, ya que esto impacta directamente en la eficiencia operativa. La falta de capacitación en la planificación de rutas óptimas puede llevar a tiempos de traslado innecesarios, mayores costos de combustible y mano de obra.

5. Cotización: Revisar anexo 34

6. Temas:

- Proceso Logístico de la Empresa
- Manejo Correcto de Tecnologías de Información Geográfica (SIG)

- Uso de Herramientas de Optimización de Rutas
- Técnicas de Planificación de Rutas
- Indicadores de Eficiencia Operativa
- Gestión y Monitoreo de Rutas

7. Cronograma: Revisar anexo 25

Para garantizar la selección óptima de la empresa encargada de llevar a cabo la capacitación, se utilizó una matriz de enfrentamiento como herramienta de análisis. Este método permite comparar diversas alternativas de empresas capacitadoras bajo criterios específicos, como experiencia, calidad del servicio, costo y adaptabilidad a las necesidades de la organización (anexo 32). De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de enfrentamiento, HAACI ha sido seleccionada como la mejor opción para llevar a cabo la capacitación, con un puntaje total de 2,50.

Tabla 5: Resultados matriz de enfrentamiento capacitadora

Criterio / Opción	Costos			Accesibilidad			Respaldo			Calidad de servicio			TOTAL
	Val.	Peso	Ptos.	Val.	Peso	Ptos.	Val.	Peso	Ptos.	Val.	Peso	Ptos.	
Go Cursos	1	41,7%	0,42	1	20,8%	0,2083	2	16,7%	0,33	2	20,8%	0,42	1,04
Sidem	2	41,7%	0,83	2	20,8%	0,4167	1	16,7%	0,17	1	20,8%	0,21	1,46
HAACI	3	41,7%	1,25	3	20,8%	0,625	3	16,7%	0,5	3	20,8%	0,63	2,50

Fuente: Elaboración propia

Resultados de capacitaciones

En el contexto de la capacitación en la planificación de rutas de transporte, no se puede observar directamente la implementación de un plan de capacitación específico en MABARA. Sin embargo, es posible sustentar la eficacia de dicha capacitación mediante antecedentes documentados en estudios y tesis académicas. En la tesis elaborada por Núñez y Pacheco [17] titulada "Optimización del proceso de gestión de flota para una empresa de transporte de carga por carretera usando Machine Learning, BI, GPS y SMS Gateway," se presenta una metodología clara para la capacitación de operarios en el uso de tecnologías avanzadas para la optimización de rutas, los autores implementaron un programa de capacitación que permitió a los operarios utilizar tecnologías de optimización de rutas de manera más efectiva. Los resultados de la capacitación se tradujeron en una mejora del 12 % en la eficiencia operativa y una reducción significativa de los costos operativos, lo cual demuestra la importancia y el impacto positivo de la capacitación en la planificación de rutas. De manera similar, se espera que un programa de capacitación en la empresa tenga un impacto positivo en la eficiencia operativa, reducción de costos y mejora en el servicio al cliente (anexo 26).

Mejora 3: Propuesta de software de SIG

Para mejorar la planificación y optimización de rutas en MABARA Contratistas Generales S.C.R.L., se propone la implementación de un software de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta herramienta permitirá a la empresa utilizar datos geospaciales precisos y actualizados para modelar y optimizar rutas de manera eficiente, especialmente al emplear la heurística del ahorro. A continuación, se presenta una tabla comparativa de diferentes softwares de SIG que se adaptan mejor a las necesidades de la empresa, considerando su funcionalidad, facilidad de uso, costos y compatibilidad con el modelamiento heurístico.

Tabla 6: Comparación de softwares de SIG

CRITERIO / ALGORITMO	Funcionalidad	Facilidad de Uso	Costos	Compatibilidad con Heurística del Ahorro	PRIORIZACIÓN
ArcGIS	0,274	0,177	0,177	0,274	24,34%
QGIS	0,104	0,138	0,138	0,104	11,46%
MapInfo Pro	0,077	0,074	0,074	0,077	7,60%
Google Earth Pro	0,055	0,537	0,537	0,055	20,85%
Maptitude	0,490	0,074	0,074	0,490	35,76%
PONDERACIÓN	0,564	0,160	0,159	0,117	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la matriz AHP (anexo 33), el software Maptitude ha sido seleccionado como el ganador (35% de priorización) debido a varias razones que lo hacen la opción más adecuada para MABARA Contratistas Generales S.C.R.L. en el contexto de la planificación y optimización de rutas utilizando la heurística del ahorro, basándonos en los criterios de funcionalidad alta, facilidad de uso, costos, compatibilidad con la heurística de ahorro y adaptabilidad a la programación. Con la incorporación de un software de SIG como Maptitude, todos los puntos de suministro podrán ser incluidos de manera sistemática y eficiente, se proyecta que el 100% de los puntos de suministro sean incluidos en la planificación (para el escenario en cuestión), revisar la ficha de nivel de utilización en el anexo 27.

$$\% \text{ de utilización de SIG} = \frac{29}{29} * 100 = 100\%$$

Contratación de Asistente de Operaciones para ruteo de vehículos

Como parte de acompañar todas las propuestas planteadas para la mejora operativa, se plantea la contratación de un Asistente de Operaciones, cuyo rol principal será la gestión y planificación del ruteo de vehículos de la empresa. Este nuevo personal se encargará de organizar las rutas de manera óptima, asegurando que se cumplan las restricciones de tiempo y capacidad de los vehículos, y que las operaciones logísticas se realicen de forma eficiente (revisar anexo 28).

Resumen de indicadores

A partir de los resultados obtenidos mediante la implementación del método de ahorro para el ruteo de vehículos y las otras dos mejoras, podemos elaborar una tabla comparativa entre los indicadores previos y los obtenidos.

Tabla 7: Resumen de indicadores

CRITERIO	SIN PROPUESTA DE MEJORA	CON PROPUESTA DE MEJORA	
	Valor (S/.)	Valor (S/.)	Δ%
Ingresos	2 508 107,21	2 636 939,07	5
Costos combustibles	1 044 876,98	818 394,59	-27,1
Costos mano de obra	345 600,00	324 750,00	-14,1
Costos alquiler	362 880,00	362 880,00	-
Otros gastos	-	189 833,53	-
% de capacitación	0%	100%	-
% de utilización	0%	100%	-
Eficiencia Operativa	123,33 %	146,18%	18,52

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia operativa es de 123,33%, tras la implementación de las nuevas estrategias basadas en el método de ahorro, esta cifra aumentó a 146,18%, lo que representa una variación positiva del 18,52%, esto significa una mejora en el uso de los recursos, con una notable reducción en los costos de combustibles y mano de obra.

Evaluar económica y financieramente la propuesta de diseño de rutas de transporte aplicada a la empresa Mabara Contratistas Generales S.C.R.L

Para iniciar esta evaluación, se presenta una tabla con los costos y la inversión requerida para la implementación de la propuesta de mejora (revisar anexo 41).

Tabla 8: Inversión y costos de la propuesta

Descripción	Cantidad	Precios Unitarios (S/.)	Precios Totales (S/.)
<u>Inversiones</u>			
Software Maptitude	15	3 347,3	50 209,5
Laptop	15	4 200	63 000
Celular	15	2 300	34 500
HH dedicadas a la optimización	936	35,45	33 179,33
Materiales Capacitación	15	200	3000
HH dedicadas al plan de capacitación	30	35,45	1 063,44
Instalación de GPS	7	700	4 900
Subtotal			189 852,27
Imprevistos (5%)			9 492,61
Total			199 344,8
<u>Costos (anuales)</u>			
Mensualidad software	15	1 338,92	20 083,8
Mantenimiento Laptop	15	125	875
Línea de celular	15	660	9 240
Asistente de operaciones	1	67 351,2	67 351,2
HH dedicadas a la capacitación	350	35,45	12 406,8
Capacitación	15	317,90	4 768,50
GPS	7	1 365,1	9 555,7
Total			124 281,00

Fuente: Elaboración propia

La inversión inicial asciende a S/ 199 344,8, se ha considerado la adquisición de 15 licencias de software Maptitude (anexo 35), laptops y celulares, dado que se busca equipar a los 14 técnicos de las cuadrillas y al supervisor de sucursales, (anexo 36 y 37). Las horas dedicadas al diseño de rutas corresponden al trabajo realizado por el supervisor, quien es responsable de supervisar y ajustar continuamente las rutas de transporte en función de las necesidades operativas. La instalación de GPS en los 7 vehículos, permite un monitoreo preciso de los desplazamientos (anexo 40). Adicionalmente, se ha incluido un 5% del total como imprevistos, con el propósito de cubrir cualquier gasto no contemplado que pueda surgir durante la implementación.

Los costos anuales asociados al mantenimiento y operación de la propuesta suman S/ 124 281,00, distribuidos en la mensualidad del software que se calcula para 15 licencias (anexo 45), correspondientes a los equipos adquiridos, el mantenimiento de los equipos

contempla el servicio técnico para las 7 laptops (anexo 38), la línea de celular se asigna a los 14 técnicos para garantizar la comunicación fluida (anexo 39). La contratación de un asistente de operaciones tiene como propósito gestionar y diseñar las rutas de transporte, aplicando los criterios previamente establecidos, asegurando la eficiencia del proceso logístico. Los costos de la capacitación y las horas hombre dedicadas a la misma (15 personas), garantizan que cada miembro del equipo cuente con las competencias necesarias, finalmente, los costos anuales del GPS se calculan para los 7 vehículos de las cuadrillas.

Los beneficios obtenidos tras la implementación del diseño de rutas de transporte reflejan mejoras significativas en diversos aspectos. En primer lugar, los ingresos experimentaron un incremento del 5,1%, resultado de la mayor eficiencia operativa y optimización de las rutas. Asimismo, los costos de mano de obra se redujeron en un 22,5%, debido a la eliminación de horas extras gracias a una mejor planificación y asignación de recursos. Por su parte, los costos de combustible disminuyeron en un 27,1%, representando una mejora en la eficiencia del uso de los vehículos, reduciendo tiempos de traslado y distancias recorridas innecesarias. Estos beneficios evidencian el éxito de la propuesta de mejora en términos de ahorro y productividad.

Tabla 9: Beneficios de propuesta

CRITERIO	Valores actuales	Beneficio con la implementación	Ahorro
	Valor (S/.)	Valor (S/.)	Valor (S/.)
Ingresos	2 508 107,21	2 636 939,07	128 831,86
Costos combustibles	1 044 876,98	818 394,59	226 482,38
Costos mano de obra	345 600,00	324 750,00	20 850,00
Costos alquiler	362 880,00	362 880,00	0

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, los beneficios de implementar la propuesta de diseño de rutas de transporte incluyen:

- ✓ Aumentar los ingresos de la empresa al optimizar las operaciones de transporte.
- ✓ Reducir los costos de combustible mediante una mejor planificación de rutas.
- ✓ Disminuir los costos de mano de obra al eliminar horas extras innecesarias.
- ✓ Optimizar el uso de los vehículos, reduciendo tiempos y distancias recorridas.
- ✓ Facilitar una mejor distribución de las cargas de trabajo entre los vehículos.
- ✓ Maximizar el número de servicios realizados dentro de los tiempos planificados.

Para el cálculo de la inversión TMAR (revisar anexo 29), en el caso de la inversión propia, se aplica una tasa del 2% [47] como inflación estimada, con una expectativa de

ganancia del 15% (riesgo medio), alcanzando un aporte del 17% en términos financieros. Por otro lado, con un interés de 5,23% asociada al préstamo requerido para completar los costos iniciales. La decisión de financiar un 20% de la inversión y cubrir el 80% con recursos propios responde a la estrategia de la empresa de minimizar los costos financieros y reducir al máximo los intereses derivados del financiamiento externo. El cálculo de la TMAR resultó en un 14,65%, representando el rendimiento mínimo requerido para la viabilidad financiera de la propuesta. Este valor combina la inversión propia y el financiamiento externo, ponderados según su participación.

Tabla 10: TMAR global

	Aporte (%)	TMAR (%)	Ponderado (%)
Inversión Propia	80	17	13,6
Financiamiento	20	5,23	1,05
	TMAR GLOBAL		14,65

Fuente: Elaboración propia

Como parte del financiamiento necesario para implementar la propuesta de mejora, se ha considerado un préstamo que cubre el 20% de la inversión total, equivalente a S/ 39 868,98; este financiamiento tendrá un plazo de 5 años, con una tasa de interés del 5,23%, y su objetivo es cubrir parte de los costos iniciales de la implementación del diseño de rutas de transporte, lo que permitirá mantener un flujo de caja equilibrado y garantizar la viabilidad financiera de la propuesta en su fase inicial.

Teniendo en cuenta los gastos financieros (revisar anexo 30), se presenta el análisis económico y financiero detallado de la propuesta de diseño de rutas de transporte y las otras mejoras, considerando tanto los ingresos como los costos asociados a la implementación. Para evaluar el impacto real de la propuesta en la empresa, se incluyen los estados de resultados y el flujo de caja proyectado, estos permitirán posteriormente analizar los Beneficio/Costo, VAN, Tasa Interna de Retorno y el tiempo de recuperación de la propuesta a lo largo del tiempo, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas.

Tabla 11: Estado de resultados

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS TOTALES (+)	S/ 376 164,25	S/ 383 687,53	S/ 391 361,29	S/ 399 188,51	S/ 407 172,28
COSTOS DE PRODUCCIÓN (-)	S/ 153 025,95	S/ 156 086,47	S/ 159 208,20	S/ 162 392,36	S/ 165 640,21
UTILIDAD BRUTA (=)	S/ 223 138,30	S/ 227 601,07	S/ 232 153,09	S/ 236 796,15	S/ 241 532,07
Gastos Administrativos (-)	S/ 13 892,10	S/ 14 169,94	S/ 14 453,34	S/ 14 742,41	S/ 15 037,26
Depreciación (-)	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00
UTILIDAD OPERATIVA (=)	S/ 199 496,20	S/ 203 681,12	S/ 207 949,75	S/ 212 303,74	S/ 216 744,82
Gastos de Financiamiento (Intereses) (-)	S/ 2 083,49	S/ 1 666,79	S/ 1 250,10	S/ 833,40	S/ 416,70
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO (=)	S/ 197 412,71	S/ 202 014,33	S/ 206 699,65	S/ 211 470,34	S/ 216 328,12
Impuesto a la renta (29,5%) (-)	S/ 58 236,75	S/ 59 594,23	S/ 60 976,40	S/ 62 383,75	S/ 63 816,79
UTILIDADES NETAS (=)	S/ 139 175,96	S/ 142 420,10	S/ 145 723,25	S/ 149 086,59	S/ 152 511,32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Flujo de caja

Ítems	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<i><u>Inversión</u></i>						
Capital Social	S/ 159 475,91					
Préstamos a CP y LP	S/ 39 868,98					
Total de Inversión	S/ 199 344,88					
TOTAL de INGRESOS (+)		S/ 376 164,25	S/ 383 687,53	S/ 391 361,29	S/ 399 188,51	S/ 407 172,28
<i><u>EGRESOS</u></i>						
Costos Operativos		S/ 153 025,95	S/ 156 086,47	S/ 159 208,20	S/ 162 392,36	S/ 165 640,21
Amortización de préstamos		S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80
Reinversión		S/ 4 063,44	S/ 4 144,71	S/ 4 227,60	S/ 4 312,16	S/ 4 398,40
TOTAL de EGRESOS (-)		S/ 165 063,19	S/ 168 204,97	S/ 171 409,60	S/ 174 678,31	S/ 178 012,40
SALDO BRUTO (antes de impuestos) (=)		S/ 211 101,06	S/ 215 482,56	S/ 219 951,69	S/ 224 510,20	S/ 229 159,88
Impuesto a la Renta 29,5%		S/ 62 274,81	S/ 63 567,36	S/ 64 885,75	S/ 66 230,51	S/ 67 602,16
SALDO (después de impuestos)		S/ 148 826,25	S/ 151 915,21	S/ 155 065,94	S/ 158 279,69	S/ 161 557,71
Depreciación		S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00	S/ 9 750,00
SALDO FINAL (FNE)	-S/ 159 475,91	S/ 158 576,25	S/ 161 665,21	S/ 164 815,94	S/ 168 029,69	S/ 171 307,71
UTILIDAD ACUMULADA	-S/ 159 475,91	-S/ 899,65	S/ 160 765,55	S/ 325 581,49	S/ 493 611,18	S/ 664 918,90
CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA	-S/ 159 475,91	S/ 158 576,25	S/ 161 665,21	S/ 164 815,94	S/ 168 029,69	S/ 171 307,71

Fuente: Elaboración propia

El análisis financiero y el flujo de caja del proyecto permiten observar un escenario muy positivo para la propuesta de mejora en las rutas de transporte; en primer lugar, el VAN de S/ 394 984,58, indica que el proyecto no solo cubrirá los costos iniciales de inversión, sino que también generará una ganancia significativa. Además, la TIR del 95,76% (*iv*) demuestra que los retornos generados por la inversión serán notablemente superiores al costo de oportunidad, superando ampliamente la TMAR del 14,65%, confirmando así que el proyecto es rentable y tiene un riesgo reducido. Por otro lado, la relación beneficio/costo de 1,69 indica que, por cada sol invertido, se obtendrán S/ 1,69 de retorno, lo que reafirma la conveniencia de llevar adelante la propuesta. Asimismo, el tiempo de recuperación de la inversión, estimado en 1 año (0,99 años) significa que la empresa podrá recuperar los fondos invertidos en un periodo relativamente corto, lo cual es crucial para mantener la liquidez y continuar con otras inversiones estratégicas.

Discusiones

En el diagnóstico de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L., los tiempos productivos alcanzaron un 57% (273,06 minutos diarios), una cifra considerablemente inferior al 70% registrado por Prananda [7] y al 65% reportado por Mendieta [11]. Esto revela una subutilización del tiempo de trabajo en Mabara, lo que sugiere una necesidad urgente de optimización en la gestión de rutas para incrementar la eficiencia operativa. Respecto a los costos de combustible, Mabara destina el 39,62% de sus ingresos, una carga mayor en comparación con Mendieta [11], quienes reportaron un 25%, y con Hao Li [10], que registró un 26%. En cuanto a los costos por mano de obra, Mabara experimenta un aumento del 14,28% debido a horas extras no planificadas, lo cual es significativamente mayor al 5% observado por Mendieta [11], indicando una gestión menos eficiente del tiempo de trabajo. Finalmente, la eficiencia operativa de Mabara es del 123,33%, inferior a los resultados obtenidos por Hao Li [10] 140%, y Damayanti [12] 135%, lo que indica que, aunque es positiva, existe un margen para mejorar aún más mediante el diseño de rutas y con esto una gestión más eficaz de los recursos operativos.

La aplicación de la heurística del ahorro en Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. mejoró la eficiencia operativa de 123,33% a 146,7%, incrementándola en 15,52%, con una reducción del 14,28% en los costos de mano de obra y del 21,7% en los costos de combustible. Comparado con Hao Li [10], quienes lograron una reducción del 20% en los costos asociados a los traslados y aumentaron la eficiencia en un 15%, los resultados de Mabara destacan por una mayor mejora en la eficiencia operativa. Sulemana [8], al usar el

software asociado a ArcGIS, redujo los tiempos en un 14,5% y los kilómetros recorridos en un 9%, mientras que en Mabara los tiempos de traslado se redujeron en un 33% y la distancia en un 21,4%, mostrando una mayor optimización en tiempo y costos operativos.

Por otro lado, Ran, Shi, y Geng [15] reportaron una reducción del 20% en costos de combustible y una mejora en la eficiencia operativa del 15%, resultados comparables a los de Mabara, que elevó dicha eficiencia al 146,7%. Damayanti et al. [12], con el método Saving Matrix, redujeron la distancia en un 45,91% y aumentaron la eficiencia al 148%. Aunque la reducción de distancia en Mabara fue menor, la mejora en la eficiencia fue notable, especialmente considerando que Damayanti et al. utilizaron un software especializado en solo reducir distancias, mientras que en Mabara se empleó programación en Python a través de Visual Code, lo que permitió una mayor personalización en la optimización de rutas de transporte.

El análisis financiero de la propuesta de diseño de rutas de transporte en Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. arrojó resultados muy favorables. El VAN de S/ 394 984,58 refleja una ganancia considerable, indicando que el proyecto es altamente viable, con un TIR de 95,76%, muy superior al Prananda [8], con 10,4%. Al comparar la relación beneficio/costo de 1,69 con los estudios de Prananda [8], que obtuvo una relación de 1,5 y Mendieta [11] que logró 1,48; los resultados de Mabara demuestran una mayor eficiencia financiera, lo que confirma que la propuesta es más rentable en términos de retorno por inversión. Asimismo, el tiempo de recuperación de la inversión en Mabara es de 1 año, mucho menor que los 6 años registrados por Prananda [8] y los 2 años en el estudio de Mendieta [11], lo que indica que la empresa podrá recuperar su inversión en un periodo más corto. Estos resultados en su conjunto confirman que el proyecto de optimización de rutas no solo es económicamente viable, sino que también se presenta como una opción más eficiente y rentable comparado con proyectos similares en otros contextos industriales.

Conclusiones

La implementación de la heurística de ahorro en el diseño de rutas para Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. resultó en una notable mejora de la eficiencia operativa en la prestación de servicios eléctricos, incrementándola de 123,33% a 146,18%, lo que supone un aumento del 18,52%. Este enfoque, elegido tras comparar diversos modelos de ruteo, también proyectó reducciones en costos de combustible y mano de obra, así como un incremento en los ingresos.

El análisis detallado de las rutas de transporte reveló áreas cruciales de mejora, se observó que los tiempos productivos de los técnicos de las cuadrillas en las sucursales alcanzaban solo

el 57%, mientras que los costos de transporte constituían un 39,62% de los ingresos, los costos por horas extras mostraron un aumento del 14,28% sobre lo usual, todas estas deficiencias influyeron en que la eficiencia operativa encontrada para el área de sucursales fuera de solo 123,33%.

La evaluación comparativa de modelos de rutas de transporte, incluyendo las heurísticas de ahorro, clusterización, barrido y la metaheurística de algoritmo genético, reveló que la heurística de ahorro ofrecía los resultados más favorables para Mabara Contratistas Generales S.C.R.L. Esta estrategia incrementó los ingresos en un 5,1% y eliminó los costos por horas extras que representaban el 14,28%. Los gastos de combustible disminuyeron del 39,62% al 30% de los ingresos, representando una reducción del 21,7%, se logró eliminar los servicios desatendidos y reducir los tiempos de traslado en un 33%.

El estudio financiero de la propuesta de diseño de rutas evidencia su viabilidad económica. Con un VAN de S/ 394 984,58 y una TIR del 95,76%, el proyecto promete ganancias considerables con bajo riesgo. La relación B/C de 1,69 subraya su eficiencia financiera, mientras que el período de recuperación de 1 año asegura un retorno relativamente rápido de la inversión. Estos indicadores financieros corroboran que la implementación del proyecto generará beneficios económicos sustanciales para la empresa, tanto a corto como a largo plazo.

Recomendaciones

Se recomienda realizar futuras investigaciones que profundicen en el impacto económico de la optimización de rutas en la reducción de tiempos de inactividad y su influencia en la satisfacción del cliente. Este aspecto puede proporcionar una visión más completa del impacto operativo de la mejora en la eficiencia de las rutas de transporte.

Sería útil explorar la implementación de nuevas metodologías de optimización de rutas, como el uso de algoritmos híbridos, que combinen heurísticas como la de ahorro con técnicas de inteligencia artificial, para maximizar la eficiencia operativa y reducir aún más los costos asociados.

Se recomienda que futuras investigaciones la integración de los SIG con algoritmos de inteligencia artificial, permitiendo optimizar rutas dinámicas, esto podría ofrecer ventajas significativas en la toma de decisiones, mejorando la eficiencia operativa bajo condiciones cambiantes del entorno.

Referencias

- [1] S. Arora, W. Böhm, K. Dolan, R. Gould, and S. McConnell, “February 2020.” Accessed: Oct. 19, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Resilience%20in%20transport%20and%20logistics/Resilience-in-transport-and-logistics-02-20.pdf>
- [2] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, “SCORE Perú con evidencias contundentes: una herramienta eficaz para incrementar la productividad y la formalización en las empresas | International Labour Organization,” *www.ilo.org*, Dec. 09, 2021. Disponible en: <https://www.ilo.org/es/resource/news/score-peru-con-evidencias-contundentes-una-herramienta-eficaz-para>
- [3] L. R. F. Q and J. O. B. P, “Determinación de costos operativos y su incidencia en la rentabilidad económica y financiera de las empresas de transportes urbano de pasajeros de la ciudad de Puno – Perú,” *Actualidad Contable Faces*, vol. 24, no. 43, pp. 76–92, 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/257/25769354004/html/>
- [4] GOBIERNO DEL PERÚ, “LAMBAYEQUE Plan Regional Exportador,” Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/354506/PERX_LAMBAYEQUE.pdf
- [5] P. Cuadra and P. Torres, ““DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE Y PLAN DE ACCIÓN PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE PERÚ GLP S.A.C,” 2017. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11651/Prada%20Cuadra%20Gustavo%20Anselmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] W. Chilón Huatay, “SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTES PARA MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN NOR ANDES S.A.C. CAJAMARCA, 2022,” *REPOSITORIO UPN*, 2023. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/36015/Chil%C3%B3n%20Huatay%2c%20William.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] G. Prananda, E. Pratiwi, A. A. B. Dinariyana, and K. B. Artana, “Capacitated Vehicle Routing Problem Optimization for Bali and Nusa Tenggara Natural Gas Distribution,” *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 972, no. 1, pp. 012022–012022, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012022>.

[8] A. Sulemana, E. A. Donkor, E. K. Forkuo, and S. Oduro-Kwarteng, “Optimal Routing of Solid Waste Collection Trucks: A Review of Methods,” *Journal of Engineering*, vol. 2018, pp. 1–12, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4586376>.

[9] Ö. Apaydin, “Route optimization for solid waste collection: Trabzon (Turkey) case study,” *RESEARCHGATE*, Sep. 2019. https://www.researchgate.net/profile/Oemer-Apaydin-2/publication/229004015_Route_optimization_for_solid_waste_collection_T

[10] H. LI, Z. LI, L. CAO, and R. WANG , “Research on Optimization of Electric Vehicle Routing Problem With Time Window,” *Ieee.org*, 2024. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9160932> (accessed Nov. 15, 2024).

[11] G. Mendieta, “Optimización de rutas de transporte en la distribución física de materiales de ferretería de la empresa ‘Comercial Marcelo Mendieta’ en la ciudad de Azogues Ecuador a través de una aplicación móvil,” *Ucuenca.edu.ec*, 2022, doi: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40381>.

[12] T. R. Damayanti, A. Kusumaningrum, S. S. Islam, and Y. Dwi, “Route Optimization Using Saving Matrix Method -A Case Study at Public Logistics Company in Indonesia,” *RESEARCHGATE*, Sep. 2020. https://www.researchgate.net/publication/344471738_Route_Optimization_Using_Saving_Matrix_Method_-_A_Case_Study_at_Public_Logistics_Company_in_Indonesia

[13] O. L. Casanova, J. C. G. García, and D. Á. M. Ramos, “Implementación de un sistema de gestión eficiente de flotas de transporte para la sostenibilidad económica en una empresa de transporte,” *Brazilian Journal of Business*, vol. 5, no. 1, pp. 365–378, Feb. 2023, doi: <https://doi.org/10.34140/bjbv5n1-023>.

[14] M. Yuqin, “Logistics Transportation Route Optimization Algorithm Based on Big Data Analysis - ProQuest,” *Proquest.com*, 2024. <https://www.proquest.com/openview/c1c853fd4139cfd123652f822c392ade/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4433095>

- [15] L. RAN , Z. SHI , and H. GENG, “Blockchain Technology for Enhanced Efficiency in Logistics Operations,” *Ieee.org*, 2024. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10677504> (accessed Nov. 15, 2024).
- [16] R. X. Romero Verdugo, “Análisis y Optimización de Rutas de Lectura de Medidores para la Empresa Eléctrica Regional Centrosur,” *dspace.uazuay.edu.ec*, 2014. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4179>
- [17] N. V. Kenyi and P. C. Gil, “Optimización del proceso de gestión de flota para una empresa de transporte de carga por carretera usando Machine Learning, BI, GPS y SMS Gateway,” *Upc.edu.pe*, Aug. 2021, doi: <http://hdl.handle.net/10757/657542>.
- [18] F. C. Garcia, “Eficiencia Operativa: definiendo las piezas clave,” *VASS*, Jun. 14, 2022. <https://vasscompany.com/definiendo-las-piezas-clave-de-la-eficiencia-operativa/> (accessed Oct. 02, 2023).
- [19] S. CULTURE, “¿Qué es la eficiencia operacional? I SafetyCulture,” *SafetyCulture*, Mar. 21, 2023. <https://safetyculture.com/es/temas/eficiencia-operacional/> (accessed Oct. 02, 2023).
- [20] ELEMENT, “Optimización de rutas de transporte: qué es, cómo se lleva a cabo y qué beneficios trae,” *Element Fleet Management*. <https://www.elementfleet.com.mx/recursos/blog/optimizacion-de-rutas-de-transporte>
- [21] S. T. Technologies, “¿Cómo lograr la optimización de rutas de transporte? | Blog SC Trade,” *SC Trade Technologies | Servicios de Consultoría e Implantación de Soluciones IT en el Sector del Comercio Exterior*, Jun. 21, 2019. <https://www.sctrade.es/optimizacion-rutas/>
- [22] Scimago Journal & Country Rank, “Transportation Research Part C: Emerging Technologies,” *www.scimagojr.com*. <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=20893&tip=sid&clean=0> (accessed Oct. 02, 2023).
- [23] Víctor Velayos Morales, “Valor actual neto (VAN) - Definición, qué es y concepto | Economipedia,” *Economipedia*, Jun. 15, 2014. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

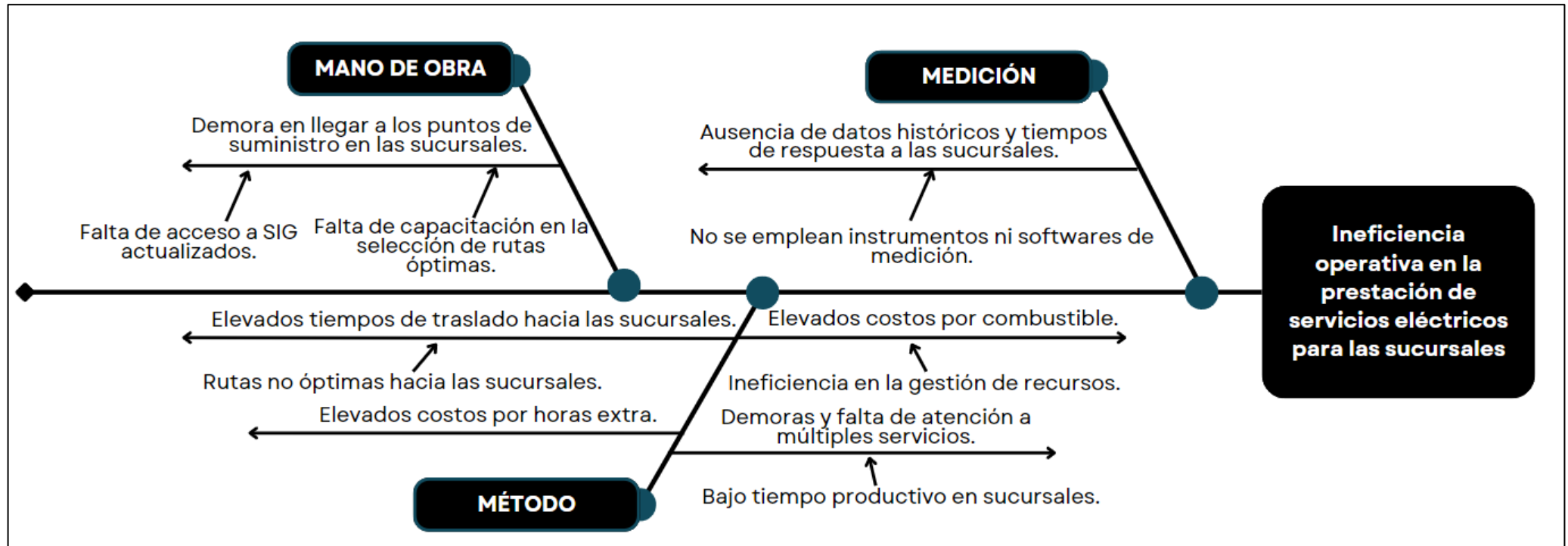
- [24] Helmut Sy Corvo, "TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento): qué es, cálculo - Lifeder," Lifeder, Apr. 25, 2019. <https://www.lifeder.com/tmar-tasa-minima-aceptable-rendimiento/>
- [25] ESAN, "Conceptos financieros: La tasa interna de retorno | Conexión ESAN," Esan.edu.pe, 2024. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/conceptos-financieros-la-tasa-interna-de-retorno> (accessed Oct. 14, 2024).
- [26] Hernández Sampieri, Fernández Collado, and Baptista Lucio, "Account Suspended," www.uca.ac.cr, 2014. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> [Accedido: 20-Octubre-2023].
- [27] Cesar Arias Bernal, "Metodología de la investigación," ABACO RED, 2014. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf> [Accedido: 20-Octubre-2023].
- [28] "Google Académico," scholar.google.com. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?scilib=1&hl=es&as_sdt=0 [Accedido: 20-Octubre-2023].
- [29] "Repositorio de Tesis USAT: Home," tesis.usat.edu.pe. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe> [Accedido: 20-Octubre-2023].
- [30] "Registro Nacional de Trabajos de Investigación: Home," renati.sunedu.gob.pe. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe> [Accedido: 20-Octubre-2023].
- [31] N. González and PrevenControl, "AHP: un método para fortalecer la toma de decisiones en SST," PrevenControl, Apr. 23, 2019. <https://prevencontrol.com/prevenblog/ahp-un-metodo-para-fortalecer-la-toma-de-decisiones-en-sst/>
- [32] "Google Maps," Google Maps. <https://www.google.com/maps/@-6.7849275> (accessed Oct. 31, 2023). Disponible en: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=20893&tip=sid&clean=0>
- [33] C. R. SONIA, "SONIA I. CABRERA RODRÍGUEZ APLICACIÓN DE LA PROGRAMAC. LINEAL A LA AGRONOMÍA 1 ÍNDICE DE MATERIAS. PROGRAMACIÓN LINEAL." Available: https://matematicas.uclm.es/ita-cr/web_matematicas/trabajos/248/Programacion_lineal.pdf

- [34] A. García, “Optimización de Rutas de Vehículos. Orígenes y variantes - oga,” oga, Dec. 12, 2021. <https://www.oga.ai/blog/optimizacion-de-rutas-de-vehiculos-origenes-y-variantes/>
- [35] G. MORELOS, “El Problema de Ruteo Vehicular con Ventanas de Tiempo,” Uaem.mx, 2024. <http://www.gridmorelos.uaem.mx/~mcruz/doctor/vrptw>
- [36] M. Muñoz, M. Muñoz, U. Programación, and L. Matemáticas, “Programación Lineal Matemáticas I.” Available: https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10251/mod_resource/content/1/T7.pdf
- [37] D. Felipe, E. Morales, J. Esteban, G. Cano, Juan, and P. Cabrera, “Método de tres fases para la solución del ruteo de buses escolares Three-phase method for the solution of school bus routing Contenido,” *Pág*, vol. 39, p. 50, 2018, Available: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n50/a18v39n50p06.pdf>
- [38] J. Pérez-Ortega *et al.*, “Una heurística eficiente aplicada al algoritmo K-means para el agrupamiento de grandes instancias altamente agrupadas,” *Computación y Sistemas*, vol. 22, no. 2, pp. 607–619, Jun. 2018, doi: <https://doi.org/10.13053/cys-22-2-2546>.
- [39] J. Ascencio *et al.*, “Asistente automático para diseño de rutas de distribución,” 2018. Available: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt538.pdf>
- [40] G. V. Roger and R. M. José, “Investigación de operaciones en acción: Heurísticas para la solución de TSP,” *Repositorio Universidad Autónoma de Nuevo León*. http://eprints.uanl.mx/10030/1/9_Roger_Rios_et_al_Investigacion_de_oper.pdf
- [41] CONOGASI, “Algoritmos genéticos,” Conogasi, Sep. 21, 2018. <https://conogasi.org/articulos/algoritmos-geneticos/>
- [42] G. San Isidoro, “Coordinadores: ALGORITMO DE COLONIA DE HORMIGAS APLICADO AL PROBLEMA DEL VIAJANTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.” Available: https://www.um.es/documents/2918258/18875720/Oral_CyT_IES+San+Isidoro.pdf/54789133-a36c-40f5-93a7-8031be69a36b
- [43] J. Moreno, “Metaheurísticas: Concepto y Propiedades.” Available: <https://tebadm.ulpgc.es/almacen/seminarios/MH%20Las%20Palmas%202.pdf>

- [44] NUMPY, “NumPy — NumPy,” Numpy.org, Aug. 18, 2024. <https://numpy.org>
- [45] A. S. Alberca, “La librería Pandas,” Aprende con Alf. <https://aprendeconalf.es/docencia/python/manual/pandas/>
- [46] W3Schools, “Matplotlib Pyplot,” [www.w3schools.com. https://www.w3schools.com/python/matplotlib_pyplot.asp](https://www.w3schools.com/python/matplotlib_pyplot.asp)
- [47] F. Staff, “Banco Central ajustó ligeramente la previsión de inflación: aumentará a 2,3% al cierre del 2024 y caerá a 2% en 2025,” Forbes Perú, Sep. 20, 2024. <https://forbes.pe/economia-y-finanzas/2024-09-20/banco-central-ajusto-ligeramente-la-prevision-de-inflacion-aumentara-a-23-al-cierre-del-2024-y-caera-a-2-en-2025>
- [48] “Maptitude Mapping Software Subscription – Caliper Store,” Caliper.com, 2024. <https://www2.caliper.com/store/product/maptitude-mapping-software-subscription/> (accessed Oct. 14, 2024).
- [49] “Samsung Perú | Smartphones | Tablets | TV | Electrodomésticos,” Samsung pe. <https://www.samsung.com/pe/>
- [50] HP, “Tu carrito - Tienda HP.com Perú,” Hp.com, 2024. <https://www.hp.com/pe-es/shop/checkout/cart/> (accessed Oct. 14, 2024).
- [51] EMPETEC, “Mantenimiento de Laptops,” Servicio técnico de laptops para empresas. <https://empetec.pe/precios/mantenimiento/laptops>
- [52] MOVISTAR, “Movil Movistar,” Movistar-promociones.pe, 2020. <https://movistar-promociones.pe/s/movistar-planes>
- [53] TRACK PERU, “Cart | TRACKPERU,” TRACKPERU, Oct. 08, 2023. <https://www.trackperu.com/cart/?add-to-cart=880&quantity=1> (accessed Oct. 14, 2024).

Anexos

Anexo 1: Diagrama de Ishikawa (Causa – Efecto)

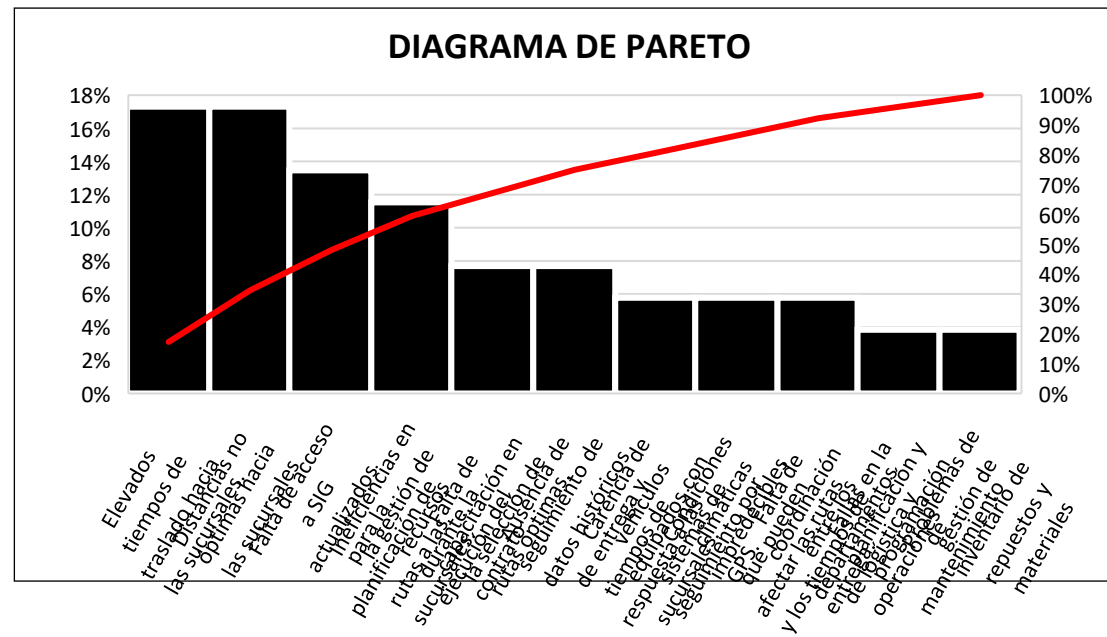


Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Causas identificadas en el problema de Mabara

Tabla 13: Cuadro resumen Causas identificadas

CAUSAS	CONTEO	%	% ACUMULADA
Elevados tiempos de traslado hacia las sucursales.	9	17%	17%
Distancias no óptimas hacia las sucursales	9	17%	35%
Falta de acceso a sistemas de información geográficas actualizados.	7	13%	48%
Ineficiencias en la gestión de recursos durante la ejecución del contrato	6	12%	60%
Falta de capacitación en la selección de rutas óptimas.	4	8%	67%
Ausencia de seguimiento de datos históricos y tiempos de respuesta a las sucursales.	4	8%	75%
Carencia de vehículos equipados con sistemas de seguimiento por GPS.	3	6%	81%
Condiciones climáticas impredecibles que pueden afectar las rutas y los tiempos de entrega.	3	6%	87%
Falta de coordinación entre los departamentos de logística y operaciones	3	6%	92%
Fallas en la planificación y programación de mantenimiento	2	4%	96%
Problemas de gestión de inventario de repuestos y materiales	2	4%	100%
TOTAL	52	100%	-



Anexo 3: Matriz de consistencia por indicador

Tabla 14: Matriz de consistencia por indicador

Variable Dependiente	Problema	Mejoras	Causa Raíz	Herramienta de Mejora	Justificación	Indicador	VALOR	
							Actual	Meta
EFICIENCIA OPERATIVA	Ineficiencia operativa en las sucursales	Mejora 1	Rutas no óptimas hacia las sucursales	Modelos de planificación de rutas	Estas herramientas permiten diseñar rutas de transporte óptimas, minimizando tiempos de traslado y costos operativos. Al implementar modelos de planificación de rutas, se busca mejorar la eficiencia del transporte de la empresa, asegurando una distribución más eficaz de los recursos y una mayor puntualidad en la entrega de servicios a	Tiempos productivos	24%	31,92%
			Bajo tiempo productivo en sucursales			Costos por combustible	39,62%	30%
			Elevados costos por combustible			Costos por mano de obra extra	15%	0%
		Mejora 2	Falta de capacitación en la selección de rutas óptimas.	Plan de capacitación	La falta de capacitación en la selección de rutas óptimas es una de las causas identificadas del problema de ineficiencia operativa. Implementar un plan de capacitación permite mejorar las habilidades del personal involucrado en la planificación de rutas, dotándolos de los conocimientos necesarios para tomar decisiones más acertadas y optimizar el proceso de transporte.	Servicios atendidos	93,1%	100%
						Porcentaje de empleados capacitados en selección de rutas óptimas	0%	100%
						Mejora 3	Falta de acceso a SIG actualizados.	Proponer uso de software de SIG

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Actividades realizadas en las sucursales por parte de la empresa**Tabla 15: Actividades realizadas en las sucursales por parte de la empresa**

LOCALIDAD	CANTIDAD DE SERVICIOS REALIZADOS	%
MOTUPE	661	9,0%
ILLIMO	1193	16,3%
LAMBAYEQUE	1116	15,3%
MORROPE	777	10,6%
OLMOS	462	6,3%
OYOTUN	184	2,5%
FERREÑAFE	621	8,5%
POMALCA	696	9,5%
TUMAN	695	9,5%
CAYALTI	688	9,4%
CHONGOYAPE	222	3,0%
TOTAL	7315	100%

Fuente: Elaboración propia basada en la información de la empresa

Anexo 5: Indicadores en lo que va del contrato**Tabla 16: Indicadores diagnóstico**

Tiempo del contrato cumplido	Meses	Costos por combustible	Costos por mano de obra	Costo por alquileres de móviles	
1 Jun 2022 - 30 Dic 2023 (SUCURSALES)	JUNIO	S/ 74 596,42	S/ 61 377,22	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	JULIO	S/ 175 494,45	S/ 106 594,73	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	AGOSTO	S/ 209 789,99	S/ 71 606,75	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	SETIEMBRE	S/ 263 001,73	S/ 111 635,37	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	OCTUBRE	S/ 269 365,35	S/ 110 678,88	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	NOVIEMBRE	S/ 260 241,19	S/ 97 699,48	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	DICIEMBRE	S/ 218 422,70	S/ 113 309,04	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	ENERO	S/ 219 287,30	S/ 95 761,65	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	FEBRERO	S/ 235 232,54	S/ 92 362,33	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	MARZO	S/ 190 071,08	S/ 69 679,45	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	ABRIL	S/ 168 396,05	S/ 69 382,94	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	MAYO	S/ 178 694,92	S/ 43 438,47	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	JUNIO	S/ 326 335,16	S/ 113 749,28	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	JULIO	S/ 187 038,65	S/ 187 038,65	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	AGOSTO	S/ 221 617,14	S/ 221 617,14	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	SETIEMBRE	S/ 202 218,21	S/ 202 218,21	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	OCTUBRE	S/ 186 818,62	S/ 186 818,62	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	NOVIEMBRE	S/ 171 058,81	S/ 171 058,81	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	DICIEMBRE	S/ 125 801,14	S/ 125 801,14	S/ 42 002,50	S/ 30 240,00
	TOTAL	S/ 3 883 481,45	S/ 1 538 814,60	S/ 798 047,50	S/ 574 560,00

Fuente: Elaboración propia basada en la información de la empresa

Anexo 6: Desempeño de las cuadrillas según en las sucursales**Tabla 17: Desempeño de las cuadrillas según en las sucursales**

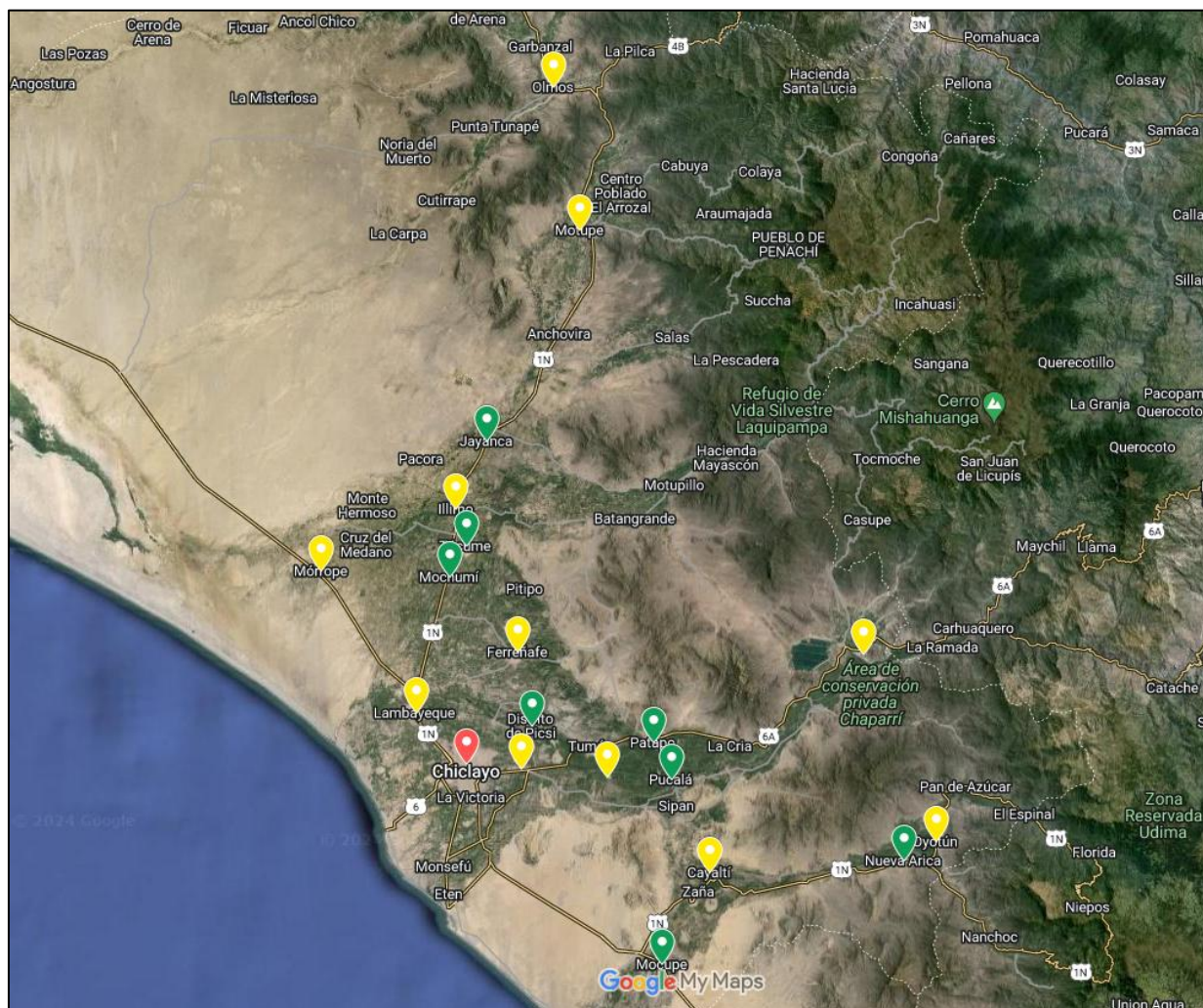
Tiempo del contrato cumplido	1 Jun 2022 - 31Dic 2023 (SUCURSALES)																		
Meses	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N° de servicios realizados	414	719	483	753	814	659	854	337	623	470	468	293	430	247	293	268	248	228	168
P. servicios por día	15,92	27,65	18,58	28,96	31,31	25,35	32,85	12,96	23,96	18,08	18,00	11,27	16,54	9,50	11,27	10,31	9,54	8,77	6,46
N° de Cuadrillas	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
P. servicios por cuadrilla	3,98	4,61	4,64	4,83	4,47	4,22	4,69	2,59	3,99	4,52	4,50	2,82	4,13	2,38	2,82	2,58	3,50	3,35	2,57
Tiempo disponible (min)	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Tiempo productivo (min)	179,13	207,40	208,99	217,21	201,26	190,10	211,15	116,65	179,71	203,37	202,50	126,78	186,06	106,88	126,78	115,96	157,50	150,57	115,55
Tiempo operativo (min)	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00	435,00
Tiempo no productivo (min)	255,87	227,60	226,01	217,79	233,74	244,90	223,85	318,35	255,29	231,63	232,50	308,22	248,94	328,13	308,22	319,04	277,50	284,43	319,45
Tiempo no productivo (hrs)	4,264	3,793	3,767	3,630	3,896	4,082	3,731	5,306	4,255	3,861	3,875	5,137	4,149	5,469	5,137	5,317	4,625	4,741	5,324
Tiempo operativo %	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%	91%
Tiempo productivo %	64%	74%	75%	78%	84%	68%	88%	52%	64%	48%	48%	45%	67%	38%	45%	41%	38%	35%	26%
Eficiencia operativa %	52%	92%	135%	135%	139%	140%	111%	122%	134%	124%	110%	141%	165%	126%	138%	131%	126%	120%	106%

Fuente: Elaboración propia basada en la información de la empresa

Anexo 6: Avance metrado**Tabla 18 “Desglose de las sucursales del avance metrado”**

ACTIVIDAD/SUBACTIVIDAD	MONTO DE CONTRATO	TOTAL	AVANCE METRADO
AREA DE SECHNE	S/ 3 118 688,67	S/ 1 218 005,15	39%
AREA DE SECHE	S/ 2 868 386,38	S/ 829 161,93	29%
AREA DE CHONGOYAPE	S/ 434 216,66	S/ 88 215,73	20%
AREA DE OYOTUN	S/ 367 029,18	S/ 60 283,05	16%
AREA DE ATENCION DE RECLAMOS	S/ 846 164,95	S/ 382 751,98	45%
AREA DE CLIENTES MAYORES SUCURSALES	S/ 1 013 505,34	S/ 210 511,05	21%
TOTAL	S/ 8 647 991,19	S/ 3 883 481,45	44,91%

Fuente: Elaboración propia basada en la información de la empresa

Anexo 6: Sucursales de Mabara Contratistas Generales S.C.R.L.**Imagen 1: Distribución de las sucursales sobre las que opera Mabara.**

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Diagnóstico según cada cuadrilla

Tabla 19: Desempeño de la cuadrilla 1

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS27	41,99	63,45			
PSS1	-6,478401, -79,864232	45	PSS27 PSS1	12,01	22,95			
PSS3	-6,467659, -79,825707	35	PSS1 PSS3	6,78	18,9	S/ 275,25	S/ 92,30	S/754,05
PSS20	-6,148534, -79,703966	35	PSS3 PSS20	63,05	87,75			
PSS27	-6,526754, -79,874315	35	PSS20 BASE	108,41	168,75			
TIEMPO TOTAL SERVICIO (min)		150	TOTAL (min)	232,28	361,8	TIEMPO TOTAL (T. servicio + T. Recorrido)		511,8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Desempeño de la cuadrilla 2

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS18	15,39	39,15			
PSS18	-6,717295, -79,774179	45	PSS18 PSS2	19,305	40,5			
PSS25	-6,804718, -79,758427	35	PSS2 PSS28	4,968	12,15	S/ 95,31	S/ 92,30	S/762,50
PSS28	-6,741638, -79,696382	30	PSS28 PSS25	21,06	39,15			
PSS2	-6,724471, -79,707636	45	PSS25 BASE	19,71	54			
PSS5	-6,891105, -79,559650							
TIEMPO TOTAL SERVICIO		155	TOTAL	80,433	184,95	TIEMPO TOTAL (T. servicio + T. Recorrido)		339,95

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Desempeño de la cuadrilla 3

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS17	17,69	41,85			
PSS4	-6,850730, -79,299010	30	PSS17 PSS10	51,16	81			
PSS10	-6,783869, -79,612346	30	PSS10 PSS4	74,47	101,25	S/ 325,07	S/92,30	S/607,34
PSS29	-6,787907, -79,269726	45	PSS4 PSS29	14,72	29,7			
PSS17	-6,864086, -79,821227	35	PSS29 BASE	115,29	175,5			
TIEMPO TOTAL SERVICIO		140	TOTAL	203,2	429,3	TIEMPO TOTAL		569,3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: Desempeño de la cuadrilla 4

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS26	34,425	54			
PSS7	-6,635818, -79,396467	40	PSS26 PSS21	18,225	32,4			
PSS11	-6,908946, -79,590300		PSS21 PSS7	47,25	56,7	S/ 217,73	S/ 92,30	S/591,40
PSS21	-6,734223, -79,632231	45	PSS7 BASE	83,835	124,2			
PSS26	-6,778556, -79,680147	45						
TIEMPO TOTAL SERVICIO		130	TOTAL	183,74	183,735	TIEMPO TOTAL (T. servicio + T. Recorrido)		397,3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Desempeño de la cuadrilla 5

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS13	29,8	60,8			
PSS24	-6,537484, -79,798262	30	PSS13 PSS12	5,3	16,2			
PSS13	-6,629451, -79,774273	30	PSS12 PSS24	18,1	29,7	S/ 183,81	S/92,30	S/ 493,18
PSS12	-6,629751, -79,797202	45	PSS24 PSS9	35,4	47,3			
PSS9	-6,481177, -79,654832	35	PSS9 BASE	66,6	101,3			
TIEMPO TOTAL SERVICIO		140	TOTAL	155,16	255,15	TIEMPO TOTAL		329

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Desempeño de la cuadrilla 6

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS15	17,28	39,15			
PSS15	-6,708131, -79,927360	30	PSS15 PSS14	3,19	12,15			
PSS14	-6,701539, -79,915034	45	PSS14 PSS22	19,17	25,65	S/ 62,23	S/ 2,30	S/607,12
PSS22	-6,614238, -79,967131	30	PSS22 PSS6	16,61	24,3			
PSS6	-6,523922, -80,015783	35	PSS6 PSS23	14,04	27			
PSS23	-6,511802, -79,959092	40	PSS23 BASE	52,52	74,25			
TIEMPO TOTAL SERVICIO		180	TOTAL	122,8	202,5	TIEMPO TOTAL		382,5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Desempeño de la cuadrilla 7

NODOS	COORDENADAS	SERVICIO	TRASLADOS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	C. combustible	Costo M.O.	Ingresos
BASE	-6,763362, -79,845834	TIEMPO	BASE PSS16	10,9	21			
PSS16	-6,717042, -79,887740	30	PSS16 PSS19	97,7	135	S/ 356,01	S/92,30	S/660,82
PSS8	-5,600186, -79,900881	45	PSS19 PSS8	49,7	55			
PSS19	-5,987520, -79,745565	45	PSS8 BASE	154	190			
TIEMPO TOTAL SERVICIO		120	TOTAL	312,3	401	TIEMPO TOTAL		521

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Tabla 26: Resumen del escenario real

RESUMEN ESCENARIO REAL							
Nodos	Coordenadas	Tipo de Servicio	Asignación	Ingresos	C. mano de obra	Costo combustible	Ingreso – Costos
BASE	-6.763362, -79.845834	-					
PSS1	-6.478401, -79.864232	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS2	-6.724471, -79.707636	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS3	-6.467659, -79.825707	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS4	-6.850730, -79.299010	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS5	-6.891105, -79.559650	MANTENIMIENTO	URBANO RURAL	-			
PSS6	-6.523922, -80.015783	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS7	-6.635818, -79.396467	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS8	-5.600186, -79.900881	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS9	-6.481177, -79.654832	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS10	-6.783869, -79.612346	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS11	-6.908946, -79.590300	CORTE DE SERVICIO	RURAL	-			
PSS12	-6.629751, -79.797202	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS13	-6.629451, -79.774273	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS14	-6.701539, -79.915034	NUEVO SERVICIO	URBANO	S/ 214,82			
PSS15	-6.708131, -79.927360	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06	S/1 111,56	S/1 741,95	S/ 1 573,09
PSS16	-6.717042, -79.887740	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 89,99			
PSS17	-6.864086, -79.821227	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS18	-6.717295, -79.774179	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS19	-5.987520, -79.745565	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS20	-6.148534, -79.703966	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS21	-6.734223, -79.632231	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS22	-6.614238, -79.967131	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS23	-6.511802, -79.959092	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS24	-6.537484, -79.798262	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS25	-6.804718, -79.758427	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS26	-6.778556, -79.680147	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS27	-6.526754, -79.874315	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS28	-6.741638, -79.696382	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS29	-6.787907, -79.269726	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
TOTAL				S/ 4 326,61	S/1 111,56	S/1 741,95	S/ 1 573,09

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: 5WH-1H: Proceso de atención de servicios en sucursales

Tabla 27: Análisis 5WH-1H Proceso de atención de servicios en sucursales

Actividad	Qué	Quién	Cuando	Dónde	Cómo	Por qué
Envío del listado de servicios	Enviar el listado de servicios a realizar	Electronorte S.A.C.	Al inicio del proceso	Área de Sucursales	Se elabora y envía un listado de servicios requeridos a las sucursales	Para iniciar el proceso de atención de servicios
Solicitud del servicio	Solicitar el servicio	Área de Sucursales	Tras recibir el listado	Área de Sucursales	Se revisa el listado y se solicita el servicio	Para asegurar la disponibilidad del servicio
Verificación de disponibilidad	Verificar si el servicio está disponible	Área de Sucursales	Después de la solicitud	Área de Sucursales	Se revisa la disponibilidad del servicio solicitado	Para asegurar que los recursos están disponibles
Cotización y factibilidad	Realizar la cotización y factibilidad según el servicio	Área de Sucursales	Tras verificar disponibilidad	Área de Sucursales	Se elabora una cotización y se evalúa la factibilidad del servicio	Para establecer costos y asegurar viabilidad
Generación de orden de trabajo	Generar la orden de trabajo	Área de Sucursales	Después de la cotización	Área de Sucursales	Se emite una orden de trabajo detallada para la cuadrilla	Para formalizar la solicitud del servicio
Recepción de la orden y materiales	Recepcionar la orden de trabajo y los materiales	Cuadrilla	Tras la generación de la orden	Área de Sucursales	La cuadrilla recibe la orden de trabajo junto con los materiales necesarios	Para prepararse para el desplazamiento y ejecución del servicio
Desplazamiento hacia el suministro	Desplazarse hacia el suministro	Cuadrilla	Tras recepcionar la orden	Sucursales	La cuadrilla se traslada al lugar del suministro utilizando los recursos asignados	Para iniciar el servicio en el lugar indicado
Desarrollo del servicio	Desarrollar el servicio	Cuadrilla	Tras llegar al lugar del suministro	Sucursales	La cuadrilla realiza el servicio según lo especificado en la orden de trabajo	Para cumplir con el servicio solicitado
Registro del servicio	Registrar el servicio en el software de ENSA	Cuadrilla	Tras completar el servicio	Sucursales	Se registra el servicio completado en el sistema de ENSA	Para actualizar el estado del servicio y cerrar el proceso
Retorno al punto de origen	Retornar al punto de origen	Cuadrilla	Tras completar y registrar el servicio	Sucursales	La cuadrilla regresa a la base después de completar el servicio	Para finalizar el ciclo de trabajo y prepararse para futuras solicitudes

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Matriz de tiempos de recorrido entre nodos

Tabla 28: Matriz de tiempo de recorridos entre nodos (puntos de servicio)

NODO	BASE	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11	PSS12	PSS13	PSS14
BASE	0	57	43	64	110	72	47	92	160	72	60	72	40	45	21
PSS1	57	0	77	14	160	130	40	135	140	67	100	120	40	50	45
PSS2	43	77	0	85	80	50	85	60	210	70	27	55	40	40	65
PSS3	64	14	85	0	170	130	50	130	145	57	85	130	40	45	52
PSS4	110	160	80	170	0	40	150	130	290	160	65	45	130	130	130
PSS5	72	130	50	130	40	0	120	90	260	125	35	12	87	80	95
PSS6	47	40	85	50	150	120	0	135	170	90	97	107	52	62	31
PSS7	92	135	60	130	130	90	135	0	255	75	55	97	95	100	115
PSS8	160	140	210	145	290	260	170	255	0	170	225	240	175	175	170
PSS9	72	67	70	57	160	125	90	75	170	0	85	130	40	40	70
PSS10	60	100	27	85	65	35	97	55	225	85	0	40	60	65	87
PSS11	72	120	55	130	45	12	107	97	240	130	40	0	90	92	82
PSS12	40	40	40	40	130	87	52	95	175	40	60	92	0	12	35
PSS13	45	50	40	45	130	80	62	100	175	40	65	82	12	0	45
PSS14	21	45	65	52	130	95	31	115	170	70	87	87	35	45	0
PSS15	29	53	72	60	130	95	40	120	175	80	90	82	42	55	9
PSS16	20	50	62	55	120	90	35	115	175	75	82	40	40	50	12
PSS17	32	87	45	95	82	45	72	95	210	87	62	70	55	60	47
PSS18	27	57	30	55	110	65	60	80	185	52	45	200	17	22	42
PSS19	140	90	160	95	235	210	125	210	57	115	175	70	120	130	125
PSS20	102	55	130	62	210	180	95	175	90	87	150	50	92	102	97
PSS21	55	92	21	80	75	45	100	42	215	80	16	97	55	60	67

PSS22	34	45	65	55	140	107	16	125	175	72	95	115	35	50	19
PSS23	65	28	75	40	160	130	20	135	160	70	105	102	45	50	40
PSS24	65	50	55	40	140	110	72	110	180	35	70	55	22	22	55
PSS25	37	97	28	92	80	50	82	77	220	97	35	45	60	62	57
PSS26	45	90	18	80	70	40	92	65	215	85	20	107	45	50	67
PSS27	47	17	65	24	155	120	40	120	145	55	90	50	27	40	33
PSS28	43	80	9	80	75	45	87	55	205	75	21	65	40	45	57
PSS29	130	180	110	190	22	60	165	145	300	180	85	90	140	150	145

NODO	PSS15	PSS16	PSS17	PSS18	PSS19	PSS20	PSS21	PSS22	PSS23	PSS24	PSS25	PSS26	PSS27	PSS28	PSS29
BASE	29	20	32	27	140	102	55	34	65	65	37	45	47	43	130
PSS1	53	50	87	57	90	55	92	45	28	50	97	90	17	80	180
PSS2	72	62	45	30	160	130	21	65	75	55	28	18	65	9	110
PSS3	60	55	95	55	95	62	80	55	40	40	92	80	24	80	190
PSS4	130	120	82	110	235	210	75	140	160	140	80	70	155	75	22
PSS5	95	90	45	65	210	180	45	107	130	110	50	40	120	45	60
PSS6	40	35	72	60	125	95	100	16	20	72	82	92	40	87	165
PSS7	120	115	95	80	210	175	42	125	135	110	77	65	120	55	145
PSS8	175	175	210	185	57	90	215	175	160	180	220	215	145	205	300
PSS9	80	75	87	52	115	87	80	72	70	35	97	85	55	75	180
PSS10	90	82	62	45	175	150	16	95	105	70	35	20	90	21	85
PSS11	87	82	40	70	200	70	50	97	115	102	55	45	107	50	65
PSS12	42	40	55	17	120	92	55	35	45	22	60	45	27	40	140
PSS13	55	50	60	22	130	102	60	50	50	22	62	50	40	45	150
PSS14	9	12	47	42	125	97	67	19	40	55	57	67	33	57	145
PSS15	0	20	57	52	135	107	77	27	50	65	67	72	47	65	155
PSS16	20	0	47	42	130	100	67	23	45	60	57	65	37	57	145
PSS17	57	47	0	42	170	140	52	62	82	70	28	40	77	42	100
PSS18	52	42	42	0	140	80	42	50	65	35	47	35	45	28	135
PSS19	135	130	170	140	0	40	175	130	115	135	175	170	95	160	260

PSS20	107	100	140	80	40	0	150	100	92	110	150	145	72	135	235
PSS21	77	67	52	42	175	150	0	90	90	70	37	24	77	14	110
PSS22	27	23	62	50	130	100	90	0	30	57	67	75	37	70	155
PSS23	50	45	82	65	115	92	90	30	0	60	95	85	24	80	175
PSS24	65	60	70	35	135	110	70	57	60	0	75	67	45	60	160
PSS25	67	57	28	47	175	150	37	67	95	75	0	26	97	27	110
PSS26	72	65	40	35	170	145	24	75	85	67	26	0	75	14	85
PSS27	47	37	77	45	95	72	77	37	24	45	97	75	0	70	170
PSS28	65	57	42	28	160	135	14	70	80	60	27	14	70	0	110
PSS29	155	145	100	135	260	235	110	155	175	160	110	85	170	110	0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Matriz de tiempos de recorrido + tiempo de servicio según nodos

Tabla 29: Matriz de tiempo de recorridos + el tiempo de servicio según cada nodo (puntos de servicio)

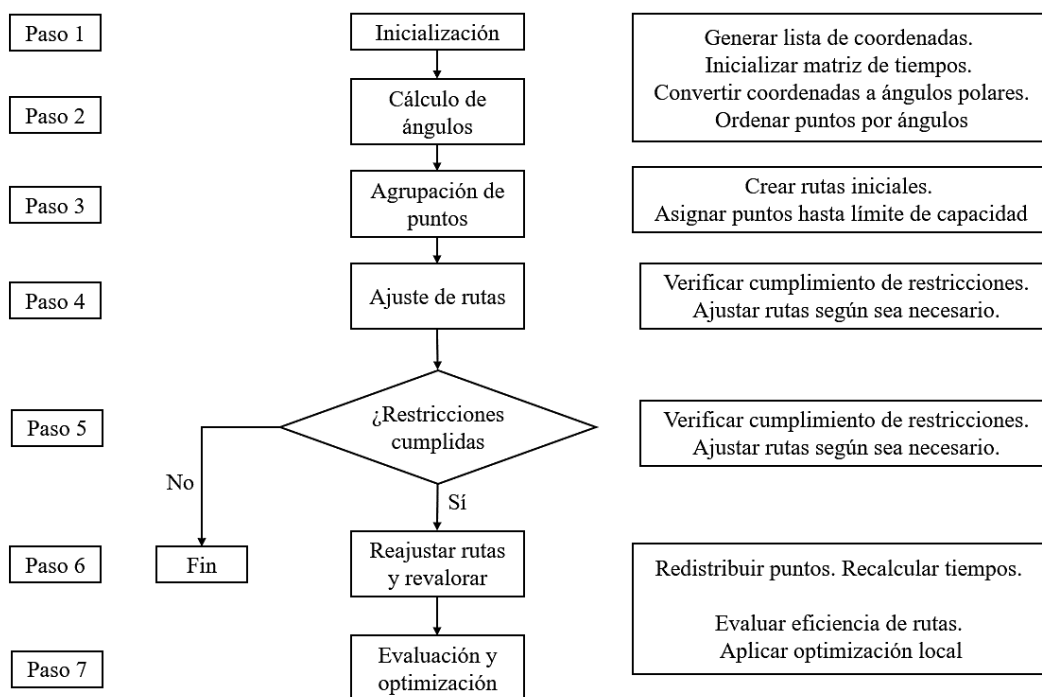
NODO	BASE	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11	PSS12	PSS13	PSS14
BASE	0	57	43	64	110	72	47	92	160	72	60	72	40	45	21
PSS1	57	0	127	64	210	180	90	185	190	117	150	170	90	100	95
PSS2	43	127	0	135	130	100	135	110	260	120	77	105	90	90	115
PSS3	64	54	125	0	210	170	90	170	185	97	125	170	80	85	92
PSS4	110	195	115	205	0	75	185	165	325	195	100	80	165	165	165
PSS5	72	175	95	175	85	0	165	135	305	170	80	57	132	125	140
PSS6	47	80	125	90	190	160	0	175	210	130	137	147	92	102	71
PSS7	92	180	105	175	175	135	180	0	300	120	100	142	140	145	160
PSS8	160	190	260	195	340	310	220	305	0	220	275	290	225	225	220
PSS9	72	107	110	97	200	165	130	115	210	0	125	170	80	80	110
PSS10	60	135	62	120	100	70	132	90	260	120	0	75	95	100	122

PSS11	72	155	90	165	80	47	142	132	275	165	75	0	125	127	117
PSS12	40	90	90	90	180	137	102	145	225	90	110	142	0	62	85
PSS13	45	85	75	80	165	115	97	135	210	75	100	117	47	0	80
PSS14	21	95	115	102	180	145	81	165	220	120	137	137	85	95	0
PSS15	29	88	107	95	165	130	75	155	210	115	125	117	77	90	44
PSS16	20	85	97	90	155	125	70	150	210	110	117	75	75	85	47
PSS17	32	127	85	135	122	85	112	135	250	127	102	110	95	100	87
PSS18	27	107	80	105	160	115	110	130	235	102	95	250	67	72	92
PSS19	140	140	210	145	285	260	175	260	107	165	225	120	170	180	175
PSS20	102	95	170	102	250	220	135	215	130	127	190	90	132	142	137
PSS21	55	142	71	130	125	95	150	92	265	130	66	147	105	110	117
PSS22	34	80	100	90	175	142	51	160	210	107	130	150	70	85	54
PSS23	65	73	120	85	205	175	65	180	205	115	150	147	90	95	85
PSS24	65	85	90	75	175	145	107	145	215	70	105	90	57	57	90
PSS25	37	137	68	132	120	90	122	117	260	137	75	85	100	102	97
PSS26	45	140	68	130	120	90	142	115	265	135	70	157	95	100	117
PSS27	47	57	105	64	195	160	80	160	185	95	130	90	67	80	73
PSS28	43	115	44	115	110	80	122	90	240	110	56	100	75	80	92
PSS29	130	230	160	240	72	110	215	195	350	230	135	50	190	200	195
NODO	PSS15	PSS16	PSS17	PSS18	PSS19	PSS20	PSS21	PSS22	PSS23	PSS24	PSS25	PSS26	PSS27	PSS28	PSS29
BASE	29	20	32	27	140	102	55	34	65	65	37	45	47	43	130
PSS1	103	100	137	107	140	105	142	95	78	100	147	140	67	130	230
PSS2	122	112	95	80	210	180	71	115	125	105	78	68	115	59	160
PSS3	100	95	135	95	135	102	120	95	80	80	132	120	64	120	230
PSS4	165	155	117	145	270	245	110	175	195	175	115	105	190	110	57
PSS5	140	135	90	110	255	225	90	152	175	155	95	85	165	90	105
PSS6	80	75	112	100	165	135	140	56	60	112	122	132	80	127	205
PSS7	165	160	140	125	255	220	87	170	180	155	122	110	165	100	190
PSS8	225	225	260	235	107	140	265	225	210	230	270	265	195	255	350
PSS9	120	115	127	92	155	127	120	112	110	75	137	125	95	115	220

PSS10	125	117	97	80	210	185	51	130	140	105	70	55	125	56	120
PSS11	122	117	75	105	235	105	85	132	150	137	90	80	142	85	100
PSS12	92	90	105	67	170	142	105	85	95	72	110	95	77	90	190
PSS13	90	85	95	57	165	137	95	85	85	57	97	85	75	80	185
PSS14	59	62	97	92	175	147	117	69	90	105	107	117	83	107	195
PSS15	0	55	92	87	170	142	112	62	85	100	102	107	82	100	190
PSS16	55	0	82	77	165	135	102	58	80	95	92	100	72	92	180
PSS17	97	87	0	82	210	180	92	102	122	110	68	80	117	82	140
PSS18	102	92	92	0	190	130	92	100	115	85	97	85	95	78	185
PSS19	185	180	220	190	0	90	225	180	165	185	225	220	145	210	310
PSS20	147	140	180	120	80	0	190	140	132	150	190	185	112	175	275
PSS21	127	117	102	92	225	200	0	140	140	120	87	74	127	64	160
PSS22	62	58	97	85	165	135	125	0	65	92	102	110	72	105	190
PSS23	95	90	127	110	160	137	135	75	0	105	140	130	69	125	220
PSS24	100	95	105	70	170	145	105	92	95	0	110	102	80	95	195
PSS25	107	97	68	87	215	190	77	107	135	115	0	66	137	67	150
PSS26	122	115	90	85	220	195	74	125	135	117	76	0	125	64	135
PSS27	87	77	117	85	135	112	117	77	64	85	137	115	0	110	210
PSS28	100	92	77	63	195	170	49	105	115	95	62	49	105	0	145
PSS29	205	195	150	185	310	285	160	205	225	210	160	135	220	160	0

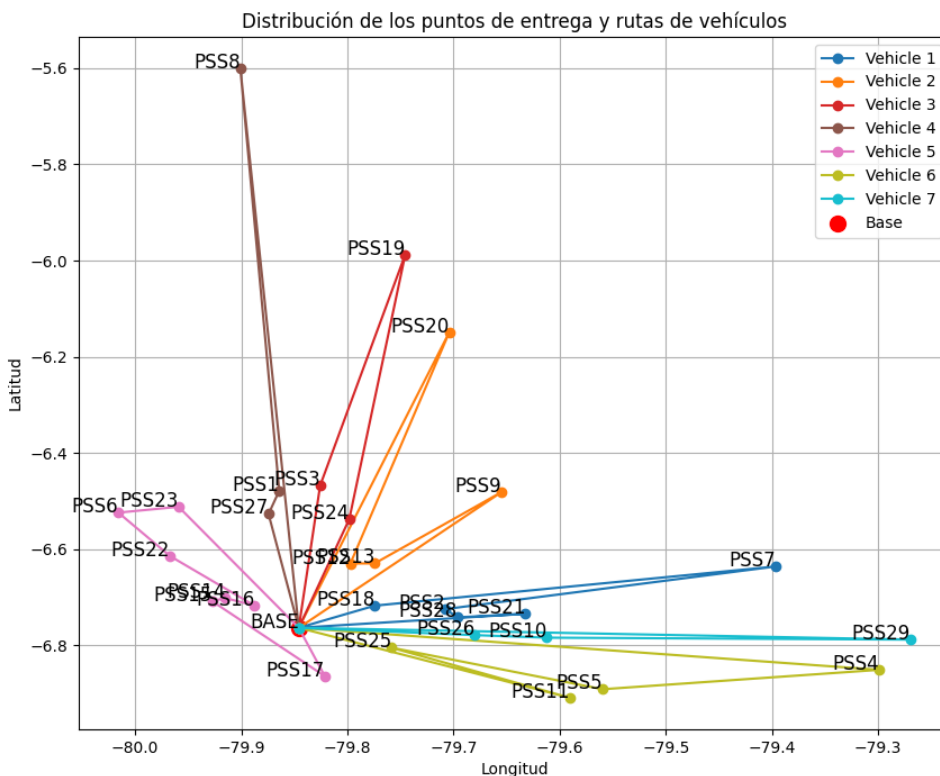
Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Diagrama de flujo del funcionamiento de heurística de barrido



Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Gráfico de heurística de barrido



Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Indicadores resultantes heurística de barrido**Tabla 30: Resumen resultados de heurística de barrido**

RESUMEN RESULTADOS DE HEURÍSTICA DE BARRIDO POR PYTHON							
Nodos	Coordenadas	Tipo de Servicio	Asignación	Ingresos	C. mano de obra	Costo combustible	Ingreso – Costos
BASE	-6,763362, -79,845834	-					
PSS1	-6,478401, -79,864232	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS2	-6,724471, -79,707636	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS3	-6,467659, -79,825707	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS4	-6,850730, -79,299010	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS5	-6,891105, -79,559650	MANTENIMIENTO	URBANO RURAL	S/ 70,37			
PSS6	-6,523922, -80,015783	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS7	-6,635818, -79,396467	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS8	-5,600186, -79,900881	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS9	-6,481177, -79,654832	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS10	-6,783869, -79,612346	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS11	-6,908946, -79,590300	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 51,87			
PSS12	-6,629751, -79,797202	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS13	-6,629451, -79,774273	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 5187			
PSS14	-6,701539, -79,915034	NUEVO SERVICIO	URBANO	S/ 214,82			
PSS15	-6,708131, -79,927360	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06	S/861,56	S/1 570,03	S/ 2 117,25
PSS16	-6,717042, -79,887740	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 89,99			
PSS17	-6,864086, -79,821227	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS18	-6,717295, -79,774179	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS19	-5,987520, -79,745565	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS20	-6,148534, -79,703966	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS21	-6,734223, -79,632231	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS22	-6,614238, -79,967131	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS23	-6,511802, -79,959092	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS24	-6,537484, -79,798262	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS25	-6,804718, -79,758427	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS26	-6,778556, -79,680147	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS27	-6,526754, -79,874315	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS28	-6,741638, -79,696382	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS29	-6,787907, -79,269726	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			

S/ 4 548,85

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Indicadores heurística de barrido

Tabla 31: Comparación de indicadores heurística de barrido

INDICADOR	REAL	%	BARRIDO	%	DIFERENCIA	VARIACIÓN %
INGRESOS	S/ 4 326,61	-	S/ 4 548,85	-	S/ 222,24	5,1%
COSTOS MANO DE OBRA	S/ 1 111,56	25,7%	S/ 861,56	18,9%	-S/ 250,00	-22,5%
COSTOS COMBUSTIBLE	S/ 1 654,86	38,2%	S/ 1 570,03	34,5%	-S/ 84,82	-5,1%
Nº DE SERVICIOS REALIZADOS	27	92,6%	29	100%	7,4%	7,4%
TIEMPOS DE TRASLADO (Promedio en min)	320,34	66,7%	279,6	0.0%	-40,76	-12,7%
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	1 470,29	-	1 406,5	-	-63,785	-4,3%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Diagnóstico según cada cuadrilla:

Cuadrilla 1:

Tabla 32: Desempeño cuadrilla 1 en heurística de ahorro

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS1	-6,478401, -79,864232	S/ 285,41		37,3	S/ 42,73	
PSS3	-6,467659, -79,825707	S/ 157,41		5	S/ 5,73	
PSS9	-6,481177, -79,654832	S/ 153,81	S/ 123,08	41,7	S/ 47,77	S/ 162,43
PSS24	-6,537484, -79,798262	S/ 51,87		25,7	S/ 29,44	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 648,51		32,1	S/ 36,77	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 2:

Tabla 33: Desempeño cuadrilla 2 en heurística de ahorro

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS2	-6,724471, -79,707636	S/ 285,41		21,1	S/ 25,00	
PSS4	-6,850730, -79,299010	S/ 84,06	S/ 123,08	66,3	S/ 78,57	S/ 229,77
PSS29	-6,787907, -79,269726	S/ 285,41		10,9	S/ 12,92	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 654,89		95,6	S/ 113,29	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 3:

Tabla 34: Desempeño cuadrilla 3 en heurística de ahorro

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS5	-6,891105, -79,559650	S/ 70,37		40,9	S/ 48,47	
PSS11	-6,908946, -79,590300	S/ 51,87		5,7	S/ 6,75	
PSS25	-6,804718, -79,758427	S/ 157,41	S/ 123,08	38,4	S/ 45,50	S/ 153,46
PSS26	-6,778556, -79,680147	S/ 285,41		19	S/ 22,52	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 565,07		25,5	S/ 30,22	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 4:**Tabla 35: Desempeño cuadrilla 4 en heurística de ahorro**

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS6	-6,523922, -80,015783	S/ 153,81		34,8	S/ 41,24	
PSS23	-6,511802, -79,959092	S/ 70,37		10,4	S/ 12,32	
PSS27	-6,526754, -79,874315	S/ 157,41		13,1	S/ 15,52	
PSS14	-6,701539, -79,915034	S/ 214,82	S/ 123,08	22,3	S/ 26,43	S/ 152,87
PSS15	-6,708131, -79,927360	S/ 84,06		2,4	S/ 2,84	
PSS16	-6,717042, -79,887740	S/ 89,99		5,8	S/ 6,87	
PSS17	-6,864086, -79,821227	S/ 153,81		26,6	S/ 31,52	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 924,28		13,6	S/ 16,12	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 5:**Tabla 36: Desempeño cuadrilla 5 en heurística de ahorro**

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS7	-6,635818, -79,396467	S/ 70,37		62	S/ 73,47	
PSS10	-6,783869, -79,612346	S/ 84,06		42,3	S/ 50,13	
PSS21	-6,734223, -79,632231	S/ 235,61	S/ 123,08	7,6	S/ 9,01	S/ 166,02
PSS28	-6,741638, -79,696382	S/ 84,06		8,6	S/ 10,19	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 474,10		19,6	S/ 23,23	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 6:**Tabla 37: Desempeño cuadrilla 6 en heurística de ahorro**

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS8	-5,600186, -79,900881	S/ 51,87		154	S/ 182,49	
PSS19	-5,987520, -79,745565	S/ 235,61	S/ 123,08	49,7	S/ 58,89	S/ 368,54
PSS20	-6,148534, -79,703966	S/ 70,37		27,9	S/ 33,06	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 357,86		79,4	S/ 94,09	

Fuente: Elaboración propia

Cuadrilla 7:**Tabla 38: Desempeño cuadrilla 7 en heurística de ahorro**

NODOS	COORDENADAS	INGRESOS	C MO	DISTANCIA	COSTO COMBUSTIBLE	C. T. COMB.
BASE	-6,763362, -79,845834					
PSS12	-6,629751, -79,797202	S/ 235,61		21	S/ 24,89	
PSS22	-6,614238, -79,967131	S/ 84,06		31,3	S/ 37,09	
PSS13	-6,629451, -79,774273	S/ 51,87	S/ 123,08	34,9	S/ 41,36	S/ 131,30
PSS18	-6,717295, -79,774179	S/ 235,61		12,2	S/ 14,46	
BASE	-6,763362, -79,845834	S/ 607,16		11,4	S/ 13,51	

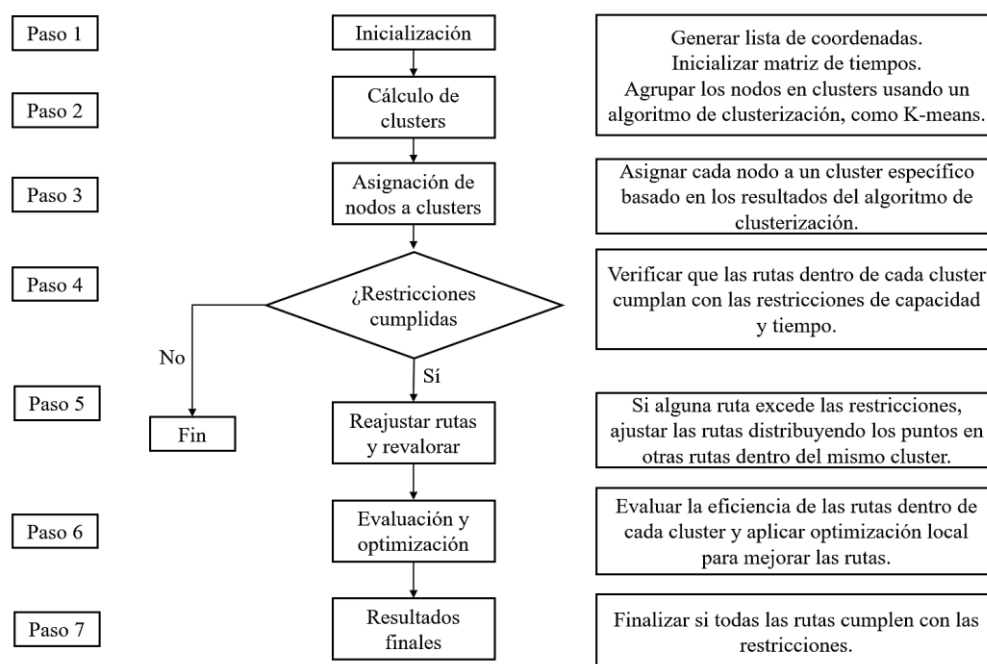
Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Indicadores resultantes heurística de ahorro

Tabla 39: Resumen resultados de método de ahorro

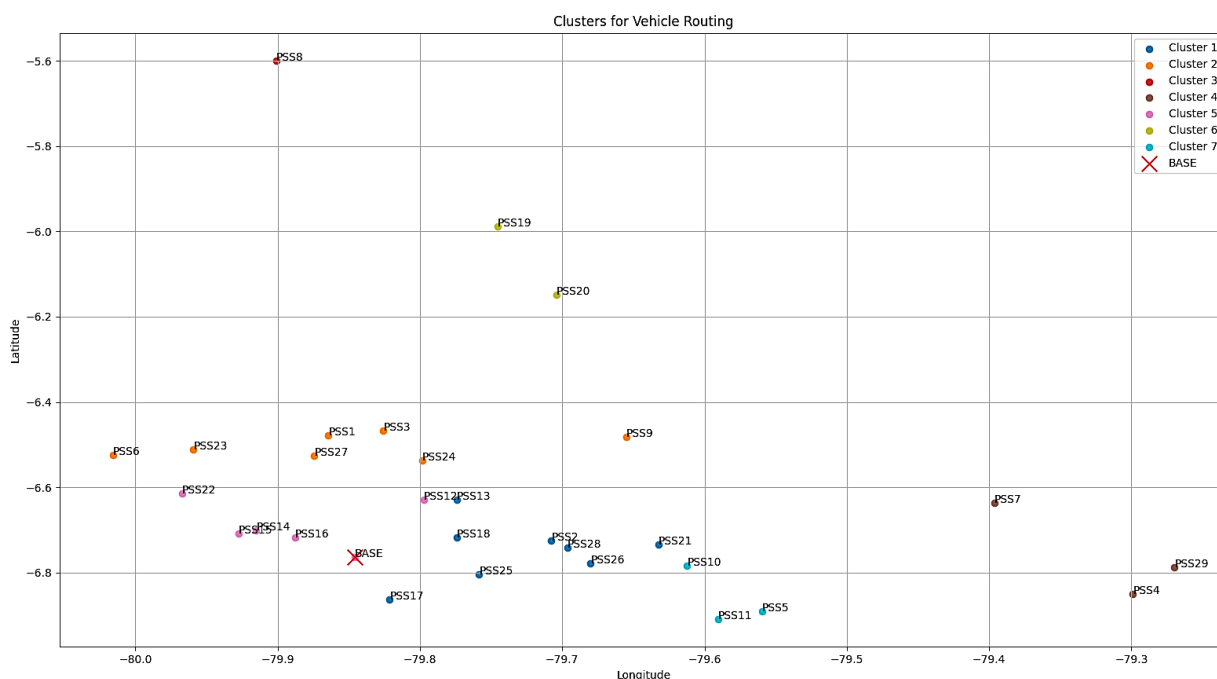
RESUMEN RESULTADOS MÉTODO DE AHORRO PYTHON							
Nodos	Coordenadas	Tipo de Servicio	Asignación	Ingresos	C. mano de obra	Costo combustible	Ingreso – Costos
BASE	-6,763362, -79.845834	-	-	-			
PSS1	-6,478401, -79.864232	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS2	-6,724471, -79.707636	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS3	-6,467659, -79.825707	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS4	-6,850730, -79.299010	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS5	-6,891105, -79.559650	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS6	-6,523922, -80.015783	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS7	-6,635818, -79.396467	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS8	-5,600186, -79.900881	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS9	-6,481177, -79.654832	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS10	-6,783869, -79.612346	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS11	-6,908946, -79.590300	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 51,87			
PSS12	-6,629751, -79.797202	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS13	-6,629451, -79.774273	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS14	-6,701539, -79.915034	NUEVO SERVICIO	URBANO	S/ 214,82			
PSS15	-6,708131, -79.927360	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06	S/861,56	S/1 364,38	S/ 2 322,91
PSS16	-6,717042, -79.887740	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 89,99			
PSS17	-6,864086, -79.821227	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS18	-6,717295, -79.774179	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS19	-5,987520, -79.745565	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS20	-6,148534, -79.703966	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS21	-6,734223, -79.632231	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS22	-6,614238, -79.967131	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS23	-6,511802, -79.959092	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS24	-6,537484, -79.798262	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS25	-6,804718, -79.758427	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS26	-6,778556, -79.680147	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS27	-6,526754, -79.874315	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS28	-6,741638, -79.696382	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS29	-6,787907, -79.269726	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
Fuente: Elaboración propia				S/ 4 548,85	S/ 861,56	S/1 364,38	S/ 2 322,91

Anexo 16: Diagrama de flujo del funcionamiento de heurística de clusterización



Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Gráfico de la heurística de clusterización



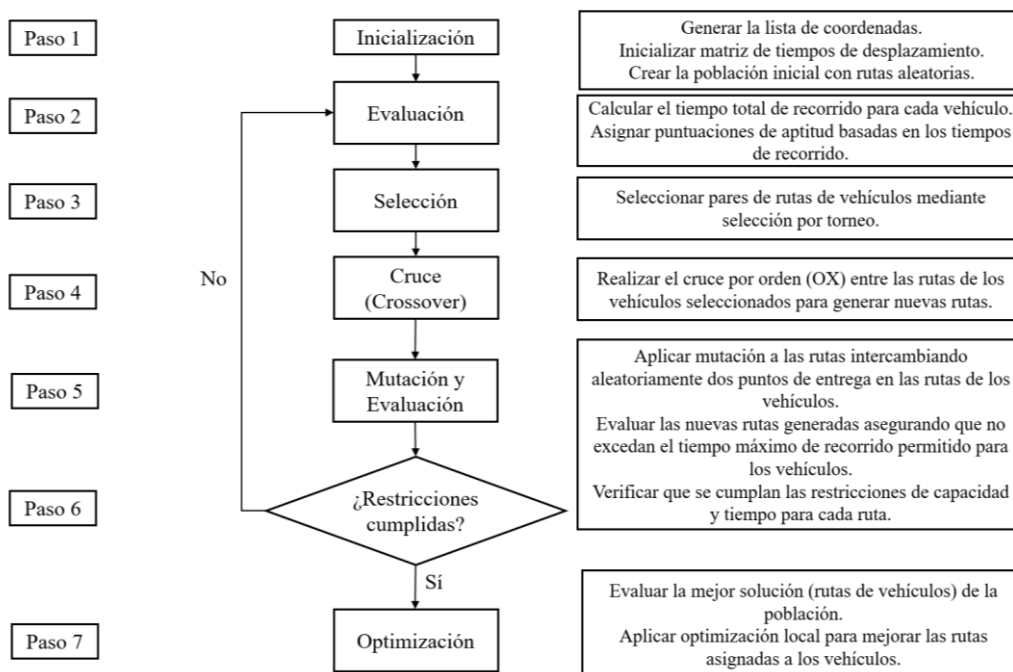
Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Indicadores resultantes heurística de clusterización**Tabla 40: Resumen de resultados de método de clusterización**

RESUMEN RESULTADOS MÉTODO DE CLUSTERIZACIÓN PYTHON							
Nodos	Coordenadas	Tipo de Servicio	Asignación	Ingresos	C. mano de obra	Costo combustible	Ingreso – Costos
BASE	-6,763362, -79,845834	-					
PSS1	-6,478401, -79,864232	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS2	-6,724471, -79,707636	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS3	-6,467659, -79,825707	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS4	-6,850730, -79,299010	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS5	-6,891105, -79,559650	MANTENIMIENTO	URBANO RURAL	S/ 70,37			
PSS6	-6,523922, -80,015783	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS7	-6,635818, -79,396467	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS8	-5,600186, -79,900881	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS9	-6,481177, -79,654832	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS10	-6,783869, -79,612346	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS11	-6,908946, -79,590300	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 51,87			
PSS12	-6,629751, -79,797202	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS13	-6,629451, -79,774273	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS14	-6,701539, -79,915034	NUEVO SERVICIO	URBANO	S/ 214,82			
PSS15	-6,708131, -79,927360	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06	S/861,56	S/1 698,04	S/1 989,24
PSS16	-6,717042, -79,887740	CORTE DE SERVICIO	RURAL	S/ 89,99			
PSS17	-6,864086, -79,821227	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS18	-6,717295, -79,774179	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS19	-5,987520, -79,745565	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS20	-6,148534, -79,703966	REAPERTURA	URBANO - RURAL	S/ 153,81			
PSS21	-6,734223, -79,632231	NUEVO SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 235,61			
PSS22	-6,614238, -79,967131	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS23	-6,511802, -79,959092	MANTENIMIENTO	URBANO - RURAL	S/ 70,37			
PSS24	-6,537484, -79,798262	INSPECCIÓN	RURAL	S/ 51,87			
PSS25	-6,804718, -79,758427	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS26	-6,778556, -79,680147	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
PSS27	-6,526754, -79,874315	REAPERTURA	RURAL	S/ 157,41			
PSS28	-6,741638, -79,696382	CORTE DE SERVICIO	URBANO - RURAL	S/ 84,06			
PSS29	-6,787907, -79,269726	NUEVO SERVICIO	RURAL	S/ 285,41			
				S/ 4 548,85	S/861,56	S/1 698,04	S/1 989,24

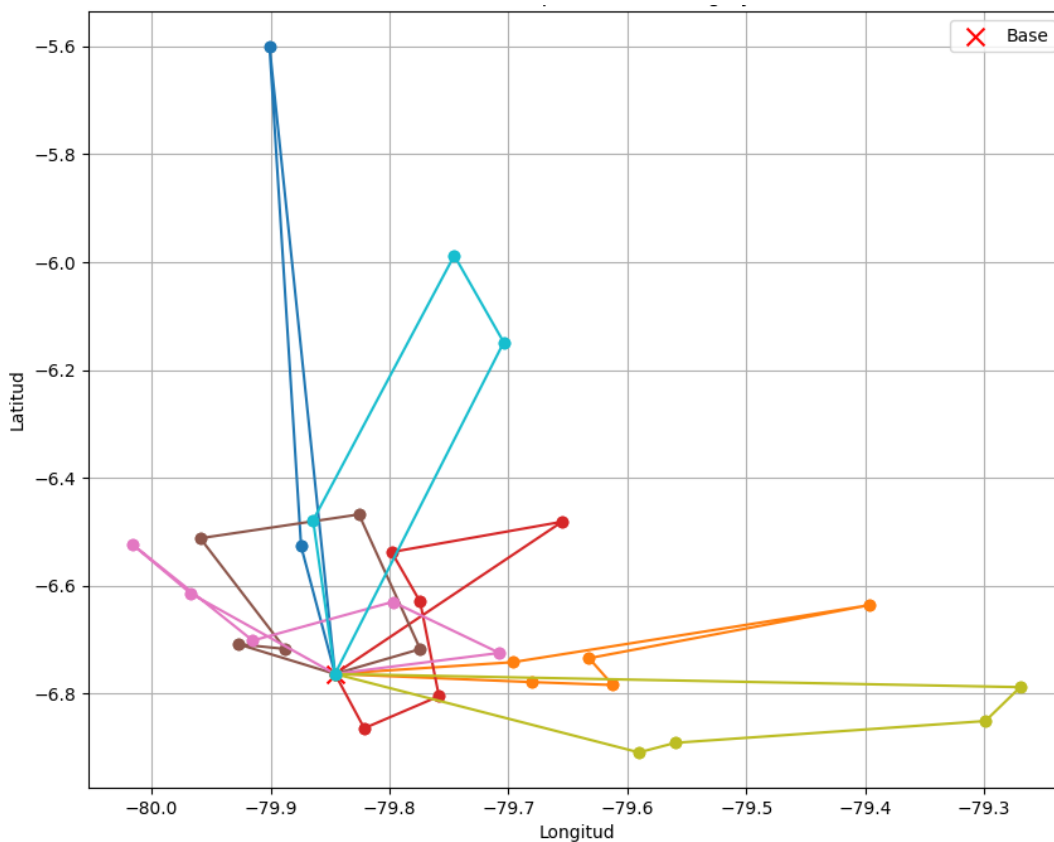
Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético



Fuente: Elaboración propia

Anexo 20: Gráfico algoritmo genético



Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Código de programación heurística de barrido

```

1  √ import numpy as np
2  import pandas as pd
3  import time
4  import matplotlib.pyplot as plt
5
6  # Coordenadas del depósito y los puntos de servicio
7  √ coordinates = {
8      'BASE': (-6.763362, -79.845834),
9      'PSS1': (-6.478401, -79.864232),
10     'PSS2': (-6.724471, -79.707636),
11     'PSS3': (-6.467659, -79.825707),
12     'PSS4': (-6.850730, -79.299010),
13     'PSS5': (-6.891105, -79.559650),
14     'PSS6': (-6.523922, -80.015783),
15     'PSS7': (-6.635818, -79.396467),
16     'PSS8': (-5.600186, -79.900881),
17     'PSS9': (-6.481177, -79.654832),
18     'PSS10': (-6.783869, -79.612346),
19     'PSS11': (-6.908946, -79.590300),
20     'PSS12': (-6.629751, -79.797202),
21     'PSS13': (-6.629451, -79.774273),
22     'PSS14': (-6.701539, -79.915034),
23     'PSS15': (-6.708131, -79.927360),
24     'PSS16': (-6.717042, -79.887740),
25     'PSS17': (-6.864086, -79.821227),
26     'PSS18': (-6.717295, -79.774179),
27     'PSS19': (-5.987520, -79.745565),
28     'PSS20': (-6.148534, -79.703966),
29     'PSS21': (-6.734223, -79.632231),
30     'PSS22': (-6.614238, -79.967131),
31     'PSS23': (-6.511802, -79.959092),
32     'PSS24': (-6.537484, -79.798262),
33     'PSS25': (-6.804718, -79.758427),
34     'PSS26': (-6.778556, -79.680147),
35     'PSS27': (-6.526754, -79.874315),
36     'PSS28': (-6.741638, -79.696382),
37     'PSS29': (-6.787907, -79.269726)
38 }

40 # Función para convertir coordenadas a ángulos polares
41 √ def to_polar(base, point):
42     delta_x = point[1] - base[1]
43     delta_y = point[0] - base[0]
44     angle = np.arctan2(delta_y, delta_x)
45     return np.degrees(angle) if angle >= 0 else np.degrees(angle) + 360
46
47 # Calcular los ángulos para cada punto de servicio
48 base_coords = coordinates['BASE']
49 angles = {node: to_polar(base_coords, coords) for node, coords in coordinates.items() if node != 'BASE'}
50
51 # Ordenar los puntos por ángulo
52 sorted_nodes = sorted(angles, key=angles.get)
53
54 print("Sorted nodes by angle:", sorted_nodes)

56 # Nueva matriz de tiempos de desplazamiento
57 √ time_matrix_data = {
58     'BASE': [100000, 57, 43, 64, 110, 72, 47, 92, 160, 72, 60, 72, 40, 45, 21, 29, 20, 32, 27, 140, 102, 55, 34, 65, 65, 37, 45, 47, 43, 130],
59     'PSS1': [57, 100000, 127, 64, 210, 180, 90, 185, 190, 117, 150, 170, 90, 100, 95, 103, 100, 137, 107, 140, 105, 142, 95, 78, 100, 147, 140, 67, 130, 230],
60     'PSS2': [43, 127, 100000, 135, 130, 100, 135, 110, 260, 120, 77, 105, 90, 90, 115, 122, 112, 95, 80, 210, 180, 71, 115, 125, 105, 78, 68, 115, 59, 160],
61     'PSS3': [64, 54, 125, 100000, 210, 170, 90, 170, 185, 97, 125, 170, 80, 85, 92, 100, 95, 135, 95, 135, 102, 120, 95, 80, 80, 132, 120, 64, 120, 230],
62     'PSS4': [110, 195, 115, 205, 100000, 75, 185, 165, 325, 195, 100, 80, 165, 165, 165, 165, 155, 117, 145, 270, 245, 110, 175, 195, 175, 115, 105, 190, 110, 57],
63     'PSS5': [72, 175, 95, 175, 85, 100000, 165, 135, 305, 170, 80, 57, 132, 125, 140, 140, 135, 90, 110, 255, 225, 90, 152, 175, 155, 95, 85, 165, 90, 105],
64     'PSS6': [47, 80, 125, 90, 190, 160, 100000, 175, 210, 130, 137, 147, 92, 102, 71, 80, 75, 112, 100, 165, 135, 140, 56, 60, 112, 122, 132, 80, 127, 205],
65     'PSS7': [92, 180, 105, 175, 175, 135, 180, 100000, 300, 120, 100, 142, 140, 145, 160, 165, 160, 140, 125, 255, 220, 87, 170, 180, 155, 122, 110, 165, 100, 190],
66     'PSS8': [160, 190, 260, 195, 340, 310, 220, 305, 100000, 220, 275, 290, 225, 225, 220, 225, 225, 260, 235, 107, 140, 265, 225, 210, 230, 270, 265, 195, 255, 350],
67     'PSS9': [72, 107, 110, 97, 200, 165, 130, 115, 210, 100000, 125, 170, 80, 80, 110, 120, 115, 127, 92, 155, 127, 120, 112, 110, 75, 137, 125, 95, 115, 220],
68     'PSS10': [60, 135, 62, 120, 100, 70, 132, 90, 260, 120, 100000, 75, 95, 100, 122, 125, 117, 97, 80, 210, 185, 51, 130, 140, 105, 70, 55, 125, 56, 120],
69     'PSS11': [72, 155, 90, 165, 80, 47, 142, 132, 275, 165, 75, 100000, 125, 127, 117, 122, 117, 75, 105, 235, 105, 85, 132, 150, 137, 90, 80, 142, 85, 100],
70     'PSS12': [40, 90, 90, 90, 180, 137, 102, 145, 225, 90, 110, 142, 100000, 62, 85, 92, 90, 105, 67, 170, 142, 105, 85, 95, 72, 110, 95, 77, 90, 190],
71     'PSS13': [45, 85, 75, 80, 165, 115, 97, 135, 210, 75, 100, 117, 47, 100000, 80, 90, 85, 95, 57, 165, 137, 95, 85, 85, 57, 97, 85, 75, 80, 185],
72     'PSS14': [21, 95, 115, 102, 180, 145, 81, 165, 220, 120, 137, 137, 85, 95, 100000, 59, 62, 97, 92, 175, 147, 117, 69, 90, 105, 107, 117, 83, 107, 195],
73     'PSS15': [29, 88, 107, 95, 165, 130, 75, 155, 210, 115, 125, 117, 77, 90, 44, 100000, 55, 92, 87, 170, 142, 112, 62, 85, 100, 102, 107, 82, 100, 190],
74     'PSS16': [20, 85, 97, 90, 155, 125, 70, 150, 210, 110, 117, 75, 75, 85, 47, 55, 100000, 82, 77, 165, 135, 102, 58, 80, 95, 92, 100, 72, 92, 180],
75     'PSS17': [32, 127, 85, 135, 122, 85, 112, 135, 250, 127, 102, 110, 95, 100, 87, 97, 87, 100000, 82, 210, 180, 92, 102, 122, 110, 68, 80, 117, 82, 140],
76     'PSS18': [27, 107, 80, 105, 160, 115, 110, 130, 235, 102, 95, 250, 67, 72, 92, 102, 92, 92, 100000, 190, 130, 92, 100, 115, 85, 97, 85, 95, 78, 185],
77     'PSS19': [140, 140, 210, 145, 285, 260, 175, 260, 107, 165, 225, 120, 170, 180, 175, 185, 180, 220, 190, 100000, 90, 225, 180, 165, 185, 225, 220, 145, 210, 310],
78     'PSS20': [102, 95, 170, 102, 250, 220, 135, 215, 130, 127, 190, 90, 132, 142, 137, 147, 140, 180, 120, 80, 100000, 190, 140, 132, 150, 190, 185, 112, 175, 275],
79     'PSS21': [55, 142, 71, 130, 125, 95, 150, 92, 265, 130, 66, 147, 105, 110, 117, 127, 117, 102, 92, 225, 200, 100000, 140, 140, 120, 87, 74, 127, 64, 160],
80     'PSS22': [34, 80, 100, 90, 175, 142, 51, 160, 210, 107, 130, 150, 70, 85, 54, 62, 58, 97, 85, 165, 135, 125, 100000, 65, 92, 102, 110, 72, 105, 190],
81     'PSS23': [65, 73, 120, 85, 205, 175, 65, 180, 205, 115, 150, 147, 90, 95, 85, 95, 90, 127, 110, 160, 137, 135, 75, 100000, 105, 140, 130, 69, 125, 220],
82     'PSS24': [65, 85, 90, 75, 175, 145, 107, 145, 215, 70, 105, 90, 57, 57, 90, 100, 95, 105, 70, 170, 145, 105, 92, 95, 100000, 110, 102, 80, 95, 195],
83     'PSS25': [37, 137, 68, 132, 120, 90, 122, 117, 260, 137, 75, 85, 100, 102, 97, 107, 97, 68, 87, 215, 190, 77, 107, 135, 115, 100000, 66, 137, 67, 150],
84     'PSS26': [45, 140, 68, 130, 120, 90, 142, 115, 265, 135, 70, 157, 95, 100, 117, 122, 115, 90, 85, 220, 195, 74, 125, 135, 117, 76, 100000, 125, 64, 135],
85     'PSS27': [47, 57, 105, 64, 195, 160, 80, 160, 185, 95, 130, 90, 67, 80, 73, 87, 77, 117, 85, 135, 112, 117, 77, 64, 85, 137, 115, 100000, 110, 210],
86     'PSS28': [43, 115, 44, 115, 110, 80, 122, 90, 240, 110, 56, 100, 75, 80, 92, 100, 92, 77, 63, 195, 170, 49, 105, 115, 95, 62, 49, 105, 100000, 145],
87     'PSS29': [130, 230, 160, 240, 72, 110, 215, 195, 350, 230, 135, 50, 190, 200, 195, 205, 195, 150, 185, 310, 285, 160, 205, 225, 210, 160, 135, 220, 160, 100000]
88 }

```

```

90 # Convertir la matriz de tiempos de desplazamiento a un DataFrame
91 time_matrix = pd.DataFrame(time_matrix_data, index=['BASE', 'PSS1', 'PSS2', 'PSS3', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS6', 'PSS7', 'PSS8'],
92
93 # Verificar etiquetas de filas y columnas
94 print("Row labels:", time_matrix.index.tolist())
95 print("Column labels:", time_matrix.columns.tolist())
96
97 # Asegurarse de que 'BASE' esté en las etiquetas
98 if 'BASE' not in time_matrix.columns or 'BASE' not in time_matrix.index:
99     print("Error: 'BASE' no se encuentra en las etiquetas de las filas o columnas.")
100 else:
101     start_time = time.time() # Iniciar el temporizador
102
103     # Restricciones
104     num_vehicles = 7
105     max_time = 480
106
107     # Inicializar las rutas para cada vehículo
108     routes = [[] for _ in range(num_vehicles)]
109     route_times = [0 for _ in range(num_vehicles)]
110
111     # Función para encontrar el vehículo con menor tiempo que pueda añadir un nodo sin exceder el tiempo máximo
112     def find_vehicle_for_node(node, time_matrix, routes, route_times, max_time):
113         for i in range(num_vehicles):
114             last_node = routes[i][-1] if routes[i] else 'BASE'
115             new_time = route_times[i] + time_matrix.loc[last_node, node] + time_matrix.loc[node, 'BASE']
116             if new_time <= max_time:
117                 return i
118         return None
119
120     # Asignar nodos iniciales asegurando no exceder el tiempo máximo
121     for node in sorted_nodes:
122         vehicle_index = find_vehicle_for_node(node, time_matrix, routes, route_times, max_time)
123         if vehicle_index is not None:
124             last_node = routes[vehicle_index][-1] if routes[vehicle_index] else 'BASE'
125             route_times[vehicle_index] += time_matrix.loc[last_node, node]
126             routes[vehicle_index].append(node)
127         else:
128             print(f"No se pudo asignar el nodo {node} sin exceder el tiempo máximo.")
129
130     # Añadir el tiempo de regreso a la base
131     for i in range(num_vehicles):
132         if len(routes[i]) > 0:
133             last_node = routes[i][-1]
134             route_times[i] += time_matrix.loc[last_node, 'BASE']
135
136     # Mostrar las rutas
137     for i, route in enumerate(routes):
138         print(f"Vehicle {i+1} route: {route}, Total time: {route_times[i]} minutes")
139
140     end_time = time.time() # Detener el temporizador
141     elapsed_time = end_time - start_time # Calcular el tiempo transcurrido
142     print(f"Tiempo total de ejecución: {elapsed_time:.2f} segundos")
143
144     # Graficar la distribución de los puntos de servicio y las rutas
145     plt.figure(figsize=(10, 8))
146
147     # Definir colores para cada vehículo
148     colors = plt.get_cmap('tab10', num_vehicles)
149
150     # Graficar los puntos de servicio y la base
151     for vehicle_index, route in enumerate(routes):
152         route_coords = [coordinates['BASE']] + [coordinates[node] for node in route] + [coordinates['BASE']]
153         route_coords = np.array(route_coords)
154         plt.plot(route_coords[:, 1], route_coords[:, 0], marker='o', color=colors(vehicle_index), label=f'Vehicle {vehicle_index + 1}')
155
156     # Graficar todos los puntos de servicio
157     for node, (lat, lon) in coordinates.items():
158         if node == 'BASE':
159             plt.scatter(lon, lat, color='red', label='Base', zorder=5)
160         else:
161             plt.scatter(lon, lat, color='blue', label='Puntos de servicio' if node == 'PSS1' else "", zorder=5)
162             plt.text(lon, lat, node, fontsize=9, ha='right')
163
164     plt.xlabel('Longitud')
165     plt.ylabel('Latitud')
166     plt.title('Distribución de los puntos de servicio y rutas de vehículos')
167     plt.legend()
168     plt.grid(True)
169     plt.show()

```

Anexo 22: Programación heurística de ahorro

```

1  import numpy as np
2  import pandas as pd
3  import matplotlib.pyplot as plt
4
5  # Coordenadas del depósito y los puntos de entrega
6  coordinates = {
7      'BASE': (-6.763362, -79.845834),
8      'PSS1': (-6.478401, -79.864232),
9      'PSS2': (-6.724471, -79.707636),
10     'PSS3': (-6.467659, -79.825707),
11     'PSS4': (-6.850730, -79.299010),
12     'PSS5': (-6.891105, -79.559650),
13     'PSS6': (-6.523922, -80.015783),
14     'PSS7': (-6.635818, -79.396467),
15     'PSS8': (-5.600186, -79.900881),
16     'PSS9': (-6.481177, -79.654832),
17     'PSS10': (-6.783869, -79.612346),
18     'PSS11': (-6.908946, -79.590300),
19     'PSS12': (-6.629751, -79.797202),
20     'PSS13': (-6.629451, -79.774273),
21     'PSS14': (-6.701539, -79.915034),
22     'PSS15': (-6.708131, -79.927360),
23     'PSS16': (-6.717042, -79.887740),
24     'PSS17': (-6.864086, -79.821227),
25     'PSS18': (-6.717295, -79.774179),
26     'PSS19': (-5.987520, -79.745565),
27     'PSS20': (-6.148534, -79.703966),
28     'PSS21': (-6.734223, -79.632231),
29     'PSS22': (-6.614238, -79.967131),
30     'PSS23': (-6.511802, -79.959092),
31     'PSS24': (-6.537484, -79.798262),
32     'PSS25': (-6.804718, -79.758427),
33     'PSS26': (-6.778556, -79.680147),
34     'PSS27': (-6.526754, -79.874315),
35     'PSS28': (-6.741638, -79.696382),
36     'PSS29': (-6.787907, -79.269726)
37 }

39 # Nueva matriz de tiempos de desplazamiento
40 time_matrix_data = {
41     'BASE': [100000, 57, 43, 64, 110, 72, 47, 92, 160, 72, 60, 72, 40, 45, 21, 29, 20, 32, 27, 140, 102, 55, 34, 65, 65, 37, 45, 47, 43, 130],
42     'PSS1': [57, 100000, 127, 64, 210, 180, 90, 185, 190, 117, 150, 170, 90, 100, 95, 103, 100, 137, 107, 140, 105, 142, 95, 78, 100, 147, 140, 67, 130, 230],
43     'PSS2': [43, 127, 100000, 135, 130, 100, 135, 110, 260, 120, 77, 105, 90, 90, 115, 122, 112, 95, 80, 210, 180, 71, 115, 125, 105, 78, 68, 115, 59, 160],
44     'PSS3': [64, 54, 125, 100000, 210, 170, 90, 170, 185, 97, 125, 170, 80, 85, 92, 100, 95, 135, 95, 135, 102, 120, 95, 80, 80, 132, 120, 64, 120, 230],
45     'PSS4': [110, 195, 115, 205, 100000, 75, 185, 165, 325, 195, 100, 80, 165, 165, 165, 165, 155, 117, 145, 270, 245, 110, 175, 195, 175, 115, 105, 190, 110, 57],
46     'PSS5': [72, 175, 95, 175, 85, 100000, 165, 135, 305, 170, 80, 57, 132, 125, 140, 140, 135, 90, 110, 255, 225, 90, 152, 175, 155, 95, 85, 165, 90, 105],
47     'PSS6': [47, 80, 125, 90, 190, 160, 100000, 175, 210, 130, 137, 147, 92, 102, 71, 80, 75, 112, 100, 165, 135, 140, 56, 60, 112, 122, 132, 80, 127, 205],
48     'PSS7': [92, 180, 105, 175, 175, 135, 180, 100000, 300, 120, 100, 142, 140, 145, 160, 165, 160, 140, 125, 255, 220, 87, 170, 180, 155, 122, 110, 165, 100, 190],
49     'PSS8': [160, 190, 260, 195, 340, 310, 220, 305, 100000, 220, 275, 290, 225, 225, 220, 225, 225, 260, 235, 107, 140, 265, 225, 210, 230, 270, 265, 195, 255, 350],
50     'PSS9': [72, 107, 110, 97, 200, 165, 130, 115, 210, 100000, 125, 170, 80, 80, 110, 120, 115, 127, 92, 155, 127, 120, 112, 110, 75, 137, 125, 95, 115, 220],
51     'PSS10': [60, 135, 62, 120, 100, 70, 132, 90, 260, 120, 100000, 75, 95, 100, 122, 125, 117, 97, 80, 210, 185, 51, 130, 140, 105, 70, 55, 125, 56, 120],
52     'PSS11': [72, 155, 90, 165, 80, 47, 142, 132, 275, 165, 75, 100000, 125, 127, 117, 122, 117, 75, 105, 235, 105, 85, 132, 150, 137, 90, 80, 142, 85, 100],
53     'PSS12': [40, 90, 90, 90, 180, 137, 102, 145, 225, 90, 110, 142, 100000, 62, 85, 92, 90, 105, 67, 170, 142, 105, 85, 95, 72, 110, 95, 77, 90, 190],
54     'PSS13': [45, 85, 75, 80, 165, 115, 97, 135, 210, 75, 100, 117, 47, 100000, 80, 90, 85, 95, 57, 165, 137, 95, 85, 85, 57, 97, 85, 75, 80, 185],
55     'PSS14': [21, 95, 115, 102, 180, 145, 81, 165, 220, 120, 137, 137, 85, 95, 100000, 59, 62, 97, 92, 175, 147, 117, 69, 90, 105, 107, 117, 83, 107, 195],
56     'PSS15': [29, 88, 107, 95, 165, 130, 75, 155, 210, 115, 125, 117, 77, 90, 44, 100000, 55, 92, 87, 170, 142, 112, 62, 85, 100, 102, 107, 82, 100, 190],
57     'PSS16': [20, 85, 97, 90, 155, 125, 70, 150, 210, 110, 117, 75, 75, 85, 47, 55, 100000, 82, 77, 165, 135, 102, 58, 80, 95, 92, 100, 72, 92, 180],
58     'PSS17': [32, 127, 85, 135, 122, 85, 112, 135, 250, 127, 102, 110, 95, 100, 87, 97, 87, 100000, 82, 210, 180, 92, 102, 122, 110, 68, 80, 117, 82, 140],
59     'PSS18': [27, 107, 80, 105, 160, 115, 110, 130, 235, 102, 95, 250, 67, 72, 92, 102, 92, 92, 100000, 190, 130, 92, 100, 115, 85, 97, 85, 95, 78, 185],
60     'PSS19': [140, 140, 210, 145, 285, 260, 175, 260, 107, 165, 225, 120, 170, 180, 175, 185, 180, 220, 190, 100000, 90, 225, 180, 165, 185, 225, 220, 145, 210, 310],
61     'PSS20': [102, 95, 170, 102, 250, 220, 135, 215, 130, 127, 190, 90, 132, 142, 137, 147, 140, 180, 120, 80, 100000, 190, 140, 132, 150, 190, 185, 112, 175, 275],
62     'PSS21': [55, 142, 71, 130, 125, 95, 150, 92, 265, 130, 66, 147, 105, 110, 117, 127, 117, 102, 92, 225, 200, 100000, 140, 140, 120, 87, 74, 127, 64, 160],
63     'PSS22': [34, 80, 100, 90, 175, 142, 51, 160, 210, 107, 130, 150, 70, 85, 54, 62, 58, 97, 85, 165, 135, 125, 100000, 65, 92, 102, 110, 72, 105, 190],
64     'PSS23': [65, 73, 120, 85, 205, 175, 65, 180, 205, 115, 150, 147, 90, 95, 85, 95, 90, 127, 110, 160, 137, 135, 75, 100000, 105, 140, 130, 69, 125, 220],
65     'PSS24': [65, 85, 90, 75, 175, 145, 107, 145, 215, 70, 105, 90, 57, 57, 90, 100, 95, 105, 70, 170, 145, 105, 92, 95, 100000, 110, 102, 80, 95, 195],
66     'PSS25': [37, 137, 68, 132, 120, 90, 122, 117, 260, 137, 75, 85, 100, 102, 97, 107, 97, 68, 87, 215, 190, 77, 107, 135, 115, 100000, 66, 137, 67, 150],
67     'PSS26': [45, 140, 68, 130, 120, 90, 142, 115, 265, 135, 70, 157, 95, 100, 117, 122, 115, 90, 85, 220, 195, 74, 125, 135, 117, 76, 100000, 125, 64, 135],
68     'PSS27': [47, 57, 105, 64, 195, 160, 80, 160, 185, 95, 130, 90, 67, 80, 73, 87, 77, 117, 85, 135, 112, 117, 77, 64, 85, 137, 115, 100000, 110, 210],
69     'PSS28': [43, 115, 44, 115, 110, 80, 122, 90, 240, 110, 56, 100, 75, 80, 92, 100, 92, 77, 63, 195, 170, 49, 105, 115, 95, 62, 49, 105, 100000, 145],
70     'PSS29': [130, 230, 160, 240, 72, 110, 215, 195, 350, 230, 135, 50, 190, 200, 195, 205, 195, 150, 185, 310, 285, 160, 205, 225, 210, 160, 135, 220, 160, 100000]

```

```

73 # Convertir la matriz de tiempos de desplazamiento a un DataFrame
74 time_matrix = pd.DataFrame(time_matrix_data, index=['BASE', 'PSS1', 'PSS2', 'PSS3', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS6', 'PSS7', 'PSS8', 'PSS9', 'PSS10', 'PSS11', 'PSS12', 'PSS13'],
75                             columns=['BASE', 'PSS1', 'PSS2', 'PSS3', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS6', 'PSS7', 'PSS8', 'PSS9', 'PSS10', 'PSS11', 'PSS12', 'PSS13'])
76 # Función de ahorro
77 def savings(node_i, node_j):
78     return time_matrix.loc['BASE', f'PSS{node_i}'] + time_matrix.loc['BASE', f'PSS{node_j}'] - time_matrix.loc[f'PSS{node_i}', f'PSS{node_j}']
79
80 # Inicialización
81 routes = [[i] for i in range(1, 30)]
82 route_loads = [time_matrix.loc['BASE', f'PSS{i}'] + time_matrix.loc[f'PSS{i}', 'BASE'] for i in range(1, 30)]
83
84 # Calcular ahorros
85 savings_list = []
86 for i in range(1, 30):
87     for j in range(i+1, 30):
88         savings_list.append((savings(i, j), i, j))
89 savings_list.sort(reverse=True, key=lambda x: x[0])
90
91 # Aplicar el método de ahorro
92 for saving, i, j in savings_list:
93     route_i = next((route for route in routes if route[-1] == i), None)
94     route_j = next((route for route in routes if route[0] == j), None)
95     if route_i and route_j and route_i != route_j:
96         new_load = route_loads[routes.index(route_i)] + route_loads[routes.index(route_j)] - time_matrix.loc['BASE', f'PSS{i}'] - time_matrix.loc[f'PSS{j}', 'BASE']
97         if new_load <= 480:
98             route_i.extend(route_j)
99             route_loads[routes.index(route_i)] = new_load
100             routes.remove(route_j)
101
102 # Filtrar rutas vacías
103 routes = [route for route in routes if route]
104
105 # Verificar que las rutas no excedan el tiempo máximo y ajustar
106 final_routes = []
107 for route in routes:
108     current_route = []
109     current_time = 0
110     for i in range(len(route)):
111         if i == 0:
112             current_time += time_matrix.loc['BASE', f'PSS{route[i]}']
113         else:
114             current_time += time_matrix.loc[f'PSS{route[i-1]}', f'PSS{route[i]}']
115         if current_time + time_matrix.loc[f'PSS{route[i]}', 'BASE'] > 480:
116             final_routes.append(current_route)
117             current_route = [route[i]]
118             current_time = time_matrix.loc['BASE', f'PSS{route[i]}']
119     else:
120         current_route.append(route[i])
121         final_routes.append(current_route)
122
123 # Asegurarse de que el número de vehículos no exceda 7
124 while len(final_routes) > 7:
125     # Combinar las rutas con menor carga
126     min_route_index_1 = min(range(len(final_routes)), key=lambda i: sum(time_matrix.loc[f'PSS{final_routes[i][k]}', f'PSS{final_routes[i][k+1]}'] for k in range(len(final_routes[i])-1)))
127     min_route_index_2 = min(range(len(final_routes)), key=lambda i: sum(time_matrix.loc[f'PSS{final_routes[i][k]}', f'PSS{final_routes[i][k+1]}'] for k in range(len(final_routes[i])-1)))
128     combined_route = final_routes[min_route_index_1] + final_routes[min_route_index_2]
129     combined_time = sum(time_matrix.loc[f'PSS{combined_route[k]}', f'PSS{combined_route[k+1]}'] for k in range(len(combined_route)-1)) + time_matrix.loc['BASE', f'PSS{combined_route[0]}']
130     if combined_time <= 480:
131         final_routes[min_route_index_1] = combined_route
132         final_routes.pop(min_route_index_2)
133     else:
134         break
135
136 # Calcular tiempos de las rutas finales
137 route_times = []
138 for route in final_routes:
139     total_time = sum(time_matrix.loc[f'PSS{route[i]}', f'PSS{route[i+1]}'] for i in range(len(route)-1))
140     total_time += time_matrix.loc['BASE', f'PSS{route[0]}']
141     total_time += time_matrix.loc[f'PSS{route[-1]}', 'BASE']
142     route_times.append(total_time)
143
144 # Imprimir rutas finales
145 for i, route in enumerate(final_routes):
146     print(f'Vehicle {i+1} route: {route}, Total time: {route_times[i]} minutes")
147
148 # Graficar las rutas
149 colors = plt.cm.tab10(np.linspace(0, 1, len(final_routes)))
150 for route, color in zip(final_routes, colors):
151     x = [coordinates['BASE'][1]] + [coordinates[f'PSS{node}'][1] for node in route] + [coordinates['BASE'][1]]
152     y = [coordinates['BASE'][0]] + [coordinates[f'PSS{node}'][0] for node in route] + [coordinates['BASE'][0]]
153     plt.plot(x, y, marker='o', color=color)
154
155 # Graficar los puntos
156 for name, coord in coordinates.items():
157     plt.scatter(coord[1], coord[0], color='blue' if name != 'BASE' else 'red')
158     plt.text(coord[1], coord[0], name)
159
160 plt.xlabel('Longitud')
161 plt.ylabel('Latitud')
162 plt.title('Distribución de los puntos de entrega en un plano cartesiano')
163 plt.legend(['Puntos de entrega', 'Base'])
164 plt.show()

```

Anexo 23: Programación heurística de clusterización

```

1  import numpy as np
2  import pandas as pd
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  from sklearn.cluster import KMeans
5
6  # Coordenadas del depósito y los puntos de entrega
7  coordinates = {
8      'BASE': (-6.763362, -79.845834),
9      'PSS1': (-6.478401, -79.864232),
10     'PSS2': (-6.724471, -79.707636),
11     'PSS3': (-6.467659, -79.825707),
12     'PSS4': (-6.850730, -79.299010),
13     'PSS5': (-6.891105, -79.559650),
14     'PSS6': (-6.523922, -80.015783),
15     'PSS7': (-6.635818, -79.396467),
16     'PSS8': (-5.600186, -79.900881),
17     'PSS9': (-6.481177, -79.654832),
18     'PSS10': (-6.783869, -79.612346),
19     'PSS11': (-6.908946, -79.590300),
20     'PSS12': (-6.629751, -79.797202),
21     'PSS13': (-6.629451, -79.774273),
22     'PSS14': (-6.701539, -79.915034),
23     'PSS15': (-6.708131, -79.927360),
24     'PSS16': (-6.717042, -79.887740),
25     'PSS17': (-6.864086, -79.821227),
26     'PSS18': (-6.717295, -79.774179),
27     'PSS19': (-5.987520, -79.745565),
28     'PSS20': (-6.148534, -79.703966),
29     'PSS21': (-6.734223, -79.632231),
30     'PSS22': (-6.614238, -79.967131),
31     'PSS23': (-6.511802, -79.959092),
32     'PSS24': (-6.537484, -79.798262),
33     'PSS25': (-6.804718, -79.758427),
34     'PSS26': (-6.778556, -79.680147),
35     'PSS27': (-6.526754, -79.874315),
36     'PSS28': (-6.741638, -79.696382),
37     'PSS29': (-6.787907, -79.269726)
38 }

40 # Convertir coordenadas a DataFrame
41 coords_df = pd.DataFrame(coordinates).T
42 coords_df.columns = ['lat', 'lon']
43
44 # Parámetros de la clusterización
45 num_vehicles = 7
46 max_time = 480
47
48 # Ejecutar KMeans para la clusterización
49 kmeans = KMeans(n_clusters=num_vehicles)
50 coords_df['cluster'] = kmeans.fit_predict(coords_df[['lat', 'lon']])
51
52 # Nueva matriz de tiempos de desplazamiento
53 time_matrix_data = {
54     'BASE': [100000, 57, 43, 64, 110, 72, 47, 92, 160, 72, 60, 72, 40, 45, 21, 29, 20, 32, 27, 140, 102, 55, 34, 65, 65, 37, 45, 47, 43, 130],
55     'PSS1': [57, 100000, 127, 64, 210, 180, 90, 185, 190, 117, 150, 170, 90, 100, 95, 103, 100, 137, 107, 140, 105, 142, 95, 78, 100, 147, 140, 67, 130, 230],
56     'PSS2': [43, 127, 100000, 135, 130, 100, 135, 110, 260, 120, 77, 105, 90, 90, 115, 122, 112, 95, 80, 210, 180, 71, 115, 125, 105, 78, 68, 115, 59, 160],
57     'PSS3': [64, 54, 125, 100000, 210, 170, 90, 170, 185, 97, 125, 170, 80, 85, 92, 100, 95, 135, 95, 135, 102, 120, 95, 80, 80, 132, 120, 64, 120, 230],
58     'PSS4': [110, 195, 115, 205, 100000, 75, 185, 165, 325, 195, 100, 80, 165, 165, 165, 155, 117, 145, 270, 245, 110, 175, 195, 175, 115, 105, 190, 110, 57],
59     'PSS5': [72, 175, 95, 175, 85, 100000, 165, 135, 305, 170, 80, 57, 132, 125, 140, 140, 135, 90, 110, 255, 225, 90, 152, 175, 155, 95, 85, 165, 90, 105],
60     'PSS6': [47, 80, 125, 90, 190, 160, 100000, 175, 210, 130, 137, 147, 92, 102, 71, 80, 75, 112, 100, 165, 135, 140, 56, 60, 112, 122, 132, 80, 127, 205],
61     'PSS7': [92, 180, 105, 175, 175, 135, 180, 100000, 300, 120, 100, 142, 140, 145, 160, 165, 160, 140, 125, 255, 220, 87, 170, 180, 155, 122, 110, 165, 100, 190],
62     'PSS8': [160, 190, 260, 195, 340, 310, 220, 305, 100000, 220, 275, 290, 225, 225, 220, 225, 225, 260, 235, 107, 140, 265, 225, 210, 230, 270, 265, 195, 255, 350],
63     'PSS9': [72, 107, 110, 97, 200, 165, 130, 115, 210, 100000, 125, 170, 80, 80, 110, 120, 115, 127, 92, 155, 127, 120, 112, 110, 75, 137, 125, 95, 115, 220],
64     'PSS10': [60, 135, 62, 120, 100, 70, 132, 90, 260, 120, 100000, 75, 95, 100, 122, 125, 117, 97, 80, 210, 185, 51, 130, 140, 105, 70, 55, 125, 56, 120],
65     'PSS11': [72, 155, 90, 165, 80, 47, 142, 132, 275, 165, 75, 100000, 125, 127, 117, 122, 117, 75, 105, 235, 105, 85, 132, 150, 137, 90, 80, 142, 85, 100],
66     'PSS12': [40, 90, 90, 90, 180, 137, 102, 145, 225, 90, 110, 142, 100000, 62, 85, 92, 90, 105, 67, 170, 142, 105, 85, 95, 72, 110, 95, 77, 90, 190],
67     'PSS13': [45, 85, 75, 80, 165, 115, 97, 135, 210, 75, 100, 117, 47, 100000, 80, 90, 85, 95, 57, 165, 137, 95, 85, 85, 57, 97, 85, 75, 80, 185],
68     'PSS14': [21, 95, 115, 102, 180, 145, 81, 165, 220, 120, 137, 137, 85, 95, 100000, 59, 62, 97, 92, 175, 147, 117, 69, 90, 105, 107, 117, 83, 107, 195],
69     'PSS15': [29, 88, 107, 95, 165, 130, 75, 155, 210, 115, 125, 117, 77, 90, 44, 100000, 55, 92, 87, 170, 142, 112, 62, 85, 100, 102, 107, 82, 100, 190],
70     'PSS16': [20, 85, 97, 90, 155, 125, 70, 150, 210, 110, 117, 75, 75, 85, 47, 55, 100000, 82, 77, 165, 135, 102, 58, 80, 95, 92, 100, 72, 92, 180],
71     'PSS17': [32, 127, 85, 135, 122, 85, 112, 135, 250, 127, 102, 110, 95, 100, 87, 97, 87, 100000, 82, 210, 180, 92, 102, 122, 110, 68, 80, 117, 82, 140],
72     'PSS18': [27, 107, 80, 105, 160, 115, 110, 130, 235, 102, 95, 250, 67, 72, 92, 102, 92, 92, 100000, 190, 130, 92, 100, 115, 85, 97, 85, 95, 78, 185],
73     'PSS19': [140, 140, 210, 145, 285, 260, 175, 260, 107, 165, 225, 120, 170, 180, 175, 185, 180, 220, 190, 100000, 90, 225, 180, 165, 185, 225, 220, 145, 210, 310],
74     'PSS20': [102, 95, 170, 102, 250, 220, 135, 215, 130, 127, 190, 90, 132, 142, 137, 147, 140, 180, 120, 80, 100000, 190, 140, 132, 150, 190, 185, 112, 175, 275],
75     'PSS21': [55, 142, 71, 130, 125, 95, 150, 92, 265, 130, 66, 147, 105, 110, 117, 127, 117, 102, 92, 225, 200, 100000, 140, 140, 120, 87, 74, 127, 64, 160],
76     'PSS22': [34, 80, 100, 90, 175, 142, 51, 160, 210, 107, 130, 150, 70, 85, 54, 62, 58, 97, 85, 165, 135, 125, 100000, 65, 92, 102, 110, 72, 105, 190],
77     'PSS23': [65, 73, 120, 85, 205, 175, 65, 180, 205, 115, 150, 147, 90, 95, 85, 95, 90, 127, 110, 160, 137, 135, 75, 100000, 105, 140, 130, 60, 125, 220],
78     'PSS24': [65, 85, 90, 75, 175, 145, 107, 145, 215, 70, 105, 90, 57, 57, 90, 100, 95, 105, 70, 170, 145, 105, 92, 95, 100000, 110, 102, 80, 95, 195],
79     'PSS25': [37, 137, 68, 132, 120, 90, 122, 117, 260, 137, 75, 85, 100, 102, 97, 107, 97, 68, 87, 215, 190, 77, 107, 135, 115, 100000, 66, 137, 67, 150],
80     'PSS26': [45, 140, 68, 130, 120, 90, 142, 115, 265, 135, 70, 157, 95, 100, 117, 122, 115, 90, 85, 220, 195, 74, 125, 135, 117, 76, 100000, 125, 64, 135],
81     'PSS27': [47, 175, 105, 64, 195, 160, 80, 160, 185, 95, 130, 90, 67, 80, 73, 87, 77, 117, 85, 135, 112, 117, 77, 64, 85, 137, 115, 100000, 110, 210],
82     'PSS28': [43, 115, 44, 115, 110, 80, 122, 90, 240, 110, 56, 100, 75, 80, 92, 100, 92, 77, 63, 195, 170, 49, 105, 115, 95, 62, 49, 105, 100000, 145],
83     'PSS29': [130, 230, 160, 240, 72, 110, 215, 195, 350, 230, 135, 50, 190, 200, 195, 205, 195, 150, 185, 310, 285, 160, 205, 225, 210, 160, 135, 220, 160, 100000]

```

```

86 # Convertir la matriz de tiempos de desplazamiento a un DataFrame
87 time_matrix = pd.DataFrame(time_matrix_data, index=['BASE', 'PSS1', 'PSS2', 'PSS3', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS6', 'PSS7'],
88
89 # Inicializar las rutas para cada cluster
90 routes = [[] for _ in range(num_vehicles)]
91 route_times = [0 for _ in range(num_vehicles)]
92
93 # Asignar puntos a los clusters
94 for point, cluster in coords_df[coords_df.index != 'BASE'][['cluster']].itertuples():
95     cluster = int(cluster) # Convertir el cluster a entero
96     last_node = 'BASE' if len(routes[cluster]) == 0 else routes[cluster][-1]
97     new_time = route_times[cluster] + time_matrix.loc[last_node, point] + time_matrix.loc[point, 'BASE']
98     if new_time <= max_time:
99         routes[cluster].append(point)
100         route_times[cluster] = new_time - time_matrix.loc[point, 'BASE']
101     else:
102         # Encontrar un nuevo cluster si el tiempo excede
103         for i in range(num_vehicles):
104             if i == cluster:
105                 continue
106             last_node = 'BASE' if len(routes[i]) == 0 else routes[i][-1]
107             new_time = route_times[i] + time_matrix.loc[last_node, point] + time_matrix.loc[point, 'BASE']
108             if new_time <= max_time:
109                 routes[i].append(point)
110                 route_times[i] = new_time - time_matrix.loc[point, 'BASE']
111             break
112
113 # Añadir el tiempo de regreso a la base
114 for i in range(num_vehicles):
115     if len(routes[i]) > 0:
116         last_node = routes[i][-1]
117         route_times[i] += time_matrix.loc[last_node, 'BASE']
118
119 # Mostrar las rutas
120 for i, route in enumerate(routes):
121     print(f"Vehicle {i+1} route: {route}, Total time: {route_times[i]} minutes")
122
123 # Graficar los clusters
124 plt.figure(figsize=(12, 8))
125 colors = plt.cm.tab10(np.linspace(0, 1, num_vehicles))
127 for i in range(num_vehicles):
128     cluster_points = coords_df[coords_df['cluster'] == i]
129     plt.scatter(cluster_points['lon'], cluster_points['lat'], c=[colors[i]], label=f'Cluster {i+1}')
130     for point in cluster_points.index:
131         plt.annotate(point, (cluster_points.loc[point, 'lon'], cluster_points.loc[point, 'lat']))
132 plt.scatter(coordinates['BASE'][1], coordinates['BASE'][0], c='red', marker='x', s=200, label='BASE')
133 plt.xlabel('Longitude')
134 plt.ylabel('Latitude')
135 plt.title('Clusters for Vehicle Routing')
136 plt.legend()
137 plt.grid(True)
138 plt.show()
139

```

Anexo 24: Código de programación algoritmo genético

```

1 import numpy as np
2 import pandas as pd
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 import random
5
6 # Coordenadas del depósito y los puntos de entrega
7 coordinates = {
8     'BASE': (-6.763362, -79.845834),
9     'PSS1': (-6.478401, -79.864232),
10    'PSS2': (-6.724471, -79.707636),
11    'PSS3': (-6.467659, -79.825707),
12    'PSS4': (-6.850730, -79.299010),
13    'PSS5': (-6.891105, -79.559650),
14    'PSS6': (-6.523922, -80.015783),
15    'PSS7': (-6.635818, -79.396467),
16    'PSS8': (-5.600186, -79.900881),
17    'PSS9': (-6.481177, -79.654832),
18    'PSS10': (-6.783869, -79.612346),
19    'PSS11': (-6.908946, -79.590300),
20    'PSS12': (-6.629751, -79.797202),
21    'PSS13': (-6.629451, -79.774273),
22    'PSS14': (-6.701539, -79.915034),
23    'PSS15': (-6.708131, -79.927360),
24    'PSS16': (-6.717042, -79.887740),
25    'PSS17': (-6.864086, -79.821227),
26    'PSS18': (-6.717295, -79.774179),
27    'PSS19': (-5.987520, -79.745565),
28    'PSS20': (-6.148534, -79.703966),
29    'PSS21': (-6.734223, -79.632231),
30    'PSS22': (-6.614238, -79.967131),
31    'PSS23': (-6.511802, -79.959092),
32    'PSS24': (-6.537484, -79.798262),
33    'PSS25': (-6.804718, -79.758427),
34    'PSS26': (-6.778556, -79.680147),
35    'PSS27': (-6.526754, -79.874315),
36    'PSS28': (-6.741638, -79.696382),
37    'PSS29': (-6.787907, -79.269726)
38 }
39
40 # Nueva matriz de tiempos de desplazamiento
41 time_matrix_data = {
42     'BASE': [100000, 57, 43, 64, 110, 72, 47, 92, 160, 72, 60, 72, 40, 45, 21, 29, 20, 32, 27, 140, 102, 55, 34, 65, 65, 37, 45, 47, 43, 130],
43     'PSS1': [57, 100000, 127, 64, 210, 180, 90, 185, 190, 117, 150, 170, 90, 100, 95, 103, 100, 137, 107, 140, 105, 142, 95, 78, 100, 147, 140, 67, 130, 230],
44     'PSS2': [43, 127, 100000, 135, 130, 100, 135, 110, 260, 120, 77, 105, 90, 90, 115, 122, 112, 95, 80, 210, 180, 71, 115, 125, 105, 78, 68, 115, 59, 160],
45     'PSS3': [64, 54, 125, 100000, 210, 170, 90, 170, 185, 97, 125, 170, 80, 85, 92, 100, 95, 135, 95, 135, 102, 120, 95, 80, 80, 132, 120, 64, 120, 230],
46     'PSS4': [110, 195, 115, 205, 100000, 75, 185, 165, 325, 195, 100, 80, 165, 165, 165, 165, 155, 117, 145, 270, 245, 110, 175, 195, 175, 115, 105, 190, 110, 57],
47     'PSS5': [72, 175, 95, 175, 85, 100000, 165, 135, 305, 170, 80, 57, 132, 125, 140, 140, 135, 90, 110, 255, 225, 90, 152, 175, 155, 95, 85, 165, 90, 105],
48     'PSS6': [47, 80, 125, 90, 190, 160, 100000, 175, 210, 130, 137, 147, 92, 102, 71, 80, 75, 112, 100, 165, 135, 140, 56, 60, 112, 122, 132, 80, 127, 205],
49     'PSS7': [92, 180, 105, 175, 175, 135, 180, 100000, 300, 120, 100, 142, 140, 145, 160, 165, 160, 140, 125, 255, 220, 87, 170, 180, 155, 122, 110, 165, 100, 190],
50     'PSS8': [160, 190, 260, 195, 340, 310, 220, 305, 100000, 220, 275, 290, 225, 225, 220, 225, 260, 235, 107, 140, 265, 225, 210, 230, 270, 265, 195, 255, 350],
51     'PSS9': [72, 107, 110, 97, 200, 165, 130, 115, 210, 100000, 125, 170, 80, 80, 110, 120, 115, 127, 92, 155, 127, 120, 112, 110, 75, 137, 125, 95, 115, 220],
52     'PSS10': [60, 135, 62, 120, 100, 70, 132, 90, 260, 120, 100000, 75, 95, 100, 122, 125, 117, 97, 80, 210, 185, 51, 130, 140, 105, 70, 55, 125, 56, 120],
53     'PSS11': [72, 155, 90, 165, 80, 47, 142, 132, 275, 165, 75, 100000, 125, 127, 117, 122, 117, 75, 105, 235, 105, 85, 132, 150, 137, 90, 80, 142, 85, 100],
54     'PSS12': [40, 90, 90, 90, 180, 137, 102, 145, 225, 90, 110, 142, 100000, 62, 85, 92, 90, 105, 67, 170, 142, 105, 85, 95, 72, 110, 95, 77, 90, 190],
55     'PSS13': [45, 85, 75, 80, 165, 115, 97, 135, 210, 75, 100, 117, 47, 100000, 80, 90, 85, 95, 57, 165, 137, 95, 85, 85, 57, 97, 85, 75, 80, 185],
56     'PSS14': [21, 95, 115, 102, 180, 145, 81, 165, 220, 120, 137, 137, 85, 95, 100000, 59, 62, 97, 92, 175, 147, 117, 69, 90, 105, 107, 117, 83, 107, 195],
57     'PSS15': [29, 88, 107, 95, 165, 130, 75, 155, 210, 115, 125, 117, 77, 90, 44, 100000, 55, 92, 87, 170, 142, 112, 62, 85, 100, 102, 107, 82, 100, 190],
58     'PSS16': [20, 85, 97, 90, 155, 125, 70, 150, 210, 110, 117, 75, 75, 85, 47, 55, 100000, 82, 77, 165, 135, 102, 58, 80, 95, 92, 100, 72, 92, 180],
59     'PSS17': [32, 127, 85, 135, 122, 85, 112, 135, 250, 127, 102, 110, 95, 100, 87, 97, 87, 100000, 82, 210, 180, 92, 102, 122, 110, 60, 80, 117, 82, 140],
60     'PSS18': [27, 107, 80, 105, 160, 115, 110, 130, 235, 102, 95, 250, 67, 72, 92, 102, 92, 92, 100000, 190, 130, 92, 100, 115, 85, 97, 85, 95, 78, 185],
61     'PSS19': [140, 140, 210, 145, 285, 260, 175, 260, 107, 165, 225, 120, 170, 180, 175, 185, 180, 220, 190, 100000, 90, 225, 180, 165, 185, 225, 220, 145, 210, 310],
62     'PSS20': [102, 95, 170, 102, 250, 220, 135, 215, 130, 127, 190, 90, 132, 142, 137, 147, 140, 180, 120, 80, 100000, 190, 140, 132, 150, 190, 185, 112, 175, 275],
63     'PSS21': [55, 142, 71, 130, 125, 95, 150, 92, 265, 130, 66, 147, 105, 110, 117, 127, 117, 102, 92, 225, 200, 100000, 140, 140, 120, 87, 74, 127, 64, 160],
64     'PSS22': [34, 80, 100, 90, 175, 142, 51, 160, 210, 107, 130, 150, 70, 85, 54, 62, 58, 97, 85, 165, 135, 125, 100000, 65, 92, 102, 110, 72, 105, 190],
65     'PSS23': [65, 73, 120, 85, 205, 175, 65, 180, 205, 115, 150, 147, 90, 95, 85, 95, 90, 127, 110, 160, 137, 135, 75, 100000, 105, 140, 130, 69, 125, 220],
66     'PSS24': [65, 85, 90, 75, 175, 145, 107, 145, 215, 70, 105, 90, 57, 57, 90, 100, 95, 105, 70, 170, 145, 105, 92, 95, 100000, 110, 102, 80, 95, 195],
67     'PSS25': [37, 137, 68, 132, 120, 90, 122, 117, 260, 137, 75, 85, 100, 102, 97, 107, 97, 68, 87, 215, 190, 77, 107, 135, 115, 100000, 66, 137, 67, 150],
68     'PSS26': [45, 140, 68, 130, 120, 90, 142, 115, 265, 135, 70, 157, 95, 100, 117, 122, 115, 90, 85, 220, 195, 74, 125, 135, 117, 76, 100000, 125, 64, 135],
69     'PSS27': [47, 57, 105, 64, 195, 160, 80, 160, 185, 95, 130, 90, 67, 80, 73, 87, 77, 117, 85, 135, 112, 117, 77, 64, 85, 137, 115, 100000, 110, 210],
70     'PSS28': [43, 115, 44, 115, 110, 80, 122, 90, 240, 110, 56, 100, 75, 80, 92, 100, 92, 77, 63, 195, 170, 49, 105, 115, 95, 62, 49, 105, 100000, 145],
71     'PSS29': [130, 230, 160, 240, 72, 110, 215, 195, 350, 230, 135, 50, 190, 200, 195, 205, 195, 150, 185, 310, 285, 160, 205, 225, 210, 160, 135, 220, 160, 100000]
72 }
73
74 # Convertir la matriz de tiempos de desplazamiento a un DataFrame
75 time_matrix = pd.DataFrame(time_matrix_data, index=['BASE', 'PSS1', 'PSS2', 'PSS3', 'PSS4', 'PSS5', 'PSS6', 'PSS7',
76
77 # Parámetros del algoritmo genético
78 population_size = 100
79 mutation_rate = 0.01
80 num_generations = 500
81 max_time = 480
82
83 # Generar la población inicial
84 def generate_initial_population(population_size, num_points):
85     population = []
86     for _ in range(population_size):
87         individual = list(range(1, num_points + 1))
88         random.shuffle(individual)
89         population.append(individual)
90     return population
91

```

```

91
92 # Función de evaluación modificada para penalizar rutas desiguales
93 def fitness(individual):
94     routes = assign_routes(individual, max_time)
95     route_times = []
96     for route in routes:
97         total_time = sum(time_matrix.loc[f'PSS{route[i]}', f'PSS{route[i+1]}'] for i in range(len(route) - 1))
98         total_time += time_matrix.loc['BASE', f'PSS{route[0]}'] + time_matrix.loc[f'PSS{route[-1]}', 'BASE']
99         route_times.append(total_time)
100
101 # Penalizar la diferencia entre la ruta más corta y la más larga
102 max_route_time = max(route_times)
103 min_route_time = min(route_times)
104 imbalance_penalty = max_route_time - min_route_time
105
106 # Fitness es el tiempo total más la penalización por desequilibrio
107 return sum(route_times) + imbalance_penalty
108
109 # Selección por torneo (sin cambios)
110 def tournament_selection(population, fitnesses):
111     tournament_size = 5
112     tournament = random.sample(list(zip(population, fitnesses)), tournament_size)
113     tournament.sort(key=lambda x: x[1])
114     return tournament[0][0]
115
116 # Cruce por orden (OX) (sin cambios)
117 def order_crossover(parent1, parent2):
118     start, end = sorted(random.sample(range(len(parent1)), 2))
119     child = [None] * len(parent1)
120     child[start:end + 1] = parent1[start:end + 1]
121     for val in parent2:
122         if val not in child:
123             for i in range(len(child)):
124                 if child[i] is None:
125                     child[i] = val
126                     break
127     return child
128
129 # Mutación por intercambio (sin cambios)
130 def mutate(individual):
131     if random.random() < mutation_rate:
132         i, j = random.sample(range(len(individual)), 2)
133         individual[i], individual[j] = individual[j], individual[i]
134
135 # Asignar rutas asegurando no exceder el tiempo máximo (sin cambios)
136 def assign_routes(individual, max_time):
137     routes = []
138     current_route = []
139     current_time = 0
140     for point in individual:
141         if not current_route:
142             current_time += time_matrix.loc['BASE', f'PSS{point}']
143         else:
144             current_time += time_matrix.loc[f'PSS{current_route[-1]}', f'PSS{point}']
145         if current_time + time_matrix.loc[f'PSS{point}', 'BASE'] <= max_time:
146             current_route.append(point)
147         else:
148             routes.append(current_route)
149             current_route = [point]
150             current_time = time_matrix.loc['BASE', f'PSS{point}']
151     if current_route:
152         routes.append(current_route)
153     return routes

```

Anexo 25: Cronograma de plan de capacitación**Tabla 41: Cronograma de plan de capacitación**

Mes	Ene-25	Feb-25	Mar-25	Abr-25	May-25	Jun-25	Jul-25	Ago-25
Proceso Logístico de la Empresa	X							
Manejo Correcto de Tecnologías de Información		X						
Uso de Herramientas de Optimización de Rutas			X					
Técnicas de Planificación de Rutas				X				
Indicadores de Eficiencia Operativa					X			
Gestión y Monitoreo de Rutas						X		
Plan de Mejoras para la Optimización de Rutas							X	
Evaluación en cuanto a los conocimientos adquiridos								X

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Ficha nivel de capacitación**Tabla 42: Ficha nivel de capacitación**

Nombre del indicador	Nivel de capacitación
Justificación	Indica el porcentaje de técnicos capacitados en planificación de rutas de transporte
Fórmula	$\frac{\text{Técnicos no calificados}}{\text{Total de técnicos}} * 100$
Unidad	%
Valor	100 %
Fuente de toma de información	Sistema o registro de asistencia
Frecuencia de toma de datos	Mensual
Responsable	Área de sucursales

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Ficha nivel de utilización**Tabla 43: Ficha nivel de utilización**

Nombre del indicador	Nivel de utilización
Justificación	Indica el porcentaje de suministros y coordenadas consultadas dentro del SIG propuesto
Fórmula	$\frac{\text{Nº de suministros consultados}}{\text{Total de suministros de OT}} * 100$
Unidad	%
Valor	100 %
Fuente de toma de información	Sistema o registro de asistencia
Frecuencia de toma de datos	Mensual
Responsable	Área de sucursales

Fuente: Elaboración propia

Anexo 28: Perfil para el puesto de asistente de operaciones**Tabla 44: Perfil para el puesto de asistente de operaciones**

Criterio	Requerimiento
Formación Académica	Egresado o titulado en Ingeniería Industrial, Ingeniería de Transporte o Logística.
Experiencia	Mínimo 1 año en gestión de ruteo vehicular, logística de transporte y planificación operativa.
Conocimientos Técnicos	Dominio avanzado de software de optimización de rutas (p.ej., ArcGIS, Roadnet, RouteXL), sistemas de georreferenciación, y algoritmos de ruteo.
Manejo de Datos	Capacidad para trabajar con grandes volúmenes de datos operativos y geoespaciales en sistemas ERP o TMS.
Habilidades Analíticas	Sólidas competencias en análisis estadístico, simulación de escenarios logísticos y toma de decisiones basada en datos.
Tecnologías	Conocimiento avanzado en Excel (uso de macros), Programación en Python, Visual Code, Power BI, y sistemas de información geográfica (SIG).
Gestión de Proyectos	Capacidad para diseñar e implementar mejoras en la eficiencia de rutas, monitoreo de KPI logísticos y optimización de costos.
Idiomas	Inglés técnico, nivel intermedio (deseable para manejar documentación técnica y software especializado).

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29: Cálculo de la inversión TMAR**Tabla 45: Cálculo de la inversión TMAR**

	% Tasa inflacionaria	% que se piensa ganar	Inversión TMAR
Inversión Propia	2%	15%	17,00%
Financiamiento		5,23%	5,23%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 30: Gastos financieros asociados a la propuesta**Tabla 46: Gastos financieros de la propuesta**

	GASTOS FINANCIEROS					
	<i>Pre Operativo</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
PRÉSTAMO A LARGO PLAZO	S/ 39 868,98	S/ 31 895,18	S/ 23 921,39	S/ 15 947,59	S/ 7 973,80	S/ -
INTERESES		S/ 2 083,49	S/ 1 666,79	S/ 1 250,10	S/ 833,40	S/ 416,70
AMORTIZACIONES		S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80	S/ 7 973,80
TOTAL DE GASTOS FINANCIEROS (pagos)		S/ 10 057,29	S/ 9 640,59	S/ 9 223,89	S/ 8 807,19	S/ 8 390,49

Fuente: Elaboración propia

Anexo 31: Método AHP para selección de modelos

Tabla 47: AHP enfrentamiento de modelos y criterios

Modelos/ Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	MATRIZ NORMALIZADA							VECTOR PROMEDIO
M1	1,0	0,3	3,0	5,0	3	5	5	0,2	0	0,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,3
M2	3	1	1	0,2	3	3	3	0,6	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,2
M3	0,3	1	1	0,2	1	3	3	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1
M4	0,2	5	5	1	5	5	5	0	0,6	0,5	0,1	0,4	0,2	0,2	0,3
M5	0,3	0,3	0,2	0,2	1	3	3	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
M6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M7	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5,2	8,3	10,6	7,0	13,7	21,0	21,0								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: AHP Eficiencia en la reducción de distancias recorridas

CRITERIO: Eficiencia en la reducción de distancias recorridas	MATRIZ NORMALIZADA								VECTOR PROMEDIO								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,08	0,04
Modelo VRP Clásico (M2)	1	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,08	0,04
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	3	3	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,11	0,11	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,08	0,07
Heurística del Ahorro (M4)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,18	0,18	0,18	0,17	0,13	0,14	0,1	0,25	0,17
Heurística de Clusterización (M5)	5	5	3	1	1	1	1	0,33	0,18	0,18	0,18	0,17	0,13	0,14	0,1	0,08	0,15
Heurística del Barrido (M6)	5	5	3	1	1	1	3	0,33	0,18	0,18	0,18	0,17	0,13	0,14	0,31	0,08	0,17
Algoritmo Genético (M7)	5	5	3	1	1	0,33	1	0,33	0,18	0,18	0,18	0,17	0,13	0,05	0,1	0,08	0,13
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	3	3	3	1	3	3	3	1	0,11	0,11	0,18	0,17	0,39	0,42	0,31	0,25	0,24
TOTAL	28	28	16,67	5,73	7,73	7,07	9,73	4									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: AHP Escalabilidad a un gran número de nodos

CRITERIO: Escalabilidad a un gran número de nodos	MATRIZ NORMALIZADA								VECTOR PROMEDIO								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,03	0,01	0,01	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Modelo VRP Clásico (M2)	3	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,09	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	5	3	1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,2	0,15	0,1	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,07
Heurística del Ahorro (M4)	5	5	5	1	1	1	1	1	0,15	0,17	0,24	0,18	0,17	0,17	0,13	0,2	0,18
Heurística de Clusterización (M5)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,15	0,17	0,15	0,18	0,17	0,17	0,13	0,2	0,17
Heurística del Barrido (M6)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,15	0,17	0,15	0,18	0,17	0,17	0,13	0,2	0,17
Algoritmo Genético (M7)	5	5	3	1	1	1	1	0,33	0,15	0,17	0,15	0,18	0,17	0,17	0,13	0,07	0,15
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	5	5	5	1	1	1	3	1	0,15	0,17	0,24	0,18	0,17	0,17	0,39	0,2	0,21
TOTAL	34	29,3	20,5	5,60	5,73	5,73	7,73	4,93									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: AHP Cumplimiento de restricciones de tiempo

CRITERIO: Cumplimiento de restricciones de tiempo	MATRIZ NORMALIZADA								VECTOR PROMEDIO								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,03
Modelo VRP Clásico (M2)	1	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,03
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	5	5	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,07
Heurística del Ahorro (M4)	5	5	5	1	1	1	0,33	1	0,16	0,16	0,19	0,13	0,13	0,13	0,09	0,18	0,15
Heurística de Clusterización (M5)	5	5	5	1	1	1	0,33	1	0,16	0,16	0,19	0,13	0,13	0,13	0,09	0,18	0,15
Heurística del Barrido (M6)	5	5	5	1	1	1	0,33	1	0,16	0,16	0,19	0,13	0,13	0,13	0,09	0,18	0,15
Algoritmo Genético (M7)	5	5	5	3	3	3	1	1	0,16	0,16	0,19	0,39	0,39	0,39	0,28	0,18	0,27
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	5	5	5	1	1	1	1	1	0,16	0,16	0,19	0,13	0,13	0,13	0,28	0,18	0,17
TOTAL	32	32	26,4	7,6	7,6	7,6	3,6	5,6									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: AHP Rapidez en la resolución

	CRITERIO: Rapidez en la resolución								MATRIZ NORMALIZADA								VECTOR PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	1	1	3	3	3	5	9	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
Modelo VRP Clásico (M2)	1	1	1	3	3	3	5	9	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	1	1	1	3	3	3	5	9	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
Heurística del Ahorro (M4)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	9	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Heurística de Clusterización (M5)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	9	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Heurística del Barrido (M6)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	9	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Algoritmo Genético (M7)	0,2	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	1	9	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,14	0,05
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,02
TOTAL	4,31	4,31	4,31	12,4	12,4	12,4	25,1	64									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: AHP Simplicidad de resolución computacional

	CRITERIO: Simplicidad de resolución computacional								MATRIZ NORMALIZADA								VECTOR PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	1	1	3	3	3	5	7	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
Modelo VRP Clásico (M2)	1	1	1	3	3	3	5	7	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	1	1	1	3	3	3	5	7	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,2	0,14	0,22
Heurística del Ahorro (M4)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	7	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Heurística de Clusterización (M5)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	7	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Heurística del Barrido (M6)	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	7	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,14	0,09
Algoritmo Genético (M7)	0,2	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	1	7	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,14	0,05
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	1	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
TOTAL	4,34	4,34	4,34	12,4	12,4	12,4	25,1	50									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: AHP Flexibilidad ante condiciones dinámicas

CRITERIO: Flexibilidad ante condiciones dinámicas	MATRIZ NORMALIZADA																VECTOR PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	0,33	0,2	0,14	0,14	0,14	0,14	0,33	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02
Modelo VRP Clásico (M2)	3	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,08	0,04	0,02	0,07	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	5	3	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,13	0,11	0,06	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07
Heurística del Ahorro (M4)	7	5	3	1	3	3	3	3	0,18	0,18	0,18	0,33	0,39	0,39	0,39	0,38	0,3
Heurística de Clusterización (M5)	7	5	3	0,33	1	1	1	1	0,18	0,18	0,18	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15
Heurística del Barrido (M6)	7	5	3	0,33	1	1	1	1	0,18	0,18	0,18	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15
Algoritmo Genético (M7)	7	5	3	0,33	1	1	1	1	0,18	0,18	0,18	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,15
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	3	3	3	0,33	1	1	1	1	0,08	0,11	0,18	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12
TOTAL	40	27,3	16,5	3,01	7,68	7,68	7,68	8									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: AHP Robustez y estabilidad

CRITERIO: Robustez y estabilidad	MATRIZ NORMALIZADA																VECTOR PROMEDIO
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8									
Modelo de Programación Lineal (M1)	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03
Modelo VRP Clásico (M2)	3	1	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,33	0,09	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04
VRP con Ventanas de Tiempo (M3)	5	3	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,16	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08
Heurística del Ahorro (M4)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Heurística de Clusterización (M5)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Heurística del Barrido (M6)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Algoritmo Genético (M7)	5	5	3	1	1	1	1	1	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Algoritmo de Colonias de Hormigas (M8)	3	3	3	1	1	1	1	1	0,09	0,11	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16
TOTAL	32	27,3	16,5	5,73	5,73	5,73	5,73	6									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Índice de consistencia AHP modelos

MODELO / CRITERIO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Modelo de Programación Lineal	0,3	0,23	0,25	1,87	1,87	0,2	0,25
Modelo VRP Clásico	0,3	0,32	0,25	1,87	1,87	0,33	0,35
VRP con Ventanas de Tiempo	0,57	0,56	0,54	1,87	1,87	0,6	0,65
Heurística del Ahorro	1,42	1,53	1,32	0,78	0,78	2,57	1,45
Heurística de Clusterización	1,26	1,4	1,32	0,78	0,78	1,25	1,45
Heurística del Barrido	1,53	1,4	1,32	0,78	0,78	1,25	1,45
Algoritmo Genético	1,14	1,26	2,38	0,41	0,41	1,25	1,45
Algoritmo de Colonias de Hormigas	2,18	1,83	1,5	0,12	0,16	1,07	1,3
TOTAL	7,69	7,53	7,83	7,51	7,51	7,51	7,36
Índice de consistencia	0,12	0,09	0,14	0,09	0,09	0,09	0,06
Índice de aleatoriedad	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Radio de consistencia	0,08	0,06	0,1	0,06	0,06	0,06	0,04

Fuente: Elaboración propia

Anexo 32: Matriz de enfrentamiento para la selección de la empresa capacitadora**Tabla 56: Matriz de enfrentamiento criterios**

	Costos	Accesibilidad	Respaldo	Calidad de servicio	TOTAL	%
Costos	1	3	3	3	10	41,7%
Accesibilidad	1	0	2	2	5	20,8%
Respaldo	1	1	0	2	4	16,7%
Calidad de servicio	1	2	2	0	5	20,8%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 33: Método AHP para la selección de software**Tabla 57: AHP de enfrentamiento de criterios**

	Funcionalidad	Facilidad de Uso	Costos	Compatibilidad con Heurística del Ahorro	MATRIZ NORMALIZADA				VECTOR PROMEDIO
Funcionalidad	1	7	5	3	0,6	0,75	0,54	0,38	0,56
Facilidad de Uso	0,14	1	3	1	0,09	0,11	0,32	0,13	0,16
Costos	0,2	0,33	1	3	0,12	0,04	0,11	0,38	0,16
Compatibilidad con Heurística del Ahorro	0,33	1	0,33	1	0,2	0,11	0,04	0,13	0,12
TOTAL	1,68	9,33	9,33	8					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: AHP Funcionalidad

CRITERIO: Funcionalidad											
	ArcGIS	QGIS	MapInfo Pro	Google Earth Pro	Maptitude	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
ArcGIS	1	3	5	7	0,2	0,21	0,29	0,38	0,37	0,11	0,27
QGIS	0,33	1	1	3	0,2	0,07	0,1	0,08	0,16	0,11	0,1
MapInfo Pro	0,2	1	1	1	0,2	0,04	0,1	0,08	0,05	0,11	0,08
Google Earth Pro	0,14	0,33	1	1	0,14	0,03	0,03	0,08	0,05	0,08	0,05
Maptitude	3	5	5	7	1	0,64	0,48	0,38	0,37	0,57	0,49
TOTAL	4,68	10,33	13	19	1,74						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: AHP Facilidad de uso

CRITERIO: Facilidad de uso											
	ArcGIS	QGIS	MapInfo Pro	Google Earth Pro	Maptitude	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
ArcGIS	1	1	3	0,2	3	0,13	0,12	0,27	0,11	0,23	0,17
QGIS	1	1	1	0,2	3	0,13	0,12	0,09	0,11	0,23	0,14
MapInfo Pro	0,33	1	1	0,2	1	0,04	0,12	0,09	0,11	0,08	0,09
Google Earth Pro	5	5	5	1	5	0,65	0,6	0,45	0,56	0,38	0,53
Maptitude	0,33	0,33	1	0,2	1	0,04	0,04	0,09	0,11	0,08	0,07
TOTAL	7,67	8,33	11	1,8	13						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: AHP Costos

CRITERIO: Costos											
	ArcGIS	QGIS	MapInfo Pro	Google Earth Pro	Maptitude	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
ArcGIS	1	1	3	0,2	3	0,13	0,12	0,27	0,11	0,23	0,17
QGIS	1	1	1	0,2	3	0,13	0,12	0,09	0,11	0,23	0,14
MapInfo Pro	0,33	1	1	0,2	1	0,04	0,12	0,09	0,11	0,08	0,09
Google Earth Pro	5	5	5	1	5	0,65	0,6	0,45	0,56	0,38	0,53
Maptitude	0,33	0,33	1	0,2	1	0,04	0,04	0,09	0,11	0,08	0,07
TOTAL	7,67	8,33	11	1,8	13						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: AHP Compatibilidad con la heurística de ahorro

CRITERIO: Compatibilidad con la heurística de ahorro											
	ArcGIS	QGIS	MapInfo Pro	Google Earth Pro	Maptitude	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
ArcGIS	1	3	5	7	0,2	0,21	0,29	0,38	0,37	0,11	0,27
QGIS	0,33	1	1	3	0,2	0,07	0,1	0,08	0,16	0,11	0,1
MapInfo Pro	0,2	1	1	1	0,2	0,04	0,1	0,08	0,05	0,11	0,08
Google Earth Pro	0,14	0,33	1	1	0,14	0,03	0,03	0,08	0,05	0,08	0,05
Maptitude	3	5	5	7	1	0,64	0,48	0,38	0,37	0,57	0,49
TOTAL	4,68	10,33	13	19	1,74						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Índices de consistencia matriz AHP software

CRITERIO / ALGORITMO	Funcionalidad	Facilidad de Uso	Costos	Compatibilidad con H. del Ahorro
ArcGIS	1,45	0,9	0,9	1,45
QGIS	0,53	0,72	0,72	0,53
MapInfo Pro	0,39	0,46	0,46	0,39
Google Earth Pro	0,28	2,88	2,88	0,28
Maptitude	2,6	0,37	0,37	2,6
TOTAL	4,25	4,33	4,33	4,25
Índice de consistencia	0,08	0,11	0,11	0,08
Índice de aleatoriedad	0,99	0,99	0,99	0,99
CR	0,084	0,09	0,09	0,084

Fuente: Elaboración propia

Anexo 34: Cotización capacitación HAACI



ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS Y RECURSOS:

- o Disertación con preguntas y discusión dirigida.
- o Se realizan ejercicios y análisis de casos reales.
- o Talleres prácticos de aplicación.

FECHA Y HORARIO

A disposición de la Empresa

VALOR DE LA INVERSIÓN

Por un curso de 08 Horas, con la participación de 1 hasta 15 alumnos, el valor es de **\$85.00 (Ochenta y cinco dólares con 00/100 USD) por cada participante**, los mismos a ser cancelados el 60% 10 días antes del inicio del curso y el 40% restante al inicio del curso.

INCLUYE:

Material de Estudio Digital | Acceso a la plataforma | Acceso a ZOOM clase en vivo | Certificado Digital

*****Nota:** Una vez usted confirme su inscripción con su ficha de inscripción y pago, recibirá a su correo electrónico todos los accesos y el link para descargar ZOOM.

REQUISITOS OBLIGATORIOS PARA PARTICIPAR EN ESTA MODALIDAD ONLINE:

- ✚ Laptop o PC con cámara activa y buen audio
- ✚ Buena conexión a internet
- ✚ Acceso a Dropbox

FORMA DE PAGO:

- Transferencia bancaria (Solo pagos nacionales)
- Tarjetas de crédito (Solicite el enlace de pago)

SU DEPÓSITO EN:


Por favor transferir a nombre de

HAACI, ASESORIA Y CAPACITACION INTEGRAL | RUC: 8-NT-2-746532 DV. 60

BANCO GENERAL: Cuenta Corriente Nro. 03-97-01-133838-1

BANCO BANISTMO: Cuenta Ahorros Nro. 118862169

Anexo 35: Cotización de software Maptitude



NEW User License

Maptitude2024

30 DAY Guarantee

Maptitude Mapping Software Subscription

From: \$895.00 / year

[View Product Details](#)

License:

Country Package: *

Select your operating system: *

- Windows
- Mac with Windows
- Mac without Windows
 - 1x Maptitude Mapping Software Subscription \$695.00
 - Select your operating system - Windows -

• Subtotal \$895.00

Fuente: [46]


Anexo 36: Cotización de celulares

[VOLVER A LA TIENDA](#)

SAMSUNG

Para cualquier consulta sobre su compra, por favor llamar al 0800-00132

✓
Se ha actualizado la cantidad del producto



Galaxy A55 5G

Awesome Lilac
SM-A556ELVPLTP

S/ 34,500.00

Ahorra S/100.00 (antes S/1,699.00)

-
15
+
✕

Total **S/ 34,500.00**

Ahorro total: **S/ 1,500.00**

El costo de envío será calculado después de seleccionar el tipo de envío

Inicia sesión o inscríbete a Samsung Rewards para obtener beneficios exclusivos según tu nivel

Acumula puntos Samsung Rewards con esta compra.

Antes de realizar tu compra, deberás iniciar sesión en tu Samsung Account y estar registrado al programa de Samsung Rewards. De no cumplir esos pasos, perderás la oportunidad de acumular los puntos Samsung Rewards. ©

Continuar

Pague con:

- × Samsung Rewards
- ✓ Tarjeta de Crédito / Débito
- ✓ Pago Efectivo
- ✓ Banca por Internet
- ✓ Cuotéalo
- × Yape

Hasta 18 cuotas sin intereses con tarjetas de crédito BCP Visa, BBVA, DinersClub

Envío regular gratis por compras mayores a S/299. en Móviles o S/1499 en Tvy Electrohogar

Pensando en tu tranquilidad este producto cuenta con garantía Samsung *Aplican condiciones.

Fuente: [47]

Anexo 37: Cotización de laptops

Fuente: [48]

Anexo 38: Cotización de los mantenimientos

Paquete 01	Paquete 02	Paquete 03
Mantenimiento de 01 hasta 04 LAPTOPS	Mantenimiento de 05 hasta 12 LAPTOPS	Mantenimiento de 13 a más LAPTOPS
S/ 80.00 soles	S/ 65.00 soles	S/ 58.00 soles
Por laptop + IGV.	Por laptop + IGV.	Por laptop + IGV.
Contactar	Contactar	Contactar

Fuente: [49]

Anexo 39: Cotización de las líneas móviles

S/54.90 x 3 meses

Precio regular S/69.90

Ahorra 20%

100 GB en alta velocidad



Ilimitado

- Internet + Llamadas ilimitadas
- 3 GB Datos Internacionales zona América y zona Europa

- Plan Adicional Ilimitado s/39.9 con 120 Gb de alta velocidad
- 2 Recibos Gratis

Fuente: [50]

Anexo 40: Cotización de GPS

Image	Product Name	Price/Unit	Quantity	Total	Remove
	GPS AUTOS Prepago	S/1,365.00	7	S/9,555.00	

Enter Coupon Code

Fuente: [51]

Anexo 41: Cálculo de costos e inversiones de las propuestas de mejora

Tabla 63: Ahorro con el diseño de rutas de transporte

DESCRIPCIÓN	Antes de mejora	Meta objetivo	Después de mejora	Ahorro (Anual)
Rutas no óptimas hacia las sucursales.	S/2 508 107,21	105,14%	S/2 636 939,07	S/128 831,87
Bajo tiempo productivo en sucursales				
Elevados costos por combustible	S/1 044 876,98	78,32%	S/818 394,59	S/226 482,38
TOTAL anual				S/355 314,25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Ahorro con los planes de capacitaciones

DESCRIPCIÓN	Antes de mejora	Meta objetivo	Después de mejora	Ahorro
Falta de capacitación en la selección de rutas óptimas.	S/345 600,00	93,97%	S/324 750,00	S/20 850,00
TOTAL anual				S/20 850,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Remuneración de supervisor de sucursales

Ingeniero responsable	
Sueldo mensual	S/4 800,00
Cargas sociales 47%	S/2 289,60
Costo diario	S/283,58
Costo hora	S/35,45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Cálculo de remuneración asistente de operaciones

Asistente de operaciones	
Sueldo mensual	S/3 800,00
Cargas sociales 47%	S/1 812,60
Costo diario	S/224,50
Costo hora	S/28,06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67: Cálculo de costos de diseño de rutas

C. Intangible (Equipos y herramientas)	Costo Anual (S/.)
Software Maptitude	S/25 104,75
Mantenimiento Laptop	S/875,00
Línea de celular	S/9 240,00
Asistente de operaciones	S/67 351,20
TOTAL	S/102 570,95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Cálculo de inversiones por capacitaciones

I. Intangible (Mano de obra)	H-H requeridas	Costo Hora (S/.)	Inversión Total (S/.)
HH dedicadas al plan de capacitación	30	S/35,45	S/1 063,44
I. Intangible (Equipos y herramientas)	Unidades	Costo x uni (S/.)	Inversión Total (S/.)
Materiales Capacitación	15	S/ 200,00	S/3 000,00
TOTAL DE LA INVERSIÓN			S/4 063,44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Cálculos costos por capacitaciones

Actividades	Costo por persona (S/.)	Cantidad	Costo Formatos (S/.)	Costo Anual (S/.)
HH dedicadas a la capacitación		350		S/12 406,80
Capacitación	S/ 317,90	15		S/4 768,50
TOTAL				S/17 175,30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: Cálculos inversión GPS

I. Tangible (Equipos y herramientas)	Unidades	Costo x uni (S/.)	Inversión Total (S/.)
Instalación de GPS	7	S/ 700,00	S/4 900,00
TOTAL DE LA INVERSIÓN			S/4 900,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Cálculo costos por GPS

Actividades	Costo por vehículo	Unidades	Costo anual (S/.)	Costo anual (S/.)
GPS	S/ 1 365,10	7	S/9 555,70	S/9 555,70
TOTAL				S/9 555,70

Fuente: Elaboración propia