

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de optimización de rutas de distribución en la empresa DD & D
S. A. C. para reducir costos operativos**

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

AUTOR

Mariela Donatila Villanueva Malca

ASESOR

Santos Confesor Gabriel Blas

<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de optimización de rutas de distribución en la empresa
DD & D S. A. C. para reducir costos operativos**

PRESENTADA POR

Mariela Donatila Villanueva Malca

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Carlos Miguel Santos Fernández

PRESIDENTE

Abel Enrique Gonzales Wong

SECRETARIO

Santos Confesor Gabriel Blas

VOCAL

Dedicatoria

A mi querida hermana María, toda mi dedicación y esfuerzo en este trabajo están impregnados con el amor y gratitud que siento por haberte tenido en mi vida. Tu ausencia deja un vacío imposible de llenar, pero esta tesis es mi manera de honrarte y recordarte con cariño y admiración. Siempre estarás en mi corazón. Con amor eterno.

Agradecimientos

Gracias a Dios, por su guía y divina orientación.

A mi querida hermana Juanita, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la base de mi educación y de todos mis logros.

A mis padres, por su apoyo constante, palabras de aliento y paciencia durante este proceso.

A mi asesor Santos Confesor, por su invaluable orientación y apoyo.

Villanueva Malca v1

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

bibliotecadigital.univalle.edu.co

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

8

geox.udistrital.edu.co

Fuente de Internet

<1%

9

Gaspar, Maria José Pereira. "Vinificação de Brancos em Condição de Hiperoxigenação",

<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	37
Anexos.....	40

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo determinar el impacto de la propuesta de optimización de rutas de distribución en los costos operativos en la empresa DD & D S. A. C. para ello se realizó el diagnóstico del proceso de distribución actual, aplicando la observación directa, la revisión de registros documentados y entrevistas, se descubrió que los altos costos operativos se componen en un 67,4% de los costos asociados al consumo de combustible (34,2%), la reprogramación de rutas (18,4%), y de la mano de obra (14,8%). Asimismo, se detectó que el 93% de los problemas que afectan a los costos operativos se originan por la falta de capacitación del personal, una planificación inadecuada de rutas y la falta de cumplimiento de estas. También se elaboró una propuesta de optimización, evaluando en base a criterios, modelos, heurísticas, y algoritmos, dando como resultados, al modelo, problema de rutas de vehículos (VRP), la heurística de Clarke Wright y el algoritmo de k-opt. Se corrió el software VRP Solver y el VRP Solver Spreadsheet a modo de comparativa, y se redujo la distancia de 124 a 69 km (-44%) para la flota liviana y 366 a 171 km (-63%) para la flota pesada, reduciendo a los costos operativos de S/ 7 180,07 a S/ 4 397,62 (-39%) mensuales. Finalmente, para evaluación económica de la propuesta se obtuvo un VAN de S/ 45 234,93; TIR de 301% y un beneficio/costo de 1,82 que indica que los beneficios son mayores a los costos.

Palabras clave: Optimización de ruta, Costos operativos, Clarke Wright, VRP, VRP Solver, VRP Solver Spreadsheet

Abstract

The objective of this study is to determine the impact of the proposed optimization of distribution routes on operating costs in the company DD & D S. A. C. For this purpose, a diagnosis of the current distribution process was made, applying direct observation, review of documented records and interviews, it was discovered that the high operating costs are composed of 67,4% of the costs associated with fuel consumption (34,2%), reprogramming of routes (18,4%), and labor (14,8%). It was also detected that 93% of the problems affecting operating costs are due to lack of personnel training, inadequate route planning and lack of compliance. An optimization proposal was also elaborated, evaluating based on criteria, models, heuristics, and algorithms, giving as results, the model, vehicle routing problem (VRP), the Clarke Wright heuristic and the k-opt algorithm. The VRP Solver software and the VRP Solver Spreadsheet were run for comparison, and the distance was reduced from 124 to 69 km (-44%) for the light fleet and 366 to 171 km (-63%) for the heavy fleet, reducing operating costs from S/ 7 180,07 to S/ 4 397,62 (-39%) per month. Finally, for the economic evaluation of the proposal we obtained an NPV of S/ 45 234,93; IRR of 301% and a benefit/cost ratio of 1.82, which indicates that the benefits are greater than the costs.

Keywords: Route Optimization, Operational Costs, Clarke Wright, VRP, VRP Solver, VRP Solver Spreadsheet.

Introducción

En la actualidad, la correcta planificación de rutas es considerado un problema crucial en cuanto se quiera mejorar operaciones logísticas de transporte, puesto que tiene como objetivo reducir costos y mejorar el servicio garantizando de este modo despachos con puntualidad. En el artículo publicado por la universidad Autónoma de Occidente se menciona que, en Colombia el transporte de carga se considera fundamental porque permite que el producto llegue hasta su consumidor final, y dinamice la economía del país con la circulación de bienes puesto que se transportan cerca del 80% de la carga del país, además, los costos del transporte son considerados altamente representativos y elevados debido a que representan un equivalente de $1/3$ a $2/3$ de los costos totales logísticos [1]. Así pues, se afirma que el sistema de transporte necesita de una administración efectiva y esto se puede mediante el uso de un sistema de asignación de rutas, ya que, se aumentará la competitividad y junto con ella los ingresos.

En el Perú la producción del sector de transporte y almacenamiento en el año 2022 presentó un aumento del 9,24 [2] por ello las actividades involucradas con la programación de rutas de transporte son de relevancia para los servicios que brindan las distintas empresas en el territorio nacional, en especial ciudades departamentales como lo es Lima, en donde habitan más de 5 millones de personas [3]. Sin embargo, existe una alta complejidad para la atención de los pedidos hacia los distintos puntos de entregas por la falta de programación de rutas de despacho evitando el cumplimiento de su objetivo que es la reducción de los costos operativos, así mismo, se adiciona las diversas restricciones por cumplir, como las variables dinámicas que involucran, la restricción horaria, y el tráfico local de lima caracterizado por su alta congestión vial. Por lo que resulta indispensable contar con una herramienta adecuada dejando dicha actividad a la decisión del programador de rutas según su experiencia para lograr ahorros significativos [4]

En cuanto a la empresa DD & D S. A. C. ofrece servicios de distribución de helados en diferentes distritos de Lambayeque, tales como, José Leonardo Ortiz, Pomalca, Tumán, Pátapo, Lambayeque, Morrope, Jayanca, Salas y Motupe. Dicha empresa opera con dos camiones de reparto, el cual debe de satisfacer la demanda de 78 puntos de entrega una vez por semana. En el primer semestre del año 2022 los ingresos fueron de S/ 296 979,7 sin embargo, el aumento de los costos operativos en la distribución es notoria y se evidencia en los muestreos realizados en los meses de septiembre y octubre llegando a una suma promedio de S/ 7 180,07 debido a la deficiente planeación de rutas de despacho, en las cuales no se considera las rutas más cortas causando que los repartidores no llegan a los puntos establecidos en el horario establecido de 8 horas, adicionando que algunos operarios tienen desconocimiento de rutas, generando sobre costos por horas extras de S/ 160 mensuales, que a su vez conlleva a la empresa a realizar

reprogramaciones de rutas, incumplimiento de entregas las cuales se dan con una frecuencia de 5 veces al mes, generando sobre costos promedio de S/ 1 36,56 y a su vez, causando un mayor consumo de combustible. Los vehículos de la empresa DD & D S. A. C. consumen por cada 100 km recorridos una cantidad de 20,63 y 26,3 litros de Diesel en flota pesada y liviana, estos resultan ser relevantes porque sus elevados costos de adquisición en el mercado orientan al consumidor a gestionarlo eficientemente, sin embargo, la empresa no cumple con ello, pues genera sobre costos promedio de S/ 158,37.

Estas son las razones por las que es conveniente plantearse la siguiente pregunta: ¿Cuál es el impacto de la propuesta de optimización de rutas de distribución en los costos operativos de la empresa DD & D S. A. C.? De ahí que, en esta investigación se tuvo como objetivo general determinar el impacto de la propuesta de optimización de rutas de distribución en los costos operativos en la empresa DD & D S. A. C. Para el cumplimiento de este, se plantearon los siguientes objetivos específicos, diagnosticar el proceso de distribución actual en la empresa, elaborar la propuesta de optimización de rutas y evaluar económicamente la propuesta.

En resumen, esta investigación busca identificar el impacto que tiene la propuesta de optimización de rutas con el fin que la empresa DD & D S. A. C. reduzca sus costos operativos con la programación, ya que al realizar el muestreo en las rutas utilizadas actualmente se identificó que la empresa no contaba con un sistema que determinará la ruta más favorable para realizar sus entregas por lo que se generaban sobre costos, entonces es importante resaltar que la planificación de rutas aplicando métodos de ingeniería puede ser una forma eficiente y recomendada para reducir estos costos, ya que nos conduce a un buen aprovechamiento de espacio vehicular, un menor tiempo de entrega, ahorros de recursos y combustible, provocando beneficios económicos tanto para la empresa como para el cliente, además que contribuye al cuidado medioambiental.

Revisión de literatura

La distribución es la planificación y el control de movimiento físico que va desde la fábrica hasta el consumidor [5]. Durante el proceso de distribución el recorrido resulta ser la acción de poder realizar un determinado trayecto, en este caso, este término hará referencia a la frecuencia en la que los camiones pasarán por los puntos de entrega [6]. Conocer la medida de este trayecto es fundamental para planificar recorridos e identificar caminos cortos. Para ello existen estrategias como los problemas de rutas de vehículos (VRP), que implican un conjunto de metodologías, factores y adaptaciones que producen diversos resultados. En función del número de restricciones, las posibles soluciones y los tiempos de reacción necesarios, estos procesos

pueden ser muy sencillos o bastante complejos [7]. La mejor ruta entre varios lugares de un mapa se busca mediante el estudio de las dificultades de encaminamiento de los vehículos. El objetivo suele ser reducir la distancia total recorrida, aunque también puede ser reducir el tiempo, la capacidad o el orden de precedencia. Los problemas de encaminamiento de arcos (ARP, Arc Routing Problems) consisten en encontrar la ruta menos costosa a través de un subconjunto de arcos de una red teniendo en cuenta, potencialmente, una serie de restricciones [8]. Estos métodos son algoritmos, que son una serie limitada y secuencial de pasos que nos permiten resolver un determinado problema.

Por otro lado, los algoritmos heurísticos son modelos que eligen la mejor opción entre un gran número de opciones viables, pero no garantizan que la respuesta que eligen sea la mejor, se dice entonces que son procesos iterativos que desarrollan gradualmente una solución; en cada etapa se añaden nuevos componentes, se evalúan y se rechazan si no son superiores a los existentes. Un claro ejemplo es el método de Ahorros de Clarke & Wright [9].

La mayoría de las veces estos métodos son empleados para optimizar costos, mejor dicho, reducirlos, ya que para la empresa estos son de relevancia porque, son las inversiones que se realizan con la expectativa de obtener beneficios presentes y/o futuro. Cualquier coste previsto es un beneficio actual y/o futuro, ya que no se incurriría en él si no se considerara un gasto injustificado porque no se cree que los ingresos dependan de ellos. También se presentan como indicadores que deben minimizarse al máximo porque hacerlo repercutirá negativamente en el rendimiento de la organización. En otras palabras, son indicadores de optimización que ayudan a maximizar los indicadores finales [10]. Como los costos de funcionamiento que son todos los costos incurridos que no están directamente relacionados con la producción de la contribución al rendimiento como salarios y prestaciones sociales, alquileres, servicios públicos y amortizaciones forman parte de estos [11]. Los costos de mano de obra, que son el costo del tiempo que los empleados han dedicado al proceso de producción, ya sea manual o mecánica, y que se utiliza para fabricar los productos, se incluyen en los costos operativos de una empresa de distribución [12]. Se encuentran los costos de combustible, que se generan por la compra de combustible como la gasolina, Diesel, gas, entre otros.

En cuanto a investigaciones referentes al servicio de distribución de helados no se encontraron estudios que permitan la comparativa de los resultados obtenidos, así mismo son pocos los estudios que abarcan la distribución de alimentos perecibles, a continuación, se presentan estudios nacionales e internacionales.

Chen *et al.* [13] estudia a una empresa dedicada a la distribución de productos frescos, identifica como problema la pérdida de frescura de los productos al distribuirse a los puntos de

entrega generando costos de penalización ocasionado por la insatisfacción del cliente, el objetivo de la investigación es minimizar el costo total para lograr la distribución óptima con un enrutamiento eficiente con bajo costo, aplicó el método de resolución para problema de ruteo de vehículos (VRP) y el algoritmo IACATS con el fin de encontrar la ruta más corta para evitar el deterioro de la calidad del producto y reducir las emisiones del CO₂. Se obtuvo como resultados la disminución del costo total en 4,94%, disminución de la distancia real del transporte en un 5,50% y reduciendo el CO₂ en un 8,9%. Concluyen con la aplicación del VRP y el algoritmo IACATS las empresas pueden lograr equilibrar de manera efectiva los costos económicos y costos ambientales.

Oláh *et al.* [14] investigación es de una empresa dedicada a la distribución diaria de alimentos perecederos en Vietnam, su problema es la entrega deficiente de productos a sus clientes, el objetivo de esta investigación es plantear un modelo matemático que ayude a la toma de decisiones rápidas y eficientes, basándose en los costos óptimos y el tiempo de entrega. Utilizó el método combinado de clúster-primero-ruta-segundo y el algoritmo de agrupamiento k-means para abordar problema de enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW). Sus resultados arrojaron 39 nodos utilizando 11 camiones, que representaron el 70% con un costo total de 658 6215,32 VND, de los cuales el costo de transporte es de 108 6215,32 VND. Así pues, evidencian que el uso de método combinado con ventanas de tiempo es eficaz para que las empresas encuentren soluciones óptimas en poco tiempo y permitan reducir tiempo y costos.

Pichpibul *et al.* [15] el autor presenta como problema la falta de una ruta óptima para satisfacer la demanda de sus clientes, teniendo como restricción que sus vehículos poseen la misma capacidad de carga, y que deben ser visitados una vez por flota. Su objetivo es encontrar las rutas factibles óptimas que minimicen las distancias y el número de rutas. Aplicaron el método combinado del clásico algoritmo de ahorro (CW) de Clarke y Wright. Sus resultados arrojaron una la solución óptima en el 81% teniendo como desviación un 0,14%. Por lo tanto, el modelo de enrutamiento de vehículos capacitados les resulta ser una herramienta favorable para encontrar soluciones factibles que logren minimizar distancias de viaje y número de rutas.

Cantao *et al.* [16] en su estudio evidencian el problema en que existe una alta emisión de CO₂ de los vehículos de una cooperativa de reciclaje, por las largas distancias recorridas, además se identifica que esto es una causa para que los costos aumentan, por ello su objetivo fue la minimización de las emisiones de carbono con la finalidad que estos reduzcan los costos operativos y la distancia recorrida. Aplicaron el método de problema de ruteo de vehículos capacitados (CVRP) y se obtuvo como resultados una reducción de distancia, la disminución en el consumo de combustible y los costos que estos generan, se evitó 250 km de contaminantes

y se pagó 0,252 \$/km anuales. Por los resultados consideran que la búsqueda proactiva de buenas rutas es una opción viable ya que mantienen los costos bajo control.

Barcia *et al.* [17] centran su investigación en una empresa dedicada a la comercialización de productos del hogar. El problema se encontró en que la empresa no disponía de un sistema que facilite sus ruteos, por lo que sus costos de distribución eran altos. Su objetivo fue optimizar la gestión de la flota de transporte, enfocándose en la minimización de los costos. Aplicaron el método de la heurística Clarke and Wright, para establecer las rutas óptimas asignando unidades a cada clúster, el resultado fue favorable por que se disminuyó en un 30% el número de vehículos utilizados reduciendo los gastos y aumentando los ahorros a \$ 139 953,00 al año. Así pues, concluyen que esta heurística busca una buena solución en espacios limitados, arrojando como resultados rutas muy buenas dando solución a diferentes problemas.

Reyes [4] centra investigación en una empresa dedicada al servicio de distribución en la ciudad de Lima, tiene como problema que, a pesar de contar con una herramienta para establecer la ruta óptima, esta no considera variables como el peso y el volumen de carga. El autor se plantea como objetivo incorporar estas restricciones en su modelo matemático con la finalidad de reducir los costos fijos, minimizar el tiempo de entrega y maximizar el uso de carga, Aplica el método de Tamaño de flota, combinación de rutas de vehículos y Problema con las ventanas de tiempo (FSMVRPTW) en lingo, su tiempo de proceso fue de 22 segundos, utilizando 171 variables enteras, 403 restricciones y 300 772 iteraciones, dando como resultado una variación en costo de S/ 200 por viaje, esto quiere decir que se redujo significativamente comparado con el método antiguo, Concluyen que el método de tamaño de flota en combinación con problemas de enrutamiento, es una alternativa interesante que brinda beneficios a las empresas por su buena programación de rutas en la operatividad del transporte.

Suárez *et al.* [18] en su artículo científico estudia a una tienda virtual encargada de distribuir productos adquiridos desde su plataforma. El problema de la empresa es que no cuenta con un sistema que le permite obtener rutas óptimas para la entrega de compras a numerosos clientes, su objetivo fue realizar una planificación eficiente de rutas de distribución aplicando método de problema de ruteo de vehículos (VRP) a partir del problema p -Median Capacitado en combinación con el Problema del Agente Viajero. Como resultados, se obtuvo 44 rutas para una instancia de 1700 clientes, por lo tanto, se dan soluciones con un tiempo de viaje de 0,02% con un 45,6% menos de esfuerzo. En conclusión, la solución planteada es una herramienta eficaz para las empresas dedicadas a la distribución, especialmente cuando se trata de reducir distancias, costos y tiempos.

Herrera *et al.*[19] en este artículo el producto de la investigación se realiza en la ciudad de Colombia en donde tienen como problema la ineficiente distribución y elevados costos de para abastecer a las familias con alimentos como frutas o verduras dificultado el acceso a estos. Se proponen como objetivo realizar un modelo de asignación y ruteo empleando la programación entera mixta y el modelo de VRP básico permitiendo determinar las rutas de vehículos. Los resultados favorecieron la reducción de tiempo y recursos de la operación de abastecimiento diario arrojando un valor de 1 237 millones de pesos colombianos, cifra que cumple con la meta establecida por el distrito en el Plan Maestro de Abastecimiento y Seguridad Alimentaria de Bogotá. Así pues, el método empleado contribuye a la seguridad alimentaria a través de un mayor acceso a los alimentos con reducción de precios y disponibilidad oportuna en las localidades objetivo.

Pineda *et al.*[20] identifican como problema el estancamiento de entregas en una empresa distribuidora de Colombia, por ello se plantea como objetivo generar rutas óptimas con la aplicación del método VRP combinado con el método Clarke-Wright con la finalidad de reducir los tiempos del proceso de entregas a los clientes y evitar pérdidas para la empresa, se obtuvo como resultados el aumento del servicio al 60%, evidencian ingresos suficientes para cubrir los costos de 85 483 COP. Por lo tanto, concluyeron que su solución encontrada en esta propuesta es viable ya que se generan ganancias brutas en un 8,9 % mensuales. Se dice también que este método es adecuado para mejorar el procedimiento de programación y ejecución de las entregas en una compañía de servicios de envío de paquetes y mercancía.

Lozano [21] en su proyecto estudia a una empresa distribuidora de alimentos, que presenta como problema el abandono de clientes ya que, no son atendidos a causa de que no existe una designación de rutas. Se plantea como objetivo determinar la ruta óptima con la finalidad de cubrir el 100% de visitas diarias por vendedor, para su desarrollo aplicó el método de Clarke-Wright dando como resultados el que más ahorro genera en las rutas teniendo un 37,21% con respecto a la original traducido también en un ahorro de tiempo y combustible. Por lo tanto, este método es factible para poder encontrar la solución óptima y facilitar la toma de decisiones para la optimización de las rutas actuales.

Materiales y métodos

Diagnóstico del proceso de distribución actual en la empresa DD & D S. A. C

El diagnóstico de la situación actual de la empresa distribuidora DD& D S. A. C. en el período de septiembre a octubre del 2022, se realizó aplicando la observación directa, y la

revisión de registros documentados de datos históricos de la empresa [22] para clasificar los costos operativos de transporte en la distribución de helados, se tuvo en cuenta las entrevistas realizadas a los encargados de oficina [20]. Así pues, para identificar los costos reales se recolectó información mediante la observación directa y toma de datos. [23] Se encontraron los costos promedio de los dos meses y a continuación se aplicó el diagrama Pareto que permitió identificar los altos costos operativos, después se empleó el diagrama de Ishikawa para precisar la causa raíz de los altos costos operativos [24]. Se realizó el cálculo de los costos estándares con el servidor de Google Maps [25] que ayudó a identificar la ruta óptima para realizar la comparativa con los costos reales, y que a su vez proporcionó los sobrecostos. Para el diagnóstico del personal no capacitado se realizó una encuesta con la finalidad de analizar respuestas y deducir con el diagrama de Pareto las necesidades reales de capacitación y finalmente con la metodología de los 5 ¿por qué? se identificó una solución idónea.[26]

Elaborar la propuesta de optimización de rutas

La determinación del impacto de la propuesta de optimización se realizó según la metodología propuesta por Bermeo con la división de la propuesta en 6 fases [27]. Para la primera etapa de aprendizaje se realizó una búsqueda de antecedentes que permitió identificar los métodos más utilizados, sus características, ventajas y desventajas para el desarrollo de problemas de ruteo [28]. En la segunda fase se aplicó la observación directa y la revisión de registros documentados para identificar la situación actual de la distribución y comercialización [29]. En la tercera fase se utilizó la metodología de benchmarking con la finalidad de poder determinar y evaluar el modelo de referencia que se ajuste al sistema actual de distribución [28]. Con la revisión de registro documentados se desarrolló la cuarta y quinta fase para describir el escenario, determinar los parámetros con pronósticos y recolectar datos, además se utilizó la herramienta de Google Maps para identificar coordenadas y modelar los gafos [27] y finalmente en la sexta fase se aplicó la heurística usando la metodología de Clark and Wright para determinar los sobre costos que existen entre los costos de la situación actual y la propuesta [9].

Evaluar económicamente la propuesta de optimización de rutas de distribución de la empresa DD & D.S.A.C.

Para evaluar económicamente la propuesta se realizó con búsqueda de referencias bibliográficas que permitan identificar los costos asociados a cada una de las propuestas de esto se realizó un análisis económico-financiero [30] que involucró examinar los datos económicos y financieros de la distribuidora, determinar la viabilidad de la propuesta mediante la relación beneficio-costos (B/C) e identificar indicadores como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna

de retorno (TIR). Se calculó determinó la depreciación de los bienes mediante el régimen especial de depreciación [31], [32] para conocer el valor bruto de los activos. Así mismo, se calculó la tasa mínima de rendimiento (TMAR) [33] para identificar si el proyecto es viable. También se indicó el impuesto a la renta mediante el Régimen tributario para calcular la utilidad [32].

Resultados y discusión

Diagnóstico del proceso de distribución actual en la empresa DD & D S. A. C.

DD & D Asociados S.A.C. se especializa en almacenar y distribuir helados en el distrito de La Victoria, Chiclayo. Sus principales distribuidores son Piabelo, Saborati y D'Onofrio. Su objetivo es satisfacer las necesidades de los clientes en varios distritos de Lambayeque, como Chiclayo, José Leonardo Ortiz, Pomalca, Tumán, Pátapo, Zaña y Motupe. La demanda de helados es estacional, con un aumento en verano (diciembre a marzo), pero se mantiene durante el invierno debido al clima cálido y seco de la región de Lambayeque, lo que garantiza ingresos continuos, por lo que los ingresos evaluados en el primer semestre del 2022 fueron de S/ 296 979,7 (ver anexo 1 y 2)

Según los datos brindados a través de la entrevista realizada (ver anexo 3), la empresa ofrece su servicio a 78 establecimientos de venta (ver anexo 4), a los que llaman puntos de reparto. El punto de partida y final de las unidades vehiculares es el local de la empresa, se encuentra ubicada en el distrito de la Victoria, urbanización Santa Margarita. La empresa tiene dos tipos de vehículos para distribuir productos: flota liviana y pesada, ambos con sistemas de refrigeración que mantienen la temperatura. La elección del vehículo depende de la capacidad de carga y la zona de entrega, y la empresa ha asignado zonas específicas a cada tipo de flota (ver anexo 5).

Los costos operativos de distribución de la empresa se dividen en costos logísticos de transporte. Estos se subdividen en dos categorías: los que no generan sobrecostos, como peajes y depreciación, y los que generan sobrecostos, que incluyen mano de obra, combustible, reprogramación de rutas y mantenimiento. Para calcular los costos de consumo de combustible se realizó a través de la recopilación de datos de 16 rutas diferentes, tanto para flota liviana como pesada. Cada ruta se identificó con códigos compuestos por letras y números del 1 al 8, donde "L" denota flota liviana y "P" pesada (ver anexo 6).

Con la finalidad de obtener los costos reales no calculados por la empresa como, el consumo de combustible, se promedió su precio por galón Diesel el cual fue de S/ 18,23 en septiembre y S/ 19,36 en octubre dando un valor de S/ 4,82 y S/ 5,11 por litro consumido respectivamente

(ver anexo 7), de modo que se calculó el costo por rendimiento de la flota, es decir se tuvo en cuenta la relación entre distancia y la cantidad de litros consumidos. Según los datos de la empresa, se sabe que el consumo de combustible por cada 100 km recorridos es de 20,76 y 26,3 para flota liviana y pesada, de manera que, se obtuvo la cantidad de litros de Diesel consumidos en cada ruta empleando aspa simple.

Se aplico aspa simple para cada una de las rutas muestreadas en el anexo 4, es decir el total de litros gastados dividido entre el total de kilómetros recorridos multiplicado por 100. de modo que se obtuvo los costos reales por consumo. Esto sirvió para calcular el costo real por consumo de combustible en el mes de septiembre que fue de S/ 2 339,03 y S/ 2 511,64 para octubre, con un promedio de S/ 2 425,34. (ver anexo 8). De modo que el promedio total de kilómetros recorridos para flota liviana es de 124 km y pesada de 366 km. Valores que permitirán realizar la comparativa con la propuesta planteada. La empresa asigna 2 operarios a cada vehículo para tareas de carga, descarga, manejo del vehículo y atención al cliente, con una jornada laboral regular de 8 horas al día durante 4 salidas al mes. Sin embargo, debido a su falta de conocimiento de rutas, la mayoría de las veces exceden su horario laboral normal, lo que lleva a la empresa a pagar horas extras a razón de S/ 5 por hora. Durante los meses muestreados, se promediaron 2 horas extras por día, lo que suma un total de 10 horas extras al mes, con un costo mensual de S/ 1 052,31 (ver anexos 9 y 10).

La reprogramación de rutas es necesaria porque los trabajadores a menudo no logran completar sus recorridos a tiempo, lo que conlleva a asignar una unidad adicional al día siguiente para atender los puntos que no fueron alcanzados. Esto sucede principalmente en los puntos finales de la lista, con una frecuencia de 5 reprogramaciones al mes. En septiembre, esto representó un costo de S/ 1 302,61, y en octubre, de S/ 1 310,52, promediando un total de S/ 1 306,56 (ver anexo 11). Se consideró, el KPI de puntos no cubiertos, el cual desempeñó un papel crucial al proporcionarnos información sobre los puntos donde la empresa usualmente no llegaba con el producto. La fórmula para el cálculo de este KPI es:

$$\% \text{ Puntos no cubiertos} = \frac{\text{Total de puntos cubiertos}}{\text{Total de puntos potenciales}} \times 100\%$$

Donde:

- "Puntos no cubiertos" es el número de puntos en los cuales la empresa no ha llegado con su producto.
- "Total de puntos potenciales" es la cantidad total de puntos en el área geográfica de interés.

Si se sabe que se tiene un promedio de 15 puntos no cubiertos al mes (ver anexo 11);

$$\% \text{ Puntos no cubiertos} = \frac{15}{78} \times 100\% = 19,23\%$$

Entonces, aproximadamente el 19,23% de los puntos potenciales en el área geográfica de interés no fueron atendidos por la empresa. Lo que llevó al cálculo del KPI de dinero no repartido, el cual representa el monto de ingresos potenciales que la empresa no ha capturado debido a la falta de cobertura en los puntos. La fórmula es:

$$\% \text{ Dinero no repartido} = \frac{\text{Dinero no repartido}}{\text{Ingresos potenciales}} \times 100\%$$

Se sabe que se tiene un promedio de S/ 11 272 de dinero no repartido al mes (ver anexo 12);

$$\% \text{ Dinero no repartido} = \frac{S/11\ 272}{S/49\ 496} \times 100\% = 22,77\%$$

Significa que la empresa dejó de capturar aproximadamente el 22,77% del total de ingresos potenciales debido a la falta de cobertura en ciertos puntos del mercado. Esto indica una oportunidad de pérdida significativa en términos de ingresos que la empresa podría haber generado si hubiera llegado a esos puntos no cubiertos.

Por lo tanto, los costos operativos totales (considera los costos por peaje, depreciación, de refrigeración vehicular, por mano de obra, reprogramación de rutas, el consumo de combustible y mantenimiento) correspondientes al mes de septiembre y octubre sumando un total S/ 6 794,81 y S/ 6 555,32 respectivamente (ver anexo 13). En la tabla 1 se calcula el promedio del costo operativo mensual de la distribuidora siendo esta de S/ 7 180,07

Tabla 1. Costos operativos promedio-reales totales

Indicador	Costos reales	
Costos por peaje	S/	29,20
Costo por depreciación	S/	1 116,67
Costos de refrigeración vehicular	S/	240,00
Total, de los costos que no generan sobrecostos	S/	1 385,87
Consumo de combustible	S/	2 425,33
Costos por mano de obra (Horas extras)	S/	1 052,31
Costos por reprogramación	S/	1 306,56
Costos por mantenimiento	S/	1 010,00
Total, de los costos que generan sobrecostos	S/	5 794,20
Total	S/	7 180,07

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados anteriores, se desprende que los costos de mano de obra representan un 14,8% del total de costos operativos, mientras que los costos asociados a la reprogramación de rutas alcanzan el 18,4%, y el consumo de combustible constituye el 34,2%. Estos tres elementos en conjunto suman el 67,4% de los altos costos operativos identificados en el estudio. Para

visualizar esta distribución, se presenta en la figura 1 el diagrama de Pareto, el cual destaca que el combustible, la reprogramación de rutas y la mano de obra son los principales contribuyentes a los sobrecostos en la distribución.

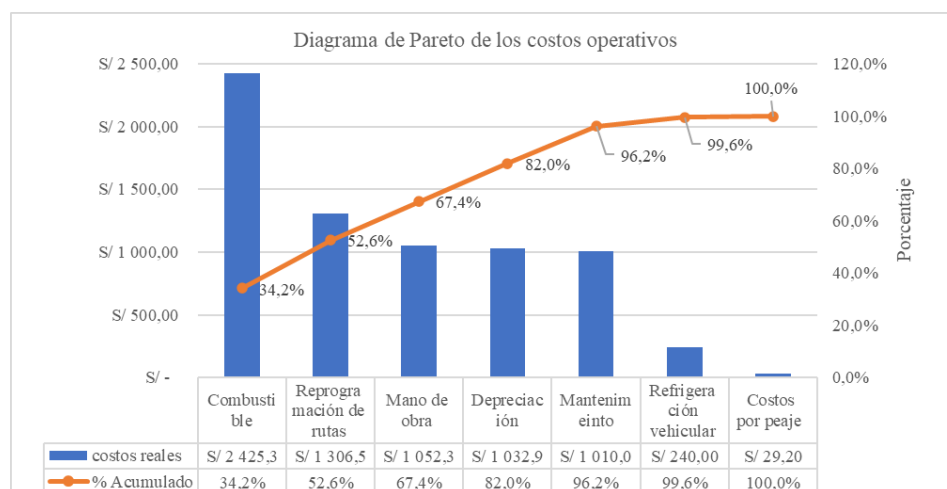


Figura 1 Diagrama de Pareto de los costos reales operativos
Fuente: Elaboración propia.

Las causas del problema están relacionadas con la inadecuada planificación de rutas de despacho. Esto se debe a que los operarios no llegan a los puntos programados durante su horario normal de trabajo y no conocen las rutas, lo que resulta en el pago de horas extras y en incumplimientos de entregas, llevando a reprogramaciones de rutas y costos adicionales de combustible. Estos costos están interconectados, y una solución centrada en la reprogramación podría eliminar los sobrecostos derivados de horas extras, consumo de combustible y reprogramaciones de rutas.

En relación con lo expuesto se calcularon los costos estándares a través de una ruta ideal obtenida por el servidor de Google Maps [25]. Es decir, se plasmaron los puntos de entrega en el orden de los muestreos realizados lo que permitió obtener los kilómetros estándares y sus respectivos costos a partir de una ruta óptima brindada por el servidor (ver anexos de 14 y 15), seguido a ello se realizó una comparativa de lo que es (real) S/ 2 425,33 y lo que podría ser (estándar) S/ 2 266,96, y través de la diferencia se obtuvo los sobrecostos en el consumo de combustible por ruta siendo este de S/ 158,37. De ahí que se puede observar que los mayores costos incurren en la flota pesada debido a que su ruta de recorrido es mucho mayor que el de la liviana. (ver anexo 16)

Para los costos estándares de mano de obra, se considera el costo fijo mensual para el chofer S/ 1 400 y para el ayudante S/ 1 500, pero se sabe que estos operan para las 2 rutas 4 veces al mes por lo que su costo regular para ambos suma al mes S/ 892,3 sin embargo, al pagarse las

horas extras este aumenta a S/ 1 502,31 mensual (Ver anexo 17). Y finalmente, para los costos estándares de reprogramación de rutas se tomó en cuenta a Chen *et al* [13] quien menciona que a través de una ruta estándar se puede reducir en un 90% los costos por incumplimiento de entregas.

En la tabla N° 2 se indica que el promedio de los costos operativos mensuales reales es de S/ 7 180,07 y los costos estándares al considerar los datos calculados por Google Maps se tiene un valor de S/ 5 685,79, por lo que se tiene una cantidad de sobre costos S/ 1 494,28. El KPI más relevante en el ámbito de la optimización de rutas para DD & D S. A. C. es la reducción porcentual en los costos operativos mensuales. Este indicador ofrece una visión clara y directa del impacto de las estrategias de optimización de rutas en la disminución de los costos operativos.

Tabla 2. Total, del costo promedio operativo

Indicador	Costos reales	Costos estándares	Sobre costos
Costos por peaje	S/ 29,20	S/ 29,20	S/ -
Costo por depreciación	S/ 1 116,67	S/ 1 116,67	S/ -
Costos de refrigeración vehicular	S/ 240,00	S/ 240,00	S/ -
Total, de los costos que no generan sobrecostos	S/ 1 385,87	S/ 1385,87	S/ -
Consumo de combustible	S/ 2 425,33	S/ 2 266,96	S/ 158,37
Costos por mano de obra (Horas extras)	S/ 1 052,31	S/ 892,31	S/ 160,00
Costos por reprogramación	S/ 1 306,56	S/ 130,96	S/ 1 175,91
Costos por mantenimiento	S/ 1010,00	S/ 1 010,00	S/ -
Total, de los costos que generan sobrecostos	S/ 5 794,20	S/ 4 299,92	S/ 1 494,28
Total, de costos operativos	S/ 7 180,07	S/ 5 685,79	S/ 1494,28

Fuente: Elaboración propia

$$KPI, Reducción porcentual de los costos \% = \frac{5\ 685,79 - 7\ 180,07}{7\ 180,07} = -20,82\%$$

De modo que la reducción porcentual de los costos operativos con respecto a los costos reales está representada por el 20,82%. Así pues, se evidencia que los indicadores que generan los altos costos operativos se deben a la deficiente planeación de rutas de despacho, las reprogramaciones de entregas, y el personal no capacitado en ruteos (ver anexo 18)

Para identificar las necesidades reales de capacitación en los choferes, se realizó una encuesta con la finalidad que se autoevalúen con relación a conocimientos, habilidades y actitudes del trabajo para analizar respuestas deducir necesidades reales. Fueron 4 los operarios que realizaron la encuesta y todos ellos encargados de la distribución de los productos en cada una de las movilidades asignadas. Para el desarrollo válido y confiable de las preguntas se utilizó el cuestionario (ver anexo 19) desarrollado por Rivas *et al.* [26] esta fue validada por tres

expertos, los cuales consideraron criterios como, claridad, coherencia, consistencia, pertinencia y objetividad, además midió la fiabilidad del instrumento mediante el coeficiente de Alfa de Cronbach, teniendo como resultado de 0,946 ($> 0,8$) lo que significa que es confiable. Se observa el análisis de los resultados de la encuesta, el cual indica que una de las causas principales es el personal no capacitado en ruteos, en donde la valoración está dada por: Muy alto = 5; Alto = 4; Medio = 3; Bajo = 2; Muy Bajo = 1 (Ver anexo 20)

En el diagrama de Pareto (Figura 2) que identifica que el 93% de los problemas que afectan a los costos operativos provienen del personal no capacitado en ruteos, la deficiente planeación de rutas de despacho y el incumplimiento de rutas.

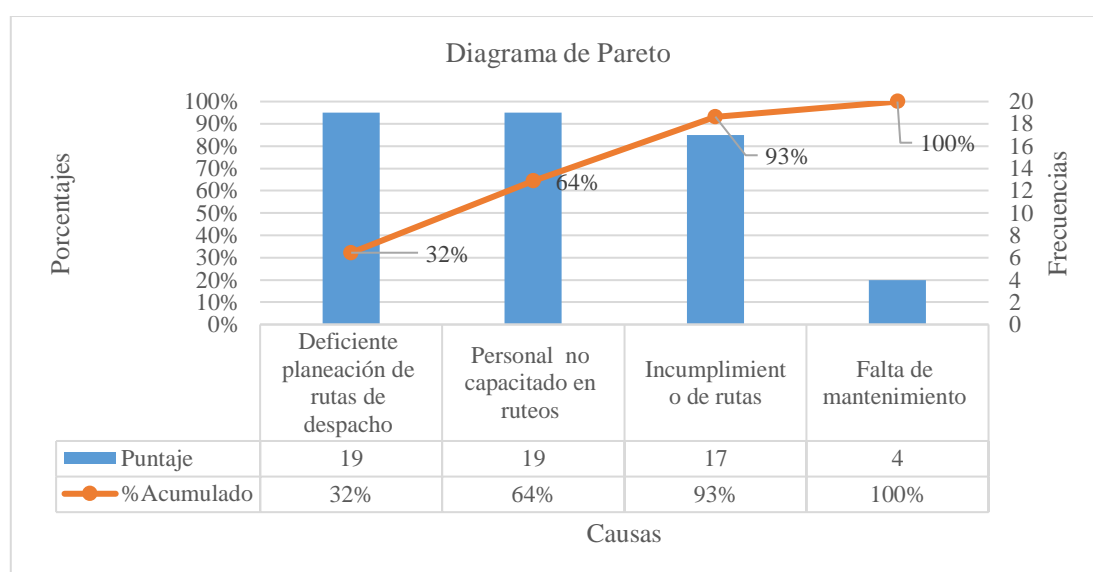


Figura 2 Diagrama de Pareto del análisis de la encuesta

Fuente: Elaboración propia

Entonces, se indica que las causas relacionadas al problema es la falta de capacitación al personal, debido al desconocimiento de una ruta estándar ocasionando que no se tome la ruta más corta causando a su vez generando costos por el incumplimiento de rutas que se generan por el pago de horas extras. Para analizar las causas principales aplica los 5 ¿por qué?, en donde se determina que elaborar un plan de capacitación en ruteos es la solución para el personal no capacitado y que es necesario capacitar a los encargados sobre el uso de un software. (ver anexo 21)

Para la elaboración del plan de capacitación se debe abordar una variedad de temas para garantizar que los participantes adquieran las habilidades y el conocimiento necesarios para mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución de rutas. En base a las sugerencias brindadas por los operarios en la encuesta se establecen los siguientes temas de capacitación:

- A. Módulo 1: Introducción a la Optimización de Rutas
 - Definición y conceptos básicos de optimización de rutas.
 - Beneficios de la optimización de rutas en la reducción de costos operativos.
- B. Módulo 2: Planificación de rutas eficientes
 - Métodos y estrategias para planificar rutas eficientes
 - Utilización de herramientas y software de planificación de rutas.
- C. Módulo 3: Consideraciones de tiempos y horarios
 - Planificación del tiempo de viaje y cumplimiento de horarios.
- D. Módulo 4: Gestión de Combustible y Mantenimiento de Vehículos
 - Estrategias para reducir el consumo de combustible.

Elaborar la propuesta de optimización de rutas

Para elaborar propuesta se debe definir y formular el modelo matemático, por ello se aplicaron las siguientes fases según lo propuesto por Bermeo [27]

Fase I: Aprendizaje

En esta etapa, se exploraron los métodos comunes utilizados en la resolución de problemas de ruteo. El modelo de transporte se utiliza para simplificar procesos complejos y pronosticar situaciones futuras relacionadas con la cantidad de viajes, la distribución, el transporte, los volúmenes y los flujos vehiculares en las rutas. De modo que, los modelos se podrían dividir de la siguiente manera; VRP, Modelo de transporte, Modelo de transbordo [34]. Por otro lado, las heurísticas son caminos cortos alternativos para tomar decisiones eficientes, entre las más utilizadas se encuentran; Clarke Wright y vecino más próximo. Se establecieron las características, ventajas y desventajas que tienen cada uno de estos métodos en tablas comparativas (ver anexos 22).

Fase II: Descripción del escenario

Sistema actual de comercialización y distribución:

DD & D Asociados S. A. C. opera en el almacenamiento y distribución de helados en La Victoria - Chiclayo. Su enfoque es satisfacer las necesidades de los clientes en varios distritos de Lambayeque, como Chiclayo, José Leonardo Ortiz (JLO), Pomalca, Tután, Pátapo, Zaña y Motupe. Además, la empresa conoce de antemano la demanda de sus clientes, lo que simplifica el proceso de distribución.

Características de la comercialización y distribución:

El proceso de comercialización se inicia días antes del envío de la mercadería, cuando se reciben y registran los pedidos de los clientes, y se prepara el inventario correspondiente una vez registrado los pedidos de los clientes, el día de la distribución un operario hace el embarque de los productos a la camioneta asignada a la zona. Además, la empresa tiene la política de visitar a cada cliente una vez por semana y dejar productos sin excepción.

Código de Ruta (Código de ruta):

- L00
- P00

Zona (Zona):

- L00: JLO, Pomalca, Saltur Pátapo y la Cría
- P00: Lambayeque, Morrope, Jayanca, Salas y Motupe

Nº de Clientes (Número de clientes):

- L00: 27 clientes
- P00: 51 clientes

Total, de Clientes: 78 clientes en total.

La programación de la distribución comienza los lunes con la toma de pedidos en las dos zonas mencionadas. Cada zona tiene un chofer vendedor y un operario de carga y descarga. Es relevante destacar que la empresa solo visita a los clientes una vez a la semana, específicamente los jueves, debido al bajo volumen de pedidos. La distribución de helados en la empresa se ha realizado hasta ahora de forma empírica, basándose en la experiencia del propietario y del personal encargado de la distribución. Con el fin de minimizar la distancia recorrida durante la distribución. Por ello, se pretende crear una ruta basada en la proximidad de los lugares de entrega.

Fase III: Selección del modelo a utilizar

De lo expuesto, se aplicó el método de benchmarking [28] y para ello se realizó una búsqueda de antecedentes con características similares o iguales al problema de la empresa en estudio, con la finalidad de poder determinar el modelo de referencia que se ajuste al sistema actual de distribución. (ver anexo 23). Así mismo, se presenta la evaluación de los antecedentes en base a los siguientes criterios: la función objetivo que debe minimizar la distancia total recorrida, el tipo de flota debe ser similar, el envío directo, que cuente con un solo depósito, la visita única de los clientes, y los tipos de productos deben ser homogéneos y el número de clientes debe ser mayor a 1. (ver anexo 24)

Tomando en cuenta los criterios evaluados y relacionándolos con las tablas comparativas que mencionan las ventajas y desventajas de los modelos y heurísticas, sería conveniente utilizar el modelo de CVRP debido a que este método permite atender la demanda de clientes dispersos geográficamente, además de tener variantes que se adapten al caso de estudio como, la capacidad, distancia, disponer de un depósito central, y la visita única a cada cliente, además a comparación de los otros modelos presentados este minimiza el costo en distancia total recorrida que es lo que se requiere. En cuanto a la elección de la heurística la más adecuada a utilizar sería la de Clark and Wright ya que maneja un amplio número de restricciones, además que va a eliminar distancias recorridas con la eliminación de aquellas que tienen exceso, cabe resaltar que, pese a brindarnos la mejor solución no sería la óptima, sin embargo, en un estudio comparativo realizado por Cunquero [35] de las cuatro heurísticas considerados la que arrojó se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Desviación del óptimo y tiempo de ejecución de las heurísticas

Heurístico	Desviación del óptimo	T. ejecución (min)
Vecino más próximo	18,6 %	0,3
Inserción más lejana	9,9 %	35,4
Christofides	19,5 %	0,7
Ahorros	9,6 %	5,07

Fuente: Cunquero [35]

Fase IV: Formulación del modelo:

CVRP- Método del ahorro (heurística de Clarke y Wright)

Descripción del escenario

Variables:

- *Clientes:* Se cuenta con 78 clientes dueños de bodegas ubicadas en diferentes distritos de Lambayeque, tales como, José Leonardo Ortiz, Pomalca, Tumán, Pátapo, Lambayeque, Morrope, Jayanca, Salas y Motupe.
- *Depósitos:* La distribuidora en estudio cuenta con un local ubicado en la Urb. Santa Margarita en el distrito de La Victoria.
- *Capacidad de vehículo:* Es la capacidad máxima de productos que pueden trasladar los vehículos.
- *Vehículos:* Cuenta con dos vehículos refrigerados, el primero de ellos destinado a José Leonardo Ortiz, Pomalca, Tumán, Pátapo y el segundo a Lambayeque, Morrope, Jayanca, Salas y Motupe.

Parámetros:

- $C = C_{ij}$: Costo de traslado del nodo i al j
- $d = d_{ij}$ Demanda del nodo i
- $Q =$ Capacidad del vehículo

Valores de parámetros

- N° de clientes: 78
- N° de Clúster: 02
- Depósitos: 1

Supuestos del modelo:

- Los pedidos por los clientes se encuentran dispersos geográficamente en 2 horizontes previamente establecidos por la empresa.
- La empresa cuenta con un solo depósito
- Los vehículos realizan su recorrido directo hacia los puntos establecidos, es decir, no modifican si es que en su desarrollo se diera el caso de nuevos pedidos.
- La capacidad de los vehículos está asociada con la demanda por lo que en cada viaje realizado esta no debe excederse y se expresa en unidades.
- Los clientes son visitados una sola vez durante su recorrido
- La empresa cuenta con dos vehículos homogéneos para el transporte del producto.
- Distribuyen un solo tipo de productos (helados).

Fase V: Formulación matemática considerando un vehículo (CVRP)

Función objetivo: *Minimizar costo* $\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{v=0}^k C_{ij} X_{ij}^v$

En donde:

- C_{ij} : costo o distancia de traslado del nodo i al nodo j
- $X_{ij}^v = 1$: Variable binaria, el vehículo v pasa del nodo i al nodo j

Esta función establece que se debe minimizar el costo de distribución mientras se cumple con la demanda de cada cliente. Sujeto a las siguientes restricciones:

1. $\sum_{i=0}^n \sum_{v=0}^k X_{ij}^v \geq 1; \forall j = 1, 2, 3, \dots, n$: Se establece que al menos un vehículo debe visitar un cliente.
2. $\sum_{i=0}^n X_{ip}^v - \sum_{j=0}^n X_{pj}^v = 0; \forall p = 1, 2, 3, \dots, n \quad v = 1, 2, 3, \dots, k$: Se indica que los vehículos que parten del depósito deben regresar a él.

3. $Y_{ij} = d_i \sum_{j=0}^n X_{ij}^v; \forall i = 1,2,3, \dots, n \quad v = 1,2,3, \dots, k$: El cliente i puede ser despachado por el vehículo v , si el vehículo v pasa por el nodo i .
4. $\sum_{v=0}^k Y_{ij} = d_i; \forall i = 1,2,3, \dots, n$: La demanda completa de cada cliente es satisfecha.
5. $\sum_{v=0}^k Y_{iv} \leq Q; \forall v = 1,2,3, \dots, k$: La cantidad entregada en cada viaje no debe exceder la capacidad del vehículo
6. $X_{ij}^v \in \{0; 1\}; \forall i = 1,2,3, \dots, n; j = 1,2,3, \dots, n; v = 1,2,3, \dots, k$: Variable binaria
7. $Y_{ij} \geq 0; \forall i = 1,2,3, \dots, n; j = 1; 2; 3 \dots n; v = 1; 2; 3; \dots, k$: No negatividad.

Fase VI: Recolección de datos

Modelar grafo:

En la Figura 3 y en la Figura 4 representan el orden de las entregas realizadas por el sistema de distribución actual a los 78 clientes de las dos zonas, comenzando en el centro de distribución y dirigiéndose a los clientes en el orden de las líneas blancas. Una vez finalizada esta ruta, el vehículo regresa al nodo de partida, donde el coordinador de distribución distribuye la hoja de ruta y el dinero que se ha recaudado junto con las facturas correspondientes.

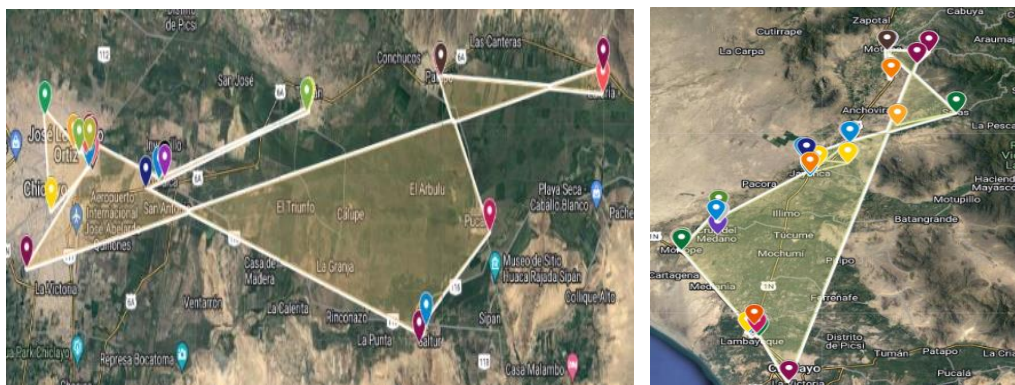


Figura 3: Sistema de distribución actual de la flota liviana y pesada

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de los vehículos:

La demanda de los clientes es conocida anticipadamente, así como los encargados de realizar la distribución la comercializadora, para que cumplan dicha tarea se dispone de dos unidades vehiculares la primera de ellas es la flota liviana con capacidad de 500 cajas y la segunda es la flota pesada con 900 cajas, los cuales no es necesario ser ocupados en su totalidad.

Demanda de los clientes:

El helado, es un producto estacional, por lo que su demanda suele ser predecible al identificar un aumento en las estaciones de primavera y verano, siendo esta última en la que se

tiene mayor acogida, la demanda para la temporada de verano 2024 se identifica utilizando el método del pronóstico estacional teniendo como base la data histórica de cada cliente. (ver anexo 25).

Coordenadas de los puntos:

Para el mapeo de los clientes en la empresa DD & D S. A. C. se utilizó la herramienta de Google Maps y se codificaron las coordenadas (X; Y), de modo que sirvieron para anotar con exactitud el lugar específico de los 78 puntos. (Ver anexo 2)

Fase VII: Aplicación de la heurística

El modelo utilizado es el VRP con la heurística de Clarke Wright y el algoritmo k-opt, según la evaluación comparativa realizada en la fase III es el algoritmo k-opt y la heurística de Clarke Wright. A continuación, se presenta los pasos a seguir para adaptar los datos obtenidos con anterioridad al software VRP SOLVER 1.3 para determinar las mejores rutas, la distancia total recorrida, la longitud de cada ruta y el peso que puede transportar cada vehículo. Así mismo, se aplicará el VRP SPREADSHEET SOLVER con la heurística del vecino más próximo para obtener resultados a modo de comparativa y afianzar los resultados obtenidos del benchmarking.

Aplicación del software VRP Solver – Clark and Wrigth

Paso 1: Determinar la demanda de cada uno de los 78 clientes, por lo que se utilizaron los pronósticos estacionales. Seguido a ello determinar las coordenadas y la demanda de los clientes a los que se distribuirán los productos.

Paso 02: Se crea un fichero de texto con los datos recogidos en el paso 1. La ubicación del almacén principal, desde el que salen todos los vehículos, se indica con el número de cliente. de donde salen los vehículos; a continuación, hay que abrir la aplicación, cargar los datos del fichero de texto, la capacidad máxima de los vehículos, que es la capacidad máxima que pueden tener los vehículos; para el caso de estudio, esto implica utilizar camiones que puedan cargar 500 cajas para flota liviana y 900 para la pesada tal, y el límite de distancia, que es la distancia más larga entre el almacén central y la ubicación del último cliente, para la flota liviana se tiene una distancia de 40 km y para la pesada se toma el valor de 72 km.

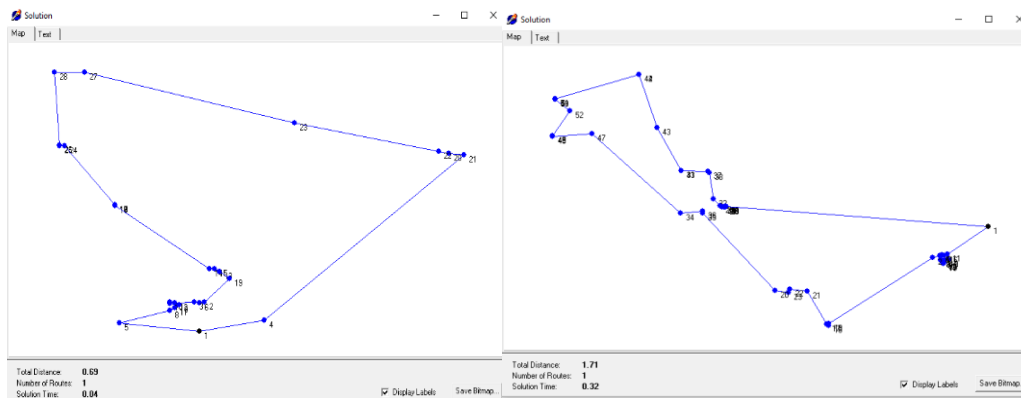
Paso 03: Se corre el programa y, tendremos el diseño y la cantidad de rutas recorridas que en este caso es una para cada vehículo. Se tiene como resultado una distancia de 69 km para la flota liviana y una distancia de 171 km para la flota pesada. (ver anexo 27)

Así mismo, este aplicativo nos muestra como resultados la secuencia que deberían seguir cada uno de estos vehículos y sus respectivas distancias. En la tabla 4 se presentan dichos resultados.

Tabla 4. Secuencia y kilómetros recorridos de la propuesta actual

Ruta	Secuencia	km
L00	0 -> 3 -> 20 -> 19 -> 21 -> 22 -> 26 -> 27 -> 25 -> 24 -> 23 -> 16 -> 15 -> 17 -> 13 -> 14 -> 12 -> 18 -> 1 -> 5 -> 2 -> 11 -> 9 -> 6 -> 8 -> 10 -> 7 -> 4 -> 0	69
P00	0 -> 37 -> 42 -> 29 -> 31 -> 30 -> 35 -> 36 -> 40 -> 41 -> 39 -> 38 -> 32 -> 34 -> 33 -> 28 -> 45 -> 44 -> 43 -> 47 -> 48 -> 49 -> 46 -> 61 -> 62 -> 60 -> 73 -> 74 -> 72 -> 71 -> 78 -> 75 -> 76 -> 77 -> 70 -> 68 -> 69 -> 59 -> 67 -> 63 -> 64 -> 58 -> 50 -> 51 -> 65 -> 66 -> 53 -> 56 -> 54 -> 52 -> 57	171

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4 Resultado del aplicativo VRP Solver para flota liviana y pesada**

Fuente: VRP Solver

Aplicación del software VRP Solver Spreadsheet – Vecino más próximo

Paso 01: Se introducen los datos de entrada, que son la cantidad de almacenes, la cantidad de clientes, la velocidad de los vehículos.

Paso 02: Seleccionamos la opción 1.1 para colocar la ubicación del almacén central y clientes

Paso 03: Utilizamos la opción 2.2 para determinar las distancias entre los clientes y el almacén central.

Paso 04: Elegimos el punto 3 para introducir las características de los vehículos: cada vehículo tiene una capacidad de 500 y 900 cajas, la distancia máxima es de 40 y 72 km y le corresponde un vehículo.

Paso 05: Se activa el solucionador de la hoja de cálculo de VRP. Para obtener la respuesta del número de rutas y millas recorridas. Se crea 1 ruta en función de las distancias recorridas.

Como resultado, el software VRP Solver Spreadsheet muestra la secuencia que deberían seguir cada uno de estos vehículos y sus respectivas distancias. (ver anexos del 28 al 30)

Tabla 5. Secuencia y kilómetros recorridos de la propuesta actual

Ruta	Secuencia	km
L00	0 -> 3 -> 5 -> 2 -> 1 -> 18 -> 12 -> 13 -> 14 -> 19 -> 20 -> 21 -> 22 -> 26 -> 27 -> 25 -> 24 -> 23 -> 17 -> 16 -> 15 -> 9 -> 11 -> 6 -> 8 -> 10 -> 7 -> 4 -> 0	93,93
P00	0 -> 37 -> 42 -> 29 -> 31 -> 30 -> 45 -> 44 -> 43 -> 47 -> 48 -> 49 -> 46 -> 52 -> 66 -> 61 -> 62 -> 60 -> 59 -> 69 -> 70 -> 68 -> 71 -> 72 -> 74 -> 75 -> 76 -> 77 -> 78 -> 73 -> 67 -> 63 -> 64 -> 58 -> 50 -> 51 -> 65 -> 53 -> 56 -> 55 -> 54 -> 57 -> 28 -> 33 -> 34 -> 38 -> 39 -> 32 -> 36 -> 35 -> 35 -> 0	253,67

Fuente: Elaboración propia

El Spreadsheet Solver es una herramienta versátil que no solo resuelve problemas utilizando el método del vecino más próximo, sino que también emplea el algoritmo de Clarke and Wright. Esto proporciona una amplia gama de opciones para abordar problemas de optimización en la gestión de rutas y la logística. Para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos mediante el VRP Solver, se realizó una ejecución adicional utilizando Clarke and Wright, y los resultados obtenidos fueron consistentes con los proporcionados por el VRP Solver, lo que respalda la precisión y eficacia de las soluciones encontradas. (ver anexos del 31 al 33).

Comparativa de resultados

La comparativa entre los dos programas utilizados se llevó a cabo como resultado de los datos presentados en la tabla 6. Estos hallazgos proporcionaron una visión detallada de cada programa, lo que permitió tomar decisiones informadas para seleccionar la opción más adecuada para el propósito previsto.

Tabla 6. Tabla comparativa de los softwares utilizados

Software	Heurística	Ruta	
		L00	P00
VRP Solver	Clark And Wright	69 km	171 km
VRP Solver Spreadsheet	Vecino más próximo	93,93 km	253,67 km
VRP Solver Spreadsheet	Clark And Wright	69 km	171 km

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que VRP Solver aplicando la heurística de Clark And Wright brinda una menor distancia recorrida, representado por ahorros de 69 km para la flota liviana y 171 km para la flota pesada, por otro lado, VRP Solver Spreadsheet brinda dos tipos de soluciones, entre las cuales se encuentra la aplicación de la heurística del vecino más próximo, sin embargo, este resulta no ser factible ya que la distancia calculada es mayor a las brindadas. Así mismo, este mismo software permite desarrollar la misma data con el algoritmo de

Clark and Wright, dando como resultados los mismos valores de distancia que se obtuvieron en el software de VRP Solver, por lo tanto, se evidencia que esta heurística es ideal para la optimización de rutas. De modo que en la tabla 7, se observa que al comparar los resultados reales con los arrojados por el software VRP Solver se tiene ahorros de distancia que van de 124 km a 69 km (-44%) para flota liviana y 366 km a 171 km (-63%). Valores que demuestran la efectividad de la implementación de este software en la mejora de la eficiencia de la distribución de la flota.

Tabla 7. Variación porcentual de los ahorros en km recorridos

Ruta	km recorridos reales	km recorridos de la propuesta	Ahorro	%
L00	124	69	427,11	-44%
P00	366	171	1 294,29	-63%
Total			1 721	

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de costos

Para el costo de la propuesta se considera el precio promedio del combustible de D Diesel B5 S-50 del mes de agosto del 2023, siendo este de S/ 18,59 el galón. Por lo tanto, los costos que incurren en la propuesta por consumo de combustible son de S/ 70,35 para flota liviana y S/ 220,87 para la pesada. (ver anexo 34). En la tabla N° 7 se calcula el costo real y de la propuesta por consumo de combustible, considerando el promedio mensual de los kilómetros reales recorridos por ambas flotas, y los kilómetros brindados por el software, siendo representados por S/ 2 398,47 y S/ 978,79 mensuales respectivamente. Así mismo, al calcular la diferencia entre los costos operativos previos y posteriores a la implementación de las nuevas rutas, expresando esta variación como un porcentaje del costo operativo inicial, se obtiene una medida precisa de la eficacia de la propuesta en términos de ahorro de costos.

Tabla 8. Costo real y de la propuesta por consumo de combustible de la flota liviana y pesada

Ruta	km reales	Consumo real (l/100 km)	Costo real	km de la propuesta	Consumo de la propuesta (l/100 km)	Costo de la propuesta	Sobre costos
L00	496,11	102,99	S/505,82	276	57,29	S/ 281,40	S/ 224,22
P00	1465,30	385,37	S/1892,65	684	141,99	S/ 697,39	S/ 1 195,27
Total			S/2398,47			S/ 978,79	S/ 1419,69

Fuente: Elaboración propia

$$KPI, Reducción porcentual de costos de consumo de combustible = \frac{978,9 - 2\,398,47}{2\,398,47} = -59\%$$

De modo que se puede identificar que hay una reducción total del 59 % en los costos por consumo de combustible al considerar las rutas calculadas por el VRP Solver. Finalmente, en la tabla 9 se indica que el costo total operativo de la propuesta es de S/ 4 397,62 reduciendo con respecto a los costos operativos reales en S/ 2 782,44 (38.75%).

Tabla 9. Costos operativos reales, de la propuesta y los sobrecostos

Indicador	Costos reales	Costos de la propuesta	Sobre costos
Costos por peaje	S/ 29,20	S/ 29,20	S/ -
Costo por depreciación	S/ 1 116,67	S/ 1 116,67	S/ -
Costos de refrigeración vehicular	S/ 240,00	S/ 240,00	S/ -
Total, de los costos que no generan sobrecostos	S/ 1 385,87	S/ 1 385,87	S/ -
Consumo de combustible	S/ 1 052,31	S/ 978,79	S/ 73,52
Costos por mano de obra (Horas extras)	S/ 2 425,33	S/ 892,31	S/ 2 425,33
Costos por reprogramación	S/ 1 306,56	S/ 130,66	S/ 1 175,91
Costo por mantenimiento	S/ 1 010,00	S/ 1 010,00	S/ -
Total, de los costos que generan sobrecostos	S/ 4 784,20	S/ 3 011,75	S/ 2 782,44
Total	S/ 7 180,07	S/ 4 397,62	S/ 2 782,44

Fuente: Elaboración propia

$$KPI, Reducción porcentual de costos = \frac{4\,397,62 - 7\,180,07}{7\,180,07} = -38.75\%$$

De la tabla 9 podemos afirmar que la diferencia en la reducción de costos es notoria con el uso del software, a pesar de que el precio de combustible actual con respecto al año 2022 aumentó, el valor total de sobrecostos fue de S/ 2 782,44 lo que representaría una reducción del 38.75% con respecto a los costos actuales que presenta la empresa.

Con la finalidad de afianzar los resultados anteriores, se presenta como antecedente la empresa estudiada por Maguiña [28] que al igual que la distribuidora DD & D esta también se enfrentaba a un desafío crítico relacionado con los altos costos operativos que estaban impactando negativamente a la rentabilidad y optaron por desarrollar la misma metodología presentada anteriormente. Para Maguiña fue esencial comprender la situación inicial que llevó a ese punto crítico y cómo se ha llegado a identificar la necesidad de implementar cambios significativos en las operaciones, por ello, busca implementar el VRP Solver para poder reducir las distancias utilizadas en el envío de mercancías por una empresa de distribución, para identificar la solución que mejor se adapte a la situación. Se utilizaron criterios de los modelos, heurísticas y algoritmos para evaluar los resultados, de los cuales el modelo VRP, junto con la

heurística Clarke Wright y el algoritmo K-opt fueron los modelos que se adaptaron a la solución del problema. El programa aplica exactamente la heurística de Clarke Wright para disminuir las distancias, teniendo en cuenta la ubicación de cada cliente como datos de entrada y dando como resultados las rutas óptimas y por lo tanto una reducción del 10% en la distancia total recorrida en las rutas de la empresa obteniendo un ahorro del 70% con respecto a los costos totales, por lo tanto el caso de estudio de la empresa investigada por Maguiña, que compartía similitudes en términos de altos costos operativos y la metodología implementada con la distribuidora DD & D destaca la relevancia de desarrollar soluciones basadas en la optimización de rutas y la importancia de utilizar herramientas y algoritmos específicos, como el VRP Solver y el algoritmo K-opt, para abordar problemas de costos operativos. Los resultados obtenidos en este caso muestran cómo la comprensión profunda de los antecedentes y la aplicación de enfoques estratégicos pueden tener un impacto significativo en la eficiencia operativa y la rentabilidad de una empresa.

Plan de capacitación

Es de suma importancia reconocer los pasos para implementar un plan de capacitación de la empresa para los colaboradores (transportistas y administrativos), de este modo se pretende dotarlos con capacidades necesarias para enfrentar los problemas con el aprendizaje continuo. Esto se realizará en base a los pasos indicados por Cruz [36]

Objetivo:

El principal objetivo de este programa de capacitación es proporcionar a los miembros del personal los conocimientos y habilidades necesarios para optimizar las rutas de reparto, reducir los gastos operativos y aumentar la eficacia de la distribución.

Alcance:

Este plan se llevará a cabo durante un período de 1 mes dividido en sesiones a lo largo de 4 semanas y una semana adicional para evaluación.

Frecuencia:

Cada 6 meses [36]

Recursos

- Empresa responsable: Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN) - capacitacioninhouse@sutran.gob.pe

- Recursos humanos: Estará conformado por los operarios de transporte, administrativo y expositores especializados en la materia.
- Infraestructura: Las actividades de capacitación se desarrollarán en ambientes adecuados dentro de la empresa DD & D S. A. C.
- Mobiliario, equipo y otros: Estará conformado por carpetas y mesas de trabajo, pizarra, plumones.
- Documentos Técnico: Encuestas de evaluación, material de estudio, etc.

Cronograma

Plan de capacitación se presenta en la tabla 12, teniendo en cuenta el plan debe realizarse de manera introductoria y se presenta un cronograma para el mes de enero. No obstante, la guía metodológica podría comenzar en cualquier mes del año con una evaluación de los resultados, y a partir de ahí realizarse cada 6 meses. De ello se plantea el programa de capacitación (ver anexo 35)

Tabla 10. Cronograma de capacitación de los operarios administrativos y de transporte

Modulo	Tema	Dirigido a	Periodo de capacitación				Evaluación
			Enero				Febrero
			1	2	3	4	1
Modulo 1: Introducción a la Optimización de Rutas	Definición y conceptos básicos de optimización de rutas.	Operarios administrativos y de transporte	x				x
	Beneficios de la optimización de rutas en la reducción de costos operativos.	N = 06	x				x
Modulo 2: Planificación de rutas eficientes	Métodos y estrategias para planificar rutas eficientes	Operario administrativo		x			x
	Utilización de herramientas y software de planificación de rutas.	N= 02 Operarios administrativos		x			x
Modulo 3: Consideraciones de tiempos y horarios	Planificación del tiempo de viaje y cumplimiento de horarios.	Operarios de transporte			x		x
		N=04					
Modulo 4: Gestión de Combustible y Mantenimiento de Vehículos	Estrategias para reducir el consumo de combustible.	Operarios de transporte				x	x
		N=04					

Fuente: Elaboración propia en base a [36]

Evaluar económicamente la propuesta de optimización de rutas de distribución en la empresa DD & D.S. A.C.

Se calcular la inversión necesaria para cada una de las propuestas y los costos anuales. En el contexto de la propuesta de optimización de rutas, se evalúa el costo de la instalación del software VRP Solver, la capacitación de su uso, y la compra de una computadora, lo que en conjunto tendría un valor de inversión de S/ 8 500. De igual forma se consideró la depreciación [37] por realizar la adquisición de bienes tangibles. Para la segunda propuesta, se consideran los costos anuales asociados, como capacitador externo asociado con desarrollo de los módulos planteados con frecuencia de dos veces anuales sumando un total de S/ 12 100 (ver anexo 36). Así mismo se consideraron los gastos administrativos y de ventas (ver anexo 37) Para determinar los beneficios se tomaron en cuenta los resultados del diagnóstico, se obtuvo un total de S/ 33 389,32 anuales generados por la implementación del VRP Solver, para la capacitación del personal se tomó como referencia a Rivas [26] quien menciona que la capacitación en gestión de combustible reduce en un 15% los costos que se genera por el mismo, también, se tomó como referencia a Cubas [38], él menciona que la capacitación en planificación y optimización de rutas reduce a los costos en un 38%, estos valores se consideraron en la reducción de los valores encontrados en el diagnóstico dando como resultado beneficios de S/ 15 122,04 anuales. (Ver anexos 38 y 39). Por lo tanto, los beneficios de la propuesta suman un total de S/ 48 511,36.

Finalmente, en la Tabla 12, se observa el estado de resultados que refleja la utilidad previa a la aplicación de impuestos. Esto se obtiene restando los ingresos a los cuales se les restan los costos operativos, la depreciación, así como los gastos administrativos y de ventas. Luego, se realiza un cálculo adicional para determinar la utilidad después de impuestos. Así mismo, se desarrolla el flujo de caja en el cual se calcularon los parámetros financieros. El resultado de este análisis arrojó un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 45 234,93. Dado que este valor es positivo, se recomienda la implementación del proyecto. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se sitúa en un 301%, este valor es alto, debido a que, a pesar de tener bajos costos, se debe a la eficiencia en la gestión de recursos y la optimización de nuestras operaciones, así mismo se ha implementado estrategias para minimizar los costos operativos, lo que ha permitido que los márgenes de beneficio sean más amplios, además que existe una diferencia entre los ingresos de los 3 años evaluados. Además, hemos proyectado flujos de efectivo futuros favorables, lo que ha influido en la TIR superando a la TMAR de 21,42%, este último se realizó

con la suma de la inflación (5,58%), y el riesgo medio asociado al proyecto (15%) indicando que el proyecto o inversión cumple con los criterios mínimos de rentabilidad y es considerado atractivo. Finalmente, se obtuvo un índice de beneficio-costo de 1,82 lo que indica que el proyecto es rentable y con potencial de generar un retorno significativamente mayor que la inversión inicial.

Tabla 11. Flujo de caja de la propuesta

Estado de Resultados				
Año	0	1	2	3
Ingresos	S/	48 511,36	S/	48 608,39
costos operativos	S/	12 100,00	S/	12 100,00
depreciación	S/	1 250,00	S/	1 250,00
GAV	S/	46,00	S/	46,00
utilidad antes de impuestos	S/	35 115,36	S/	35 212,39
Impuestos (29.5%)	S/	10 359,03	S/	10 387,65
Utilidad después de impuestos	S/	24 756,33	S/	24 824,73
Flujo de caja				
Año	0	1	2	3
utilidad después de impuestos		S/24 756,33	S/24 824,73	S/24 934,39
depreciación		S/1 250,00	S/1 250,00	S/1 250,00
Inversión	S/8 500,00	S/26 006,33	S/26 074,73	S/26 184,39
Año	0	1	2	3
FNE	-S/ 8 500,00	S/ 26 006,33	S/ 26 074,73	S/ 26 184,39
VAN	S/ 45 234,93			
TIR	301%		TMAR	21,42%
Año	0	1	2	3
Ingresos		S/48 511,36	S/48 511,36	S/48 511,36
Egresos	S/8 500,00	S/22 505,03	S/22 533,65	S/22 579,54
VAN Ingresos	S/99 963,28			
VAN Egresos	S/54 935,26			
B/C	1,82			

Fuente: Elaboración propia

Análisis y discusión

De acuerdo con los resultados del diagnóstico de la empresa, los sobrecostos que genera el proceso de distribución es de 20,82% con respecto a los costos totales, valor que difiere al que menciona Chen *et al* [13] indica que en una empresa distribuidora los sobrecostos varían entre el 5% y el 15% de los costos totales, sin embargo, hace énfasis que estos deben ser reducidos

para preservar la rentabilidad de la empresa, por otro lado, Oláh *et al* [14] indica que los sobrecostos es del 11% con respecto a los costos totales; la diferencia con Chen se debe a que este indica tener 20 clientes con 6 automóviles, mientras que en la presente investigación tiene 78 clientes y 2 vehículos, por otro lado, en el caso de Oláh, este tiene un mayor porcentaje debido a que trabaja con 11 clúster y 15 camiones, es decir el número de camiones es mayor al de la demanda. El 93% de los problemas que afectan los costos operativos provienen del personal no capacitado en ruteos, deficiente planeación de rutas de despacho e incumplimiento de rutas, resultado que difiere con Rivas *et al.* [26] quien menciona que el 80% que incrementan los costos, provienen de la falta de capacitación, falta de plan de rutas, y plan de mantenimiento, esta diferencia se debe a que DD & D, tiene un plan de mantenimiento establecido, pero no tiene rutas estándares, ni la capacitación adecuada, mientras que Rivas, no tiene un plan de capacitación, ruta establecida, y plan de mantenimiento.

Por otro lado, al elaborar la propuesta de optimización de rutas, se determinó a través de del método de benchmarking dando como resultado que la heurística adecuada a implementar es la de Clark and Wright, al igual que Cunquero [35] en su estudio identificó que, al compararse con 4 heurísticas distintas, Clark es la que más se acercaba al óptimo, debido a que tiene menor tiempo de ejecución y la desviación es del 9,6%. Para el desarrollo de la heurística se aplicó el algoritmo k-opt y se obtuvo un ahorro de 38,75 % en los costos generados por la distribución, diferente a Pichpibul *et al.*[15] que aplicó el mismo algoritmo y obtuvo una solución que representa el 81% de reducción de costos de transporte; valores mayores al de Lozano [21]. quien a diferencia de los dos autores anteriores utilizó el algoritmo de barrido teniendo una reducción de costos del 20%, debido a que este método brinda una solución más empírica y sencilla, porque la búsqueda de la solución ocurre solo de manera visual y por tanto busca el mejor camino posible, a comparación de k- opt que busca a los clientes con la finalidad de mantenerlos consecutivos utilizando k- intercambio. Como mejora se involucra un plan de capacitación que sirve para la instrucción del personal a cargo de la distribución del producto, en el caso de Rivas [26] se definieron a los responsables en cada actividad designada y se siguieron dos temas de capacitación que fue Gestión de combustible y el manejo eficiente de las moviidades. En el caso de la empresa en estudio se siguieron 4 módulos de capacitación con temas referentes a la introducción y optimización de rutas; la planificación eficiente de las mismas; las consideraciones de tiempos y horarios de entregas; y finalmente la gestión de combustible. Esta diferencia se debe a que la investigación de Rivas encuentra problemas relacionados con el mantenimiento en la maquinaria, especialmente en el motor del vehículo, por lo que a su vez pretende en la reducir y las emisiones del CO₂ por consumo de combustible,

sin embargo en la empresa en estudio pese a tener de igual forma la gestión de combustible, este tema no se abarca por razones ambientales sino por la finalidad de reducir los costos involucrados con la compra del recurso además de que las unidades vehiculares no presentan problemas de mantenimiento. Finalmente, se destaca la importancia de personalizar los planes de capacitación para abordar los desafíos y objetivos específicos de una organización. La capacitación no es solo una respuesta a problemas, sino una estrategia para mejorar la eficiencia, reducir costos y, en algunos casos, contribuir a objetivos ambientales, como la reducción de emisiones de CO₂. En lo que respecta al análisis económico y financiero, al considerar mejoras como la implementación del software para la optimización de rutas y la capacitación del personal, se han obtenido indicadores que respaldan la viabilidad de las propuestas. Los resultados arrojan un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 45 234,93 una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 301%, y un índice costo-beneficio (B/C) de 1,82. Estos resultados son positivos, y el hecho de que el B/C sea mayor que 1 indica que la inversión realizada se recuperará. La viabilidad de la propuesta se considera viable debido a su alineación con la investigación de Moreno [30] que incluye la implementación de un software para establecer una ruta estándar, dando como resultado un índice de beneficio-coste de 1,908 lo que confirma la factibilidad de la mejora.

Conclusiones

Se determinó que el impacto de la propuesta de optimización de rutas de distribución en la empresa DD & D S. A. C. tiene como resultados la reducción de los costos operativos en 38,75%, es decir pasaron de S/ 7 180,07 a S/ 4 397,62 demostrando ser una estrategia eficaz para la empresa, ya que ha generado una reducción significativa de S/ 2 782,44 mensuales.

Se realizó el diagnóstico del proceso de distribución de transporte en la empresa DD & D S. A. C. y se indicó que 67,4% de los altos costos operativos provienen de tres principales costos; el consumo de combustible (34,2%), la reprogramación de las rutas (18,4%) y la mano de obra (14,8%), siendo estos en conjunto los que generan sobrecostos, y los que no representaron el 32,6% provenientes de la depreciación (14,6%), el mantenimiento (14,2%), la refrigeración vehicular (3,4%) y el costo por peaje (0,4%) promediando un total de S/ 7 180,07. Además, se identificó que el 93% de los problemas que inciden en los costos operativos se debe a la falta de capacitación del personal encargado de las rutas, la planificación deficiente en el despacho de rutas, y la falta de cumplimiento de estas.

Se elaboró la propuesta de mejorar de optimización de rutas con el Modelo VRP (Vehicle Routing Problem) con la heurística de Clarke Wright, el algoritmo k-op, y la aplicación VRP

Solver y el VRP Solver Spreadsheet, donde se determinó que la ruta óptima para la flota liviana reduce la distancia en 55 km (de 124 a 69 km) es decir, lo que representa la reducción en un 44%, y en el caso de la flota pesada se obtuvo ahorros de 195,3 km (de 366 a 171 km) lo que equivale a una reducción del 53%, de modo que se obtienen ahorros en costos operativos S/ 224,22 para la flota liviana y S/ 1 195,27 para la pesada. Además, que la elaboración de un plan de capacitación se reveló como una iniciativa esencial para el crecimiento y desarrollo de la organización convertido en un pilar fundamental para mejorar las habilidades y conocimientos de nuestro equipo.

Se llevó a cabo un análisis económico y financiero de la propuesta planteada, el cual confirmó la viabilidad del proyecto. Esto se evidenció mediante un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 45 234,93 que, al ser positivo, sugiere que es recomendable proceder con la ejecución de la propuesta. Asimismo, se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 301%, la cual, al ser superior a la Tasa Mínima de Rendimiento (TMAR), válida la rentabilidad del proyecto. El índice costo-beneficio indica que por cada sol invertido se generan beneficios de S/ 1,82.

Recomendaciones

En una próxima investigación considerar la inclusión de ventanas de tiempo y variables de tráfico en tiempo real, especialmente en situaciones donde el factor tiempo sea crítico y fundamental para la optimización.

En investigaciones posteriores realizar un sistema de gestión de mantenimiento y seguridad ocupacional, dada la creciente importancia de la salud y el bienestar de los trabajadores en los entornos laborales.

En futuras investigaciones, llevar a cabo una evaluación del impacto económico y ambiental que se generaría al efectuar el cambio de vehículos de combustibles convencionales a motores propulsados por Gas Natural Vehicular (GNV) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).

Referencias

- [1] H. Barrera, D. Daza, Y. Deluque, J. Pulido, and W. Acero, “Gestión de Transportes Y Distribución.”
- [2] D. Bonett, A. Aguilar, L. Montoya, M. Maza, and M. Rosado, “Producción nacional.”
- [3] INEI, “Población ocupada de Lima Metropolitana alcanzó 5 millones 93 mil personas de noviembre 2022 a enero 2023.” Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: <https://bit.ly/44GIWDC>

- [4] N. Reyes, “Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW,” *Industrial Data*, vol. 19, no. 2, p. 118, Dec. 2016, doi: 10.15381/idata.v19i2.12847.
- [5] J. Wiley and B. Lane, *Gestión de la distribución comercial*, Diaz de Santos S.A. Madrid.
- [6] Á. González and G. García, *Manual práctico de investigación de Operaciones I*, 4th ed. Colombia: Universidad del Norte, 2015.
- [7] J. Ascencio *et al.*, “Asistente automático para diseño de rutas de distribución,” *Instituto Mexicano de Transporte*, 2018.
- [8] A. Antuña, “Optimización de la recolección de residuos en San Carlos de Bariloche,” Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2017.
- [9] J. Pablo, O. Cardozo, D. Toro, E. Mirledy, and T. Ocampo, “Solución al Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad Limitada (CVRP) usando una técnica metaheurística Solution to the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) using a metaheuristic technique,” *Scientia et Technica Año XXI*, vol. 21, no. 3, 2016.
- [10] F. Molina, C. Rincón, and F. Villarreal, *Contabilidad de costos I. Componentes del costo con aproximaciones a las NIC 02 y NIIF*, 2nd ed., vol. 8. Ediciones de la U, 2019.
- [11] E. Yermanos and L. Correa, “Contabilidad administrativa un enfoque generencial de costos,” 2021. Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: bit.ly/3ZdLUhH
- [12] J. Orozco, “La contabilidad de costos.”
- [13] J. Chen, P. Gui, T. Ding, S. Na, and Y. Zhou, “Optimization of transportation routing problem for fresh food by improved ant colony algorithm based on tabu search,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 23, Dec. 2019, doi: 10.3390/su11236584.
- [14] T. Le, D. Nguyen, J. Oláh, and M. Pakurár, “Clustering algorithm for a vehicle routing problem with time windows,” *Transport*, vol. 37, no. 1, pp. 17–27, May 2022, doi: 10.3846/transport.2022.16850.
- [15] T. Pichpibul and R. Kawtummachai, “An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem,” *ScienceAsia*, vol. 38, no. 3, pp. 307–318, 2016, doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2012.38.307.
- [16] P. Cantão, A. Yamakami, and R. Cantão, “Capacited Vehicle Routing Problem with CO2 Emission Minimization Considering Path Slopes,” *Trends in Computational and Applied Mathematics*, vol. 23, no. 3, pp. 439–469, Sep. 2022, doi: 10.5540/tcam.2022.023.03.00439.
- [17] K. Barcia, J. Arévalo, and V. González, “Mathematical model for the optimization of the VRP of a heterogeneous fixed fleet with time windows HFFCVRPTW,” in *Proceedings*

- of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2019. doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.108.
- [18] S. Luis, C. Porras, H. Diaz, E. Sánchez, A. Rosete, and A. Pérez, “Towards more efficient delivery routes. A virtual store case study,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 15, p. 2021, [Online]. Available: <http://rcci.uci.cu>Pág.86-100
- [19] O. Herrera and J. Orjuela, “Assignment and routing model for the Planning of Food Supply Operation in the South part of Bogota; fruit and vegetable case,” *Ingeniería Solidaria*, vol. 18, no. 2, pp. 1–22, May 2022, doi: 10.16925/2357-6014.2022.02.03.
- [20] U. Pineda and H. Carabalí, “Un Problema de Enrutamiento del Vehículo con Enfoque de Ventanas de Tiempo para Mejorar el Proceso de Entregas,” *Ingeniería*, vol. 25, no. 2, pp. 117–143, Jul. 2020, doi: 10.14483/23448393.15271.
- [21] G. Lozano, “Optimización de ruta de venta utilizando métodos de Clarke-Wright y de Barrido,” Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, 2018.
- [22] D. Orellana and C. Sánchez, “Revista de Investigación Educativa,” *Investigación Educativa*, vol. 24, no. 1, pp. 205–222, 2016, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283321886011>
- [23] O. Ricra, “Heurística del ahorro para trasladar policías de la Unidad de Servicios Especiales (USE) a concentraciones no multitudinarias del sector salud,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2022.
- [24] A. Bocángel *et al.*, “Ingeniería Industrial-Ingeniería de Métodos I,” Huánuco, 2021.
- [25] “Google Maps.” Accessed: Sep. 09, 2023. [Online]. Available: bit.ly/3r6YbYC
- [26] C. Rivas and H. Zamora, “Propuesta de un plan de mejora para optimizar la gestión del proceso de transporte de inversiones ZAMCAR S. A. C.,” Universidad Ricardo Palma, Lima, 2019.
- [27] E. Bermeo and J. Calderón, “Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte”, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47811604005>
- [28] L. Maguiña, “Implantación de VRP - Solver aplicando la heurística de Clarke Wright para el ruteo del transporte terrestre en el área de distribución caso de estudio: industrias alimentarias,” Universidad Nacional de San Marcos, Lima, 2016.
- [29] O. López, D. M^a, S. Gómez, and M. Cruz, “Técnicas de recolección de datos entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa,” *Investigación Educativa*, vol. 24,

- no. 1, pp. 205–222, 2006, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283321886011>
- [30] K. Moreno, “Diseño y estructuración del modelo de ruteo de transporte para la distribución de productos cárnicos en un canal de distribución tradicional.”
- [31] SUNAT, “Tabla de Tiempos de Vida Útil de los Equipos.” Accessed: Oct. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.sunat.gob.pe/legislacion/superin/2022/anexo-071-2022.pdf>
- [32] SUNAT, “Renta de tercera categoría.” Accessed: Oct. 25, 2023. [Online]. Available: bit.ly/3u6asOm
- [33] Banco Central de Reserva del Perú, “Inflación: Septiembre 2023,” Lima, Aug. 2023. Accessed: Nov. 08, 2023. [Online]. Available: bit.ly/473DtIR
- [34] M. Granada, E. Luis, C. Cubides, R. Rubén, and I. Bolaños, “Modelos matemáticos para la programación óptima de rutas: formulación e implementación.”
- [35] R. Cunquero, “Algoritmos Heurísticos en Optimización Combinatoria,” Valencia.
- [36] A. Cruz Nieto and L. Sánchez Segura, “Plan de capacitación para mejorar el desempeño laboral del personal de la empresa publicidad y servicios generales Boga S.A. que elabora en el campus UPAO de la ciudad de Trujillo en el año 2023,” 2016.
- [37] SUNAT, “Informe N° 196-2006-SUNAT/2B0000.”
- [38] J. Cubas and R. Carpio, “Aplicación de la metodología PHVA en los procedimientos de servicios de limpieza de las unidades portátiles sanitarias para satisfacer los clientes ubicada en la metropolitana,” Ricardo Palma, Lima, 2019.

Anexos

Anexo 1 Ingresos promedio mensual por cliente año 2022

Cliente	Demanda promedio diaria	Ingreso promedio diario	Demanda promedio Mensual	Ingreso promedio mensual
1	9	S/ 108,00	36	S/ 432,00
2	10	S/ 120,00	40	S/ 480,00
3	8	S/ 98,00	32	S/ 392,00
4	9	S/ 111,00	36	S/ 444,00
5	11	S/ 133,00	44	S/ 532,00
6	10	S/ 130,00	40	S/ 520,00
7	12	S/ 144,00	48	S/ 576,00
8	10	S/ 125,00	40	S/ 500,00
9	10	S/ 125,00	40	S/ 500,00
10	13	S/ 156,00	52	S/ 624,00
11	11	S/ 132,00	44	S/ 528,00

12	12	S/	145,00	48	S/	580,00
13	13	S/	156,00	52	S/	624,00
14	9	S/	108,00	36	S/	432,00
15	11	S/	132,00	44	S/	528,00
16	10	S/	130,00	40	S/	520,00
17	12	S/	144,00	48	S/	576,00
18	10	S/	125,00	40	S/	500,00
19	12	S/	126,00	48	S/	504,00
20	13	S/	156,00	52	S/	624,00
21	13	S/	160,00	52	S/	640,00
22	14	S/	170,00	56	S/	680,00
23	15	S/	180,00	60	S/	720,00
24	10	S/	120,00	40	S/	480,00
25	10	S/	120,00	40	S/	480,00
26	11	S/	132,00	44	S/	528,00
27	15	S/	200,00	60	S/	800,00
28	12	S/	180,00	48	S/	720,00
29	10	S/	210,00	40	S/	840,00
30	12	S/	165,00	48	S/	660,00
31	13	S/	190,00	52	S/	760,00
32	16	S/	192,00	64	S/	768,00
33	10	S/	120,00	40	S/	480,00
34	12	S/	160,00	48	S/	640,00
35	13	S/	180,00	52	S/	720,00
36	12	S/	140,00	48	S/	560,00
37	15	S/	180,00	60	S/	720,00
38	16	S/	198,00	64	S/	792,00
39	13	S/	115,00	52	S/	460,00
40	18	S/	300,00	72	S/	1,200,00
41	12	S/	150,00	48	S/	60,00
42	9	S/	100,00	36	S/	400,00
43	10	S/	120,00	40	S/	480,00
44	16	S/	150,00	64	S/	600,00
45	13	S/	130,00	52	S/	520,00
46	14	S/	140,00	56	S/	560,00
47	11	S/	132,00	44	S/	528,00
48	10	S/	120,00	40	S/	480,00
49	13	S/	156,00	52	S/	624,00
50	10	S/	120,00	40	S/	480,00
51	12	S/	148,00	48	S/	592,00
52	16	S/	200,00	64	S/	800,00
53	10	S/	170,00	40	S/	680,00
54	11	S/	135,00	44	S/	540,00
55	13	S/	165,00	52	S/	660,00
56	12	S/	195,00	48	S/	780,00

57	12	S/	180,00	48	S/	720,00
58	16	S/	210,00	64	S/	840,00
59	14	S/	175,00	56	S/	700,00
60	13	S/	170,00	52	S/	680,00
61	12	S/	160,00	48	S/	640,00
62	14	S/	170,00	56	S/	680,00
63	13	S/	200,00	52	S/	800,00
64	14	S/	182,00	56	S/	728,00
65	14	S/	180,00	56	S/	720,00
66	14	S/	168,00	56	S/	672,00
67	12	S/	156,00	48	S/	624,00
68	11	S/	162,00	44	S/	648,00
69	11	S/	160,00	44	S/	640,00
70	12	S/	144,00	48	S/	576,00
71	11	S/	140,00	44	S/	560,00
72	11	S/	150,00	44	S/	600,00
73	17	S/	290,00	68	S/	1 160,00
74	16	S/	200,00	64	S/	800,00
75	14	S/	168,00	56	S/	672,00
76	15	S/	180,00	60	S/	720,00
77	13	S/	220,00	52	S/	880,00
78	16	S/	262,00	64	S/	1 048,00
TOTAL	962	S/	12 374,00	3848	S/	49 496,00



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de la empresa DD & D S. A. C.

Anexo 2: Ingresos del primer semestre del año 2022

Mes	Demanda		Ingresos
Enero	5200	S/	66 910,8
Febrero	6000	S/	77 205,0
Marzo	4000	S/	51 470,0
Abril	3000	S/	38 603,0
Mayo	2880	S/	37 058,9
Junio	2000	S/	25 732,0
Total		S/	296 979,7

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de la empresa DD & D S. A. C.

Anexo 3: Ficha de entrevista

FICHA DE ENTREVISTA: Clasificación de Costos Operativos en la Distribución de Helados	
Información del Entrevistado:	
Nombre:	Daniel Cruzado Tueros
Cargo:	Gerente General
Empresa:	DD y D SAC
Entrevista:	
Objetivos de la Entrevista:	
- Identificar y clasificar los principales costos operativos en el proceso de distribución de helados. - Obtener información detallada sobre los componentes de estos costos.	
Preguntas/Áreas de Discusión:	
Costos de Combustible	
¿Cuáles son los tipos de vehículos utilizados en la distribución de helados?	REFRIGERADOS
Flota liviana	Flota Pesada
¿Cuál es el consumo de combustible promedio por tipo de vehículo?	100 Km
Flota liviana:	20,76 l
Flota Pesada:	26,3 l
¿Existen estrategias para reducir los costos de combustible?	
NO - LOS AUTOMOVILES SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO	
Costos de Almacenamiento y Refrigeración	
¿Cuáles son los gastos asociados al almacenamiento y refrigeración de los helados?	
Consumo combustible, refrigeración, mano de obra, peaje	
¿Cuál es la capacidad de almacenamiento y la eficiencia en el uso de la refrigeración?	
Flota liviana:	500 cajas
Flota Pesada:	900 cajas
¿Se han implementado medidas para optimizar estos costos?	
NO	
Costos de Mano de Obra:	
¿Cuánto personal está involucrado en la distribución de helados?	
2 por cada unidad vehicular	
¿Cuáles son los costos laborales, incluyendo salarios y beneficios?	
CHOFER: \$2.500 y AYUDANTE: \$1.400 (mes) HORAS EXTRA: \$5.00	
¿Se han implementado prácticas para mejorar la eficiencia de la mano de obra?	
NO	
¿Existen otros costos operativos significativos en la distribución de helados?	
Ejemplos: costos de seguros, costos de rutas, costos administrativos, etc.	
LOS COSTOS POR LA DEPRECIACIÓN (muy común)	
Firma del Entrevistado:	
DANIEL CRUZADO TUEROS	
Firma del Entrevistador:	
MARIELA ROSALES VILLANUEVA MALCA	

Fuente: Elaboración propia en base a [20]

Anexo 4: Dirección de los puntos de venta de la distribuidora DD & D S. A. C.

N° Punto	Nombres de clientes	Dirección	Distrito
1	Vásquez Delgado Jhony	Mz G LT 12	JLO
2	Tello coronel Giovanni	Mz 28 LT 23	JLO
3	Carhuajulca Rodas Aracely	Calle Luis Negreiros 123 - Jorge Chávez	JLO
4	Centurión De Fernández María Merita	Avenida Luis Heisen 729 - Jorge Chávez	JLO
5	Toro Roxana	Ref. Frente Al Paradero Jorge Chávez	JLO
6	Coronado Torres Martin	Mz B LT 2 Bendición De Dios - Saul Cantoral	JLO

7	Julca Cubas Jenny	6 De junio 142 - Cesar Vallejo	JLO
8	Guevara Sánchez José	Poemas Humanos 280	JLO
9	Quispe Centurión Liliana	Saul Cantoral Mz 9 LT 12 - Ref. Frente Parque	JLO
10	Cespedes Carlos Erlita	Viña Del Mar Mz D LT 1a	JLO
11	Gurrero Hildebrando Neira	Saul Cantoral	JLO
12	Pérez Guevara Jenny	20 De enero Mz K LT 6 A	Pomalca
13	Berna Samamé María	Jorge Chávez 143	Pomalca
14	Vásquez Guevara Mary	Los Robles Mz B LT 8 - Los Olivos	Pomalca
15	Tan Quispe Jhony	Ramon Castilla S/N - Mercado De Tumán	Tumán
16	Hurtado Lomas Katty	Ramon Castilla S/N - Mercado De Tumán	Tumán
17	Samaya Silva María	Jorge Dair S/N - Ref. Frente Al Parque	Tumán
18	Lara Rubio Ever Yonel	Sector Laural Jarrin Etapa 2	Tumán
19	Quintana Mejía Inés	Villareal S/N	Saltur
20	Rojas Gómez Carmen Rosa	Ramon Castilla 1074	Saltur
21	Farro Vidarte Janet	24 De junio	Saltur
22	Fuentes Diaz Mirella Aracely	Los Girasoles - Sector Inmaculada	Pucalá
23	Santamaria Acosta Marisa	Sector La Mescladora - Por La Canchita	Pátapo
24	Diaz Mires Delicia	Salcedo 41 A	Pátapo
25	Coveñas Reyes Gladys	Colegio Frente Al Parque	Pátapo
26	Cisneros Zúñiga Víctor Mario	Tupac Amaru 9	La cría
27	Irigoin Carranza América	Av. Chongoyape - Tupac Amaru Esquina	La cría
28	Flores Rojas Graciela	Mz F LT 16 - Mocce Antiguo	Lambayeque
29	Chevez Coello Angela María	Libertad 213	Lambayeque
30	De La Cruz Martínez Liliana	Av. Pedro Ruiz - Mz T LT 21 - Las Dunas	Lambayeque
31	Ordoñez De La Cruz Fermín	Los Sobornos - Mz Z LT 16	Lambayeque
32	De La Cruz Martínez María	Demetrio Acosta - Mz B LT 9	Lambayeque
33	Rojas López Vilma	Calle Baca Mattos Y Manco Cápac	Lambayeque
34	Llue Jiménez Dominga	Teresa De Calcuta Mz M LT 1	Lambayeque
35	Neira De La Cruz Margarita	Las Dunas LT 18	Lambayeque
36	Fernández Alarcón Greyci	Federico Villareal Mz H LT 13 - Baca Mattos	Lambayeque
37	Oriaga Aiza Manuel	Calle Monjoy 141a	Lambayeque
38	Martínez De La Cruz Richard	Piura Cuadra 1 Bacca Matos	Lambayeque
39	Leonardo Rojas Saraí	Prolongación Lima Mz H LT 16	Lambayeque
40	De La Cruz Rojas Rosa	José Olaya 115	Lambayeque
41	Purihuaman Tejada Sara	Av. Grau Y Sicre 920	Lambayeque
42	Delgado Consuelo Elizabeth	Andres Avelino Caceres Mz I Lt 16 - Ref. Frente A La Plataforma	Medianía
43	Damián Paredes Karen	Marañón Y San Antonio - Cruz De médano	Morrope
44	Santisteban Aldo	F 19 - Anexo Santa Rosa	Morrope
45	Vidaurre Tejada Merita	Ref. Frente Al Centro De Salud - Tranca Fanupe	Morrope

46	Pingo Piscocoya María Cecilia	caserío Monte Hermoso - Colegio Jorge Chávez - Vive Por La Posta	Morrope
47	Inoñan Valdera María Violeta	Av. Grau - Cruz De Médano	Morrope
48	De La Cruz Santisteban Grecy	Anexo Los Sánchez	Morrope
49	Inoñan Olivos María Edith	Caserío Santa Isabel - Ref. Frente Al Parque	Morrope
50	Inoñan Vidaurre Carmen Rosa 1	Av. Elías Aguirre 1056	Jayanca
51	Inoñan Vidaurre Carmen Rosa 2	Av. Elías Aguirre 1056	Jayanca
52	Sosa Marcelo Alexander	Grau Sur 173	Jayanca
53	Lloclla Rumiche Juana	Av. Elías Aguirre 125	Jayanca
54	Manchay Calle Carla	Panamericana	Jayanca
55	Muro Sirlopu Luis	Huamachuco 111	Jayanca
56	Zapata Bruno Genara	Nuevo Horizonte - Ref. A La Pista	Jayanca
57	Santamaria Espinosa Sonia	Calle Huamachuco N2 - Ref. Turismo Cautico	Jayanca
58	Arrascue Carrasco Eder	El Mango	Jayanca
59	Pérez Guevara Arminda	El Márquez - Antes De Gandules	Jayanca
60	Carranza Quispe Leyner	El Márquez S/N - Ref. Panamericana	Jayanca
61	Yamunaque Morales Bigberto	S/N - Ref. Bodega Gloria - Pampa Lino	Jayanca
62	Falla Valladolid Roxana	La Tomasita	Jayanca
63	Tarrillo García José Hernán	Frente Al Colegio De La Viña	Jayanca
64	Chávez Zapata Xiomara	La Viña	Jayanca
65	Pasache Herma Roxana	11 De marzo LT 1	Jayanca
66	Muro Sirlopu Keyla	San Antonio S/N Colegio Excelencia	Jayanca
67	Pintado Cubas Juliana Katia	Carmen Merino 202	Jayanca
68	Rodríguez Bernilla Ceferino	Salas	Salas
69	Uriarte Santoyo Ada	Humedades Bajo	Salas
70	Ordoñez López Ana	Calle Cáceres Con 27 De noviembre	Salas
71	Quispe Limay manta Elva	Calle Cáceres - Entrando A Salas	Salas
72	Bances Severino Cinthia	Apurlet	Motupe
73	Guevara López Gustavo	Apurlet	Motupe
74	Tejada López Silvia Isabel	Cerro De La Vieja - Medalla Milagrosa	Motupe
75	Silva Dávila Ami Isabel	Colegio Cristo Rey	Motupe
76	Diaz Carlos Julián	San Agustín - Chochope	Motupe
77	Paico Diaz Esteban Manuel	Alan García - Chochope	Motupe
78	Leila Del Pilar Chira Castillo	caserío Sonolipe - Referencia Tercer Rompemuelles	Motupe

Fuente: Elaboración propia. Datos históricos de la empresa DD & D S. A. C.

Anexo 5: Zonas y puntos de recorrido para cada tipo de flota

Tipo de unidad	Capacidad (cajas)	Zona	Puntos
Flota liviana	500	J. L. O	1 --> 11
		Pomalca	12 --> 18
		Saltur - Pátapo - la cría	19 --> 27
Flota pesada de 1 eje	900	Lambayeque	28 --> 42
		Morrope	43 --> 49
		Jayanca	50 --> 67
		Salas - Motupe	68 --> 78

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Secuencia de las rutas muestreadas del mes de septiembre y octubre del 2022

Fecha	Código de Ruta	Secuencia
8/9/2022	L01	0 -> 2 -> 3 -> 1 -> 5 -> 4 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 19 -> 18 -> 21 -> 20 -> 23 -> 22 -> 24 -> 25 -> 27 -> 26 -> 0
15/9/2022	L02	0 -> 3 -> 2 -> 1 -> 5 -> 4 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 11 -> 10 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 19 -> 18 -> 21 -> 20 -> 23 -> 22 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
22/9/2022	L03	0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 5 -> 4 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 21 -> 20 -> 23 -> 22 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
29/9/2022	L04	0 -> 3 -> 2 -> 1 -> 4 -> 5 -> 6 -> 8 -> 7 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 15 -> 16 -> 13 -> 14 -> 18 -> 17 -> 19 -> 20 -> 21 -> 22 -> 23 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
06/10/2022	L05	0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 7 -> 8 -> 9 -> 6 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 15 -> 14 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 22 -> 20 -> 21 -> 23 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
13/10/2022	L06	0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 9 -> 7 -> 8 -> 6 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 20 -> 21 -> 22 -> 23 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
20/10/2022	L07	0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 20 -> 21 -> 22 -> 23 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 0
27/10/2022	L08	0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 5 -> 4 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13 -> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 21 -> 20 -> 23 -> 22 -> 24 -> 25 -> 26 -> 27 -> 27 -> 0
8/9/2022	P01	31 -> 28 -> 29 -> 30 -> 32 -> 33 -> 34 -> 35 -> 36 -> 37 -> 38 -> 39 -> 40 -> 41 -> 42 -> 43 -> 45 -> 47 -> 46 -> 44 -> 48 -> 55 -> 66 -> 57 -> 52 -> 49 -> 51 -> 50 -> 53 -> 58 -> 56 -> 54 -> 59 -> 60 -> 63 -> 62 -> 61 -> 64 -> 65 -> 67 -> 68 -> 69 -> 70 -> 71 -> 72 -> 73 -> 76 -> 75 -> 74 -> 77 -> 78 -> 0
15/9/2022	P02	30 -> 28 -> 29 -> 31 -> 32 -> 33 -> 34 -> 35 -> 36 -> 37 -> 38 -> 39 -> 40 -> 41 -> 42 -> 43 -> 45 -> 44 -> 46 -> 47 -> 48 -> 55 -> 66 -> 57 -> 52 -> 49 -> 50 -> 51 -> 53 -> 58 -> 56 -> 54 -> 59 -> 60 -> 63 -> 62 -> 61 -> 64 -> 65 -> 67 -> 68 -> 69 -> 70 -> 71 -> 72 -> 73 -> 76 -> 75 -> 74 -> 77 -> 78 -> 0
22/9/2022	P03	28 -> 30 -> 29 -> 31 -> 32 -> 33 -> 34 -> 35 -> 36 -> 37 -> 38 -> 39 -> 40 -> 41 -> 42 -> 43 -> 45 -> 44 -> 46 -> 47 -> 48 -> 55 -> 66 -> 57 -> 52 -> 49 -> 50 -> 51 -> 53 -> 58 -> 56 -> 54 -> 59 -> 60 -> 61 -> 62 -> 63 -> 64 -> 65 -> 67 -> 68 -> 69 -> 70 -> 71 -> 72 -> 73 -> 74 -> 75 -> 76 -> 77 -> 78 -> 0
29/9/2022	P04	30 -> 31 -> 33 -> 38 -> 40 -> 41 -> 29 -> 37 -> 32 -> 34 -> 35 -> 36 -> 39 -> 28 -> 42 -> 43 -> 45 -> 44 -> 47 -> 46 -> 48 -> 49 -> 50 -> 51 -> 52 -> 53 -> 54 -> 55 -> 56 -> 57 -> 58 -> 59 -> 60 -> 61 -> 62 -> 63 -> 64 -> 65 -> 66 -> 67 -> 69 -> 68 -> 70 -> 71 -> 72 -> 73 -> 74 -> 75 -> 77 -> 76 -> 78 -> 0

06/10/2022	P05	30-> 35-> 37-> 40-> 38-> 41-> 29-> 31-> 32-> 33-> 34-> 36-> 39-> 28-> 42-> 43-> 44 -> 45-> 47 -> 46-> 48 -55-> 66-> 57-> 52 -> 49-> 50-> 51-> 54-> 53-> 56-> 58-> 59-> 61-> 60-> 62-> 63-> 64-> 65 -> 72-> 69-> 68 ->78 -> 67-> 70-> 71-> 73-> 74-> 75-> 76-> 77 -> 78 -> 0
13/10/2022	P06	28 ->29-> 30-> 31 -> 32-> 33->34 ->35-> 36-> 37-> 38 -> 39-> 40-> 42-> 41-> 43-> 44 -> 45->46 -> 47-> 48 -> 50-> 49-> 51-> 52-> 53-> 54-> 55-> 56-> 57-> 58-> 59-> 60-> 61-> 62-> 64-> 63-> 65-> 66-> 67 ->68->69->70->71->72->73->74->75->77->76->78 -> 0
20/10/2022	P07	30-> 34-> 37-> 38-> 40-> 41-> 29-> 31-> 32-> 33-> 35-> 36-> 39-> 28-> 42-> 43-> 45 -> 44-> 47 -> 46-> 48 -55-> 66-> 57-> 52 -> 49-> 50-> 51-> 53-> 54-> 56-> 58-> 59-> 60-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65 -> 72-> 69-> 68 ->78 -> 67-> 70-> 71-> 73-> 74-> 75-> 76-> 77 -> 78 -> 0
27/10/2022	P08	28 ->29-> 30-> 31 -> 32-> 33->34 ->35-> 36-> 37-> 38 -> 39-> 40-> 41-> 42-> 43-> 44 -> 45->46 -> 47-> 48 -> 49-> 50-> 51-> 52-> 53-> 54-> 55-> 56-> 57-> 58-> 59-> 60-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65-> 66-> 67 ->68->69->70->71->72->73->74->75->76->77->78 -> 0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Promedio de precios del Diesel

Septiembre		Octubre	
Fecha	Precio (S/)	Fecha	Precio (S/)
1-Set	18,22	1-Oct	19,07
2-Set	18,23	2-Oct	19,08
3-Set	18,23	3-Oct	19,18
4-Set	18,23	4-Oct	19,22
5-Set	18,23	5-Oct	19,24
6-Set	18,23	6-Oct	19,26
7-Set	18,17	7-Oct	19,28
8-Set	18,17	8-Oct	19,31
9-Set	18,17	9-Oct	19,32
10-Set	18,17	10-Oct	19,35
11-Set	18,19	11-Oct	19,41
12-Set	18,2	12-Oct	19,43
13-Set	18,2	13-Oct	19,43
14-Set	18,2	14-Oct	19,45
15-Set	18,2	15-Oct	19,48
16-Set	18,2	16-Oct	19,48
17-Set	18,2	17-Oct	19,51
18-Set	18,2	18-Oct	19,56
19-Set	18,21	19-Oct	19,58
20-Set	18,21	20-Oct	19,55
21-Set	18,22	21-Oct	19,54
22-Set	18,24	22-Oct	19,53
23-Set	18,27	23-Oct	19,5
24-Set	18,27	24-Oct	19,47
25-Set	18,27	25-Oct	19,43
26-Set	18,27	26-Oct	19,38
27-Set	18,28	27-Oct	19,22
28-Set	18,31	28-Oct	19,12
29-Set	18,3	29-Oct	19
30-Set	18,3	30-Oct	19,55
PROMEDIO	18,23	PROMEDIO	19,36

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Costo real por consumo de combustible

Ruta	km recorridos	Consumo (l/100km)	Costo real
L01	124,5	25,85	S/124,48
L02	124,2	25,78	S/124,18
L03	124,2	25,78	S/124,14
L04	123,6	25,67	S/123,62
P01	363,5	95,6	S/460,42
P02	363,7	95,65	S/460,68
P03	363,6	95,63	S/460,59
P04	363,9	95,7	S/460,92
Total, de sobrecostos de septiembre			S/2 339,03
L05	123,8	25,69	S/131,40
L06	123,9	25,73	S/131,58
L07	123,9	25,7	S/131,58
L08	124,1	25,8	S/131,80
P05	370,7	97,49	S/498,65
P06	368,6	96,94	S/495,80
P07	370,8	97,51	S/498,72
P08	365,8	96,22	S/492,11
Total, de sobrecostos de octubre			S/2 511,64
Promedio			S/2 425,34

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Promedio de horas extras

Fecha	Horas normales de trabajo	Horas extras
8/09/2022	8	2
15/09/2022	8	1
22/09/2022	8	2
29/09/2022	8	2
8/09/2022	8	1,5
15/09/2022	8	2
22/09/2022	8	2
29/09/2022	8	1,5
06/10/2022	8	2
13/10/2022	8	2
20/10/2022	8	2
27/10/2022	8	2
06/10/2022	8	1,5
13/10/2022	8	2
20/10/2022	8	2
27/10/2022	8	2
Promedio		2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Costo real total mensual de mano de obra

N° de operario	Descripción	Horas de Trabajo	Costo mensual	Horas extras	Costo por horas extras	Costo total mensual
1	CHOFER 01	8,00	S/ 230,77	2	5	S/ 270,77
2	AYUDANTE 01	8,00	S/ 215,38	2	5	S/ 255,38
3	CHOFER 02	8,00	S/ 230,77	2	5	S/ 270,77
4	AYUDANTE 02	8,00	S/ 215,38	2	5	S/ 255,38
Total						S/ 1 052,31

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Costo por reprogramación de rutas del mes de septiembre y octubre

Mes	Fecha	Rutas	Kilómetros recorridos	Cantidad (L/ 100 km)	Costo de consumo	Costo M. O	Costo peaje	Costo total
Septiembre	8/09/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	85,6	17,77	S/ 85,59	S/ 111,54	S/	S/ 197,12
	15/09/2022						S/	-
	22/09/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	85,4	17,73	S/ 85,39	S/ 111,54	S/	S/ 196,92
	29/09/2022	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	195,82	40,65	S/ 195,79	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 314,62
	8/09/2022						S/	-
	15/09/2022	0 -> 26 ->27- > 76 -> 78 -> 0	160,54	33,3	S/ 160,51	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 279,35
	22/09/2022							
	29/09/2022	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	195,78	40,64	S/ 195,75	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 314,58
	Total, de septiembre							S/ 1 302,61
Octubre	06/10/222						S/	-
	13/10/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	85,59	17,77	S/ 90,88	S/ 111,54	S/	S/ 202,42
	20/10/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	85,75	17,80	S/ 91,05	S/ 111,54	S/	S/ 202,59
	27/10/2022	0 -> 26 ->27- > 76 -> 78 -> 0	160,58	33,34	S/ 170,50	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 289,34
	06/10/222	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	195,81	40,65	S/ 207,91	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 326,75
	13/10/2022						S/	-
	20/10/2022						S/	-
	27/10/2022	0 -> 26 ->27- > 76 -> 78 -> 0	160,65	33,35	S/ 170,58	S/ 111,54	S/ 7,30	S/ 289,42
	Total, de octubre							S/ 1 310,52
Promedio							S/ 1 306,56	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Dinero no repartido mensual por reprogramación de rutas

Fecha	RUTAS		Dinero no repartido
8/09/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	S/	1 328,00
22/09/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	S/	1 328,00
29/09/2022	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	S/	2 648,00
15/09/2022	0 -> 26 ->27-> 76 -> 78 -> 0	S/	3 096,00
29/09/2022	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	S/	2 648,00
TOTAL (septiembre)		S/	11 048,00
06/10/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	S/	1 328,00
13/10/2022	0 -> 26 ->27 -> 0	S/	1 328,00
20/10/2022	0 -> 26 ->27-> 76 -> 78 -> 0	S/	3 096,00
27/10/2022	0 -> 76 ->77 ->78 -> 0	S/	2 648,00
20/10/2022	0 -> 26 ->27-> 76 -> 78 -> 0	S/	3 096,00
TOTAL (octubre)		S/	11 496,00
Promedio		S/	11 272,00

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Costos operativos totales del mes de septiembre y octubre

	Indicadores	Mes	
		Septiembre	Octubre
No generan sobrecostos	Costos por peaje	S/29,20	S/29,20
	Costo por depreciación	S/1 116,67	S/1 116,67
	Costos de refrigeración vehicular	S/240,00	S/240,00
	Costo por mantenimiento	S/ 715,00	S/ 295,00
	Total, de los costos que no generan sobrecostos	S/2 100,87	S/1 680,87
Costos operativos			
Generan sobrecostos	Costos por mano de obra	S/1 052,31	S/1 052,31
	Costos por reprogramación	S/1 302,61	S/1 310,52
	Consumo de combustible	S/2 339,02	S/2 511,63
	Total, de los costos que generan sobre costos	S/4 693,94	S/4 874,45
	Costo total real	S/6 794,81	S/6 555, 32

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Costo de combustible de la actual ruta de distribución realizado a través de Google Maps del mes de septiembre

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN LIGERO							
Fecha: 22/09/2022 // Unidad: 01							
Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
JLO	0 ->1 -> 2 -> 3 ->5 -> 4-> 6-> 7-> 8-> 9 -> 10 ->11	22,58	4,69	S/22,58	21,00	4,36	S/21,00
Pomalca - Tumán	11-> 12 -> 13->14 -> 15-> 16-> 17-> 18	21,85	4,54	S/21,85	18,00	3,74	S/18,00
Saltur - Pucalá- Pátapo - La cría	18 -> 19-> 21 -> 20->23-> 22-> 24-> 25-> 26-> 27	34,70	7,20	S/34,69	27,80	5,77	S/27,80

Punto final	27 -> 0	45,03	9,35	S/45,02	45,00	9,34	S/44,99
TOTAL		124,16	25,78	S/124,14	111,8	23,2	S/111,78

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN LIGERO

Fecha: 29/09/2022 // Unidad: 01

Zona	Ruta	Km recorridos	Consumo (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
JLO	0 ->3 -> 2 -> 1 ->4 -> 5-> 6-> 8-> 7-> 9 -> 10 -> 11	22,5	4,67	S/22,50	20,30	4,21	S/ 20,3
Pomalca - Tumán	11 -> 12 -> 15->16 -> 13-> 14-> 18-> 17	21,8	4,53	S/21,80	18,70	3,88	S/ 18,7
Saltur - Pucalá- Pátapo - La cría	17->19-> 20 -> 21->22-> 23-> 24-> 25-> 26-> 27	34,3	7,12	S/34,29	30,40	6,31	S/ 30,4
Punto final	27 -> 0	45,04	9,35	S/45,03	45,00	9,34	S/ 45,0
TOTAL		123,64	25,66	S/123,62	114,4	23,7	S/ 114,4

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN PESADO - 1 EJE

Fecha: 22/09/2022 // Unidad 02

Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
Lambayeque - Medianía	28 ->30-> 29-> 31 ->32-> 33->34 ->35-> 36-> 37-> 38 -> 39-> 40-> 41-> 42	37,9	9,97	S/48,01	34,5	9,07	S/43,70
Morrope	42-> 43-> 45 -> 44->46 -> 47-> 48 -> 49	32,85	8,64	S/41,61	29,8	7,84	S/37,75

Jayanca	55-> 66-> 57-> 52 -> 49-> 50-> 51-> 53-> 58-> 56-> 54-> 59-> 60-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65-> 67	72,4	19,04	S/91,70	67	17,62	S/84,86
Salas - Motupe	67->68->69->70->71->72->73->74->75->76->77->78	120,53	31,70	S/152,67	115,6	30,40	S/146,42
Punto final	78 -> 0		26,29	S/126,60	98	25,77	S/124,13
		99,95					
TOTAL		363,63	95,63	S/460,59	344,9	90,71	S/436,86

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN PESADO - 1 EJE

Fecha: 29/09/2022 // Unidad 02

Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
Lambayeque - Medianía	30-> 31-> 33-> 38-> 40-> 41-> 29-> 37-> 32-> > 34-> 35-> 36-> 39-> 28-> 42	37,4	9,8362	S/47,37	30,3	7,9689	S/38,38
Morrope	42-> 43-> 45 -> 44-> 47 -> 46-> 48 -> 49	32,82	8,63166	S/41,57	29,8	7,8374	S/37,75
Jayanca	49-> 50-> 51-> 52-> 53-> 54-> 55-> 56-> 57-> > 58-> 59-> 60-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65-> 66-> 67	74,02	19,46726	S/93,76	68,2	17,9366	S/86,38
Salas - Motupe	67->69->68->70->71->72->73->74->75-> >77->76->78	119,65	31,46795	S/151,55	110,67	29,10621	S/140,18
Punto final	78 -> 0	100	26,3	S/126,66	98	25,774	S/124,13
TOTAL		363,89	95,70307	S/460,92	S/336,97	S/88,62	S/426,82

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Costo de combustible de la actual ruta de distribución realizado a través de Google Maps del mes de octubre

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN LIGERO							
Fecha: 20/10 // Unidad: 01							
Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100 km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
JLO	0 ->1-> 2 -> 3->4 -> 5-> 6-> 7-> 8-> 9 -> 10->11	22,6	4,69	S/ 24,00	20,00	4,15	S/ 21,24
Pomalca - Tumán	11-> 12 -> 13->14 -> 15-> 16-> 17-> 18	21,80	4,53	S/ 23,15	18,00	3,74	S/ 19,11
Saltur - Pucalá- Pátapo - La cría	18 ->19-> 20 -> 21->22 -> 23-> 24-> 25-> 26-> 27	34,5	7,16	S/ 36,63	31,30	6,50	S/ 33,23
Punto final	27 -> 0	45,02	9,35	S/ 47,80	45,00	9,34	S/ 47,78
TOTAL		123,92	25,73	S/ 131,6	114,30	23,73	S/ 121,36

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN LIGERO							
Fecha: 27/10 // Unidad 01							
Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
JLO	0 ->1 -> 2 -> 3 ->5 -> 4-> 6-> 7-> 8-> 9 -> 10 ->11	22,55	4,68	S/ 23,94	21,00	4,36	S/ 22,30
Pomalca - Tumán	11-> 12 -> 13->14 -> 15-> 16-> 17-> 18	21,82	4,53	S/ 23,17	18,00	3,74	S/ 19,11
Saltur - Pucalá- Pátapo - La cría	18 ->19-> 21 -> 20->23-> 22-> 24-> 25-> 26-> 27	34,75	7,21	S/ 36,90	27,80	5,77	S/ 29,52

Punto final	27 -> 0	45,01	9,34	S/ 47,79	45,00	9,34	S/ 47,78
TOTAL		124,13	25,77	S/ 131,8	111,8	23,21	S/ 118,7

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN PESADO - 1 EJE

Fecha: 20/10/2022 //Unidad: 02

Zona	Ruta	Km recorridos	Cantidad de Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
Lambayeque - Medianía	30-> 34-> 37-> 38-> 40-> 41-> 31-> 32-> 33-> 35-> 36-> 28-> 42	44,6	11,73	S/ 59,99	38,5	10,13	S/ 51,79
Morrope	42-> 43-> 45 -> 44-> 47 -> 46-> 49	32,87	8,64	S/44 ,20	29,8	7,84	S/ 40,09
Jayanca	55-> 66-> 57-> 52 -> 49-> 50-> 53-> 54-> 56-> 58-> 59-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65-> 67	72,6	19,09	S/ 97,66	67	17,62	S/ 90,13
Salas - Motupe	67 - > 72-> 69-> 68 ->78 -> 70-> 71-> 73-> 74-> 75-> 76-> > 78	120,7	31,74	S/ 162,36	115	30,25	S/ 154,69
Punto final	78 -> 0	99,98	26,29	S/ 134,49	98	25,77	S/ 131,83
TOTAL		370,75	97,51	S/498,72	348,3	S/91,60	S/468,52

COSTOS POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL CAMIÓN PESADO - 1 EJE

Fecha: 27/10/2022 // Unidad: 02

Zona	Ruta	Km recorridos	Diesel consumido (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar
Lambayeque - Medianía	28 ->29-> 30-> 31 -> 32-> 33->34 ->35-> 36-> 37-> 38 -> 39-> 40-> 41-> 42	38	9,99	S/51,12	34,6	9,10	S/ 46,54
Morrope	42-> 43-> 44 -> 45->46 -> 47-> 48 -> 49	32,86	8,64	S/ 44,20	29,8	7,84	S/ 40,09

Jayanca	49-> 50-> 51-> 52-> 53-> 54-> 55-> 56-> 57-> 58-> 59-> 60-> 61-> 62-> 63-> 64-> 65-> 66-> 67	74,08	19,48	S/ 99,65	68,2	17,94	S/ 91,74
Salas - Motupe	67->68->69->70->71->72->73->74->75->76->77->78	120,9	31,80	S/162,63	115,6	30,40	S/ 155,50
Punto final	78 -> 0	100	26,30	S/ 134,52	98	25,77	S/ 131,83
TOTAL		365,84	96,21592	S/ 492,11	346,2	91,0506	S/ 465,69

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Sobrecostos en el consumo de combustible por ruta

Ruta	Km recorridos	Consumo (l/100km)	Costo real	Km recorridos estándar	Consumo estándar (l/100km)	Costo estándar	Sobrecostos
L01	124,5	25,8	S/124,50	113,7	23,6	S/113,70	S/10,80
L02	124,2	25,8	S/124,20	113,8	23,6	S/113,80	S/10,40
L03	124,2	25,8	S/124,10	111,8	23,2	S/111,80	S/12,40
L04	123,6	25,7	S/123,60	114,4	23,7	S/114,40	S/9,20
P01	363,5	95,6	S/460,40	343,8	90,4	S/435,50	S/25,00
P02	363,7	95,7	S/460,70	338,6	89,1	S/428,90	S/31,80
P03	363,6	95,6	S/460,60	344,9	90,7	S/436,90	S/23,70
P04	363,9	95,7	S/460,90	337	88,6	S/426,80	S/34,10
Total, de sobrecostos de septiembre			S/ 2 339,02			S/ 2 181,70	S/157,32
L05	123,8	25,7	S/131,40	113,9	23,6	S/120,90	S/10,50
L06	123,9	25,7	S/131,60	114,3	23,7	S/121,40	S/10,20

L07	123,9	25,7	S/131,60	114,3	23,7	S/121,40	S/10,20
L08	124,1	25,8	S/131,80	111,8	23,2	S/118,70	S/13,10
P05	370,7	97,5	S/498,60	348,2	91,6	S/468,40	S/30,20
P06	368,6	96,9	S/495,80	347,3	91,3	S/467,20	S/28,60
P07	370,8	97,5	S/498,70	348,3	91,6	S/468,50	S/30,20
P08	365,8	96,2	S/492,10	346,2	91,1	S/465,70	S/26,40
Total, de sobrecostos de octubre			S/ 2 511,63			S/ 2 352,21	S/159,42
Promedio			S/ 2 425,33			S/ 2 266,96	S/158,37

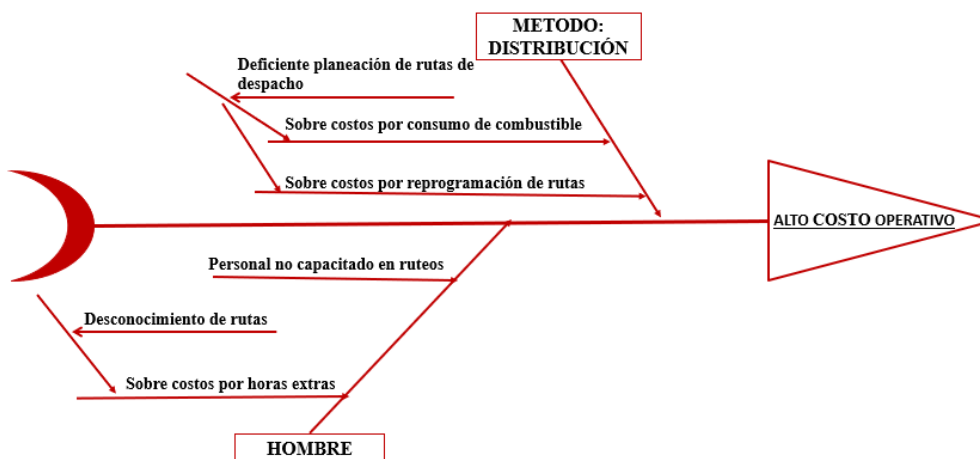
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Sobrecostos por mano de obra

N° operario	Descripción	Horas de trabajo	Costo real	Costo estándar	Sobre costos
1	Chofer 01	8,00	S/ 270,77	S/ 230,77	S/ 40,00
2	Ayudante 01	8,00	S/ 255,38	S/ 215,38	S/ 40,00
3	Chofer 02	8,00	S/ 270,77	S/ 230,77	S/ 40,00
4	Ayudante 02	8,00	S/ 255,38	S/ 215,38	S/ 40,00
TOTAL			S/ 1 502,31	S/ 892,31	S/ 160,00

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 19: Encuesta de Matriz de priorización

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN					Versión				
					Fecha:				
Con la siguiente escala califique cada una de las preguntas marcando con un "x" según su criterio de significancia									
					Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
					5	4	3	2	1
Área:	Transporte								
Item	Aspectos	Calificación							
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo			
Planeación de rutas de despacho									
1	Para Ud. Que tan importante es trabajar con procedimientos.								
3	Con qué frecuencia NO recibe una hoja de ruta de despacho establecida.								
4	Con qué frecuencia experimentas retrasos en la entrega de mercancía debido a una planificación inadecuada de las rutas de despacho.								
5	Para Ud. Que tan importante es contar con una hoja de ruta de despacho.								
Incumplimiento de rutas de despacho									
6	Con que frecuencia se incumple con el cronograma de entrega de productos.								
Necesidades de capacitación en optimización de rutas									
7	Con que frecuencia NO recibe Ud. Capacitación en optimización de rutas en esta organización.								
8	Para Ud. Que tan importante es la capacitación del personal.								
Sugerencias y comentarios									
9	Si ha recibido capacitación, ¿Qué temas han sido tratados?								
10	Si no ha recibido capacitación, ¿Qué temas desconoce?								
Mantenimiento									
11	Con que frecuencia experimenta retrasos por falta de mantenimiento de los vehiculos								

Fuente: Elaboración propia en base a [26]

Anexo 20: Análisis de encuesta

Encuestados	Causas			
	Personal no capacitado en ruteos	Deficiente planeación de rutas de despacho	Incumplimiento de rutas	Falta de mantenimiento
Operario 01	5	5	5	1
Operario 02	5	4	5	1
Operario 03	5	5	5	1
Operario 04	5	3	5	1
Total	19	17	19	4

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21: 5 ¿por qué?

Problema	Personal no capacitado en ruteos	
	Nivel del problema	Nivel de solución
5 ¿Por qué?	¿Por qué el personal no está capacitado en ruteos?	Porque no se ha brindado capacitación
	¿Por qué no se ha brindado capacitación?	Porque no se tomó conciencia de la importancia de la formación del personal
	¿Por qué no se tomó conciencia de la importancia de la formación del personal?	Porque no se evaluaron las habilidades y necesidades de capacitación
	¿Por qué no se evaluaron las habilidades y necesidades de capacitación?	Porque no había un responsable para realizar dicha evaluación
	¿Por qué no había un responsable para realizar dicha evaluación?	Porque no se lleva a cabo un proceso formal de planes de capacitación
Solución	Elaborar un plan de capacitación en ruteos	
Problema	Deficiente planeación de rutas de despacho	
	Nivel del problema	Nivel de solución
5 ¿Por qué?	¿Por qué el personal no cuenta con una ruta de despachos?	Porque las entregas se retasan
	¿Por qué las entregas se retrasan?	Porque no hay una ruta estándar establecida
	¿Por qué no hay una ruta estándar?	Porque hay una falta de tecnología
	¿Por qué hay una falta de tecnología?	Porque la empresa no utiliza un sistema de gestión de rutas
	¿Por qué la empresa no utiliza un sistema de gestión de rutas?	Porque la empresa no está al tanto de las ventajas de usar tecnología avanzada para la planificación de rutas
Solución	Capacitar a los encargados sobre el uso del nuevo software	

Fuente: Elaboración propia en base a [26]

Anexo 22: Ventajas y desventajas de los modelos, heurísticas, y algoritmos utilizados para la optimización de rutas

MODELOS				
Comparación	Número	VRP	TRANSPORTE	TRANSBORDO
Características	A	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un depósito central - Cuenta con flota homogénea - Cada cliente es visitado una única vez - Atiende clientes dispersos gráficamente - La carga debe ser transportada por vehículos de transporte sin sobrepasar su capacidad máxima de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza varias fuentes - Varios destinos - Envíos directos 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza varias fuentes - Varios destinos - Envíos directos
	B	Las consideraciones incluyen las características del cliente, el almacén, el vehículo y las restricciones operativas.	Minimiza el costo de la cantidad de carga que debe transportarse de cada origen a cada destino	Economiza mediante el envío por nodos intermedios
	C	Considera restricciones operativas relacionados con las rutas, que pueden ser, heterogéneas, abiertas, ventanas de tiempo y pick up and delivery.	Tiene en cuenta el grado de oferta y demanda, así como el costo del envío de mercancías a cada lugar	Considera los nodos de oferta, demanda, e intermedios considerando a su vez cantidad, costo de transporte
Ventajas	A	Minimiza el tiempo total de transporte.	Minimiza el tiempo total involucrado a las cantidades transportadas.	
	B	Minimiza el costo total de operación.	Minimiza el costo global de transporte en relación con los volúmenes transportados.	Utiliza nodos intermedios para reducir costos.
	C	Minimiza la distancia recorrida.	Reduce el número de rutas de aplicación viables.	Se escoge la ruta más viable de entre todas las que se tiene.

Desventajas	A	Los periodos de espera y la búsqueda de transbordos son necesarios para las largas distancias.	No aporta criterios que permitan evaluar los resultados sobre si se llega o no solución óptima.	Existe la posibilidad de que las rutas para la entrega de las mercancías sean inadecuadas o que su capacidad esté limitada.
	B	El tráfico afecta los costos relativos a los clientes ya que podría afectar la fidelización por no priorizar atención	No considera los costos de transporte	Hay posibilidad de que el costo por llevar al nodo intermedio sea más alto que el de transporte directo.
HEURISTICAS				
Comparación	Ítem	VECINO MAS PRÓXIMO	INSERCCIÓN	CLARKE WRIGHT
Características	A	Ciclo hamiltoniano con bajos costos, bajo el criterio del vértice más cercano	Se construyen ciclos con vértices contados para posteriormente extenderlos y formar nuevos vértices.	Se ahorra en distancias recorridas con la eliminación de aquellas por exceso
	B	Por cada paso se selecciona la alternativa más conveniente.	Define el mínimo de las distancias de un vértice (v) a todos los vértices del ciclo, así como la distancia de v al ciclo.	Identificar una forma de reducir el coste del transporte.
	C	El modelo calcula la distancia total de los puntos que están cerca del lugar de partida.	Adapta la ruta a los clientes que encuentre en el camino	Resta la distancia que se puede ahorrar para obtener la distancia total desde la posición inicial hasta el punto de destino.
Ventajas	A	Inicia seleccionando aristas de bajo costo.	Tiene más efectividad que el vecino más próximo.	Minimiza el número de vehículos empleados
	B	Son muy fáciles de aplicar	Son fáciles de aplicar	Son medianamente fáciles de aplicar.
	C	Maneja un amplio rango de restricciones	-	-
Desventajas	A	La solución que ofrece es la más alejada del óptimo	Otorga una solución más lenta que la del vecino próximo	No ofrecerá la solución óptima, pero sí una buena.

	B	Selecciona la mejor opción sin tomar en cuenta iteraciones posteriores.	Debido a la frecuente dispersión de los últimos consumidores, las últimas rutas construidas son excesivamente caras.	-
ALGORITMOS HEURISTICOS				
Comparación	Ítem	BUSQUEDA TABU	K - OPT	BARRIDO
Características	A	Utiliza un sistema de memoria con una estructura basada en listas tabú y métodos de selección del siguiente movimiento.	Ubica a los clientes con la finalidad de mantenerlos consecutivos	Método que asigna nodos y volúmenes de mercancía a rutas
	B	Localiza una solución global sin quedar atrapado en un óptimo local	Llega a una solución k-óptima, utilizando k-intercambios.	Determina el orden de los nodos en la ruta de forma que se reduzca al mínimo la distancia o el tiempo de recorrido.
	C	Utiliza estructuras de memorias para escapar de los óptimos locales	El HKLB suele tener un recorrido del 3% sobre la heurística de mejora 3-opt.	Optimiza la elección de la posición inicial del rayo de “barrido”, y el tamaño angular de las franjas resultantes.
Ventajas	A	Permite aplicar estrategias de intensificación y diversificación	Se aceptan cambios que afecten a la función objetivo y los adapta para encontrar una solución	El método es sencillo para realizar cálculos manuales
	B	Utiliza la memoria para salir de óptimos locales.	Ayuda a la heurística para descubrir la mejor respuesta	Se realizan paradas para disminuir distancias.
	C	Sencillo de implementar	La trayectoria puede mejorarse de forma incremental comparando su solución con las cercanas.	Cuando no hay restricciones de tiempo, los vehículos son del mismo tamaño y cada volumen de paradas representa sólo una pequeña parte de la capacidad de vehículos, esta estrategia funciona bien.
Desventajas	A	Es imposible calibrar su proximidad a la solución ideal.	En el peor de los casos, el tiempo de ejecución de 2 opciones resultará en	No maneja una buena sincronización

			un tamaño de recorrido que es menos del 5% mayor que el HKLB.	
	B	La eficiencia de su desarrollo en todos los casos no es buena ya que dependerá del tipo de problema	Los resultados se ven afectados por valores superiores a 2 ó 3 intercambios.	Solo es aplicable cuando las distancias son similares
Complejidad	A	La complejidad que posee es $O(N^4 \times N^3 T)$, donde N^4 es el número máximo de soluciones del vecindario a analizar.	El algoritmo permite hacer cambios costosos. Lleva un tiempo de orden de O	La complejidad es baja. La complejidad total es $O(n \log n)$.

Fuente: Elaboración propia en base a [15]

Anexo 23: Problema, solución y resultados de los antecedentes bibliográficos basados en la optimización de rutas

N°	Antecedentes	Problema	Solución	Resultados
1	Título: Una formulación para el problema de ruteo de vehículos con tiempos de viaje dependientes del tiempo para la actualización de rutas con información en tiempo real Autor: Ebensperger, M	Su ruteo de vehículos utiliza velocidades constantes, sin considerar ventanas de tiempo	Modelo: Problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada (CVRP) Heurística: Clark and Wriqth y mejoramiento local	Reducción de un 24.9 % de los costos totales menor que considerando las velocidades constantes
2	Título: Formulación de un modelo de ruteo de vehículos para una comercializadora y distribuidora de alimentos del norte del valle del cauca Autores: Montaña L; Rodríguez A	La empresa no cumple con cabalidad los servicios brindados a sus clientes, presentando demoras y altos costos operativos.	Modelo: Problema de ruteo con vehículos capacitados (CVRP) Heurísticas: Clark and Wriqth y barrido Software: UTM	A través de la comparativa entre del barrido el método del ahorro, con la solución original encontrada en la implantación del CVRP este último se obtiene un costo inferior de \$74.663.

3	<p>Título: Optimización de rutas para el transporte de personal de una empresa usando algoritmo de Clarke y Wright</p> <p>Autor: Atoche, W.</p>	Presenta demora de tiempo en que los trabajadores se transportan de sus hogares a su centro de trabajo.	<p>Modelo: Problema de ruteo de vehículos (VRP)</p> <p>Heurística: Clark and Wright</p>	El ahorro fue de 12 252 Km; lo que representó el 12% menos que el valor actual de recorrido anual.
4	<p>Título: Solución de problemas de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad usando la teoría de grafos</p> <p>Autor: Correa, A.</p>	El proceso de asignación de rutas se realiza bajo criterio y de acuerdo con la demanda.	<p>Modelo: Problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada (CVRP) utilizando Teoría de grafos</p> <p>Software: Grafos</p>	Se obtuvo un ahorro del 21.9 % en una disminución de \$4, 800,000 en los costos fijos.
5	<p>Título: Plan de mejora de almacén y planificación de las rutas de transporte de una distribuidora de productos de consumo masivo</p> <p>Autor: Silva, M.</p>	Realiza una elección de rutas de distribución basado en la experiencia y criterio del chofer de cada unidad de transporte y el conocimiento de cada una de las zonas.	<p>Modelo: Problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada (CVRP)</p> <p>Heurísticas: Clark and Wright</p> <p>Software: VRP Solver</p>	Se redujo la distancia recorrida en un 25,68%, representando 18% de tiempo de traslado, por lo que sería un valor no muy significativo.
6	<p>Título: Modelo de ruteo de transporte para la distribución de productos cárnicos</p>	Hay sobrecostos asociados a tiempos de ruta altos.	<p>Modelo: Problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada (CVRP)</p> <p>Heurísticas: Clark and Wright</p> <p>Software: VRP Solver</p>	Se redujo distancias en un 22.58%, con respecto al enrutamiento empírico inicial

Fuente: Elaboración propia en base a [28]

Anexo 24: Matriz de criterios de los antecedentes bibliográficos

Antecedente	1	2	3	4	5	6
Criterios						
Minimiza costos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Flotas homogéneas	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Envío directo	SI	NO	SI	NO	SI	SI
Cuenta con un solo deposito	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Los clientes son visitados por única vez	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Capacidad del vehículo asociada con la demanda	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Productos homogéneos	SI	SI	-	-	SI	SI
Amplio rango de restricciones	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Número de clientes	> 1	> 1	>1	>1	>1	>1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Pronósticos de la demanda histórica de cada cliente de la empresa DD & D S. A. C.

Cliente	Demanda Histórica								Pronóstico	
	2022				2023				2024	
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
CL001	10	13	11	7	9	15	12	8	10	14
CL002	12	16	11	8	10	16	11	7	11	16
CL003	11	15	10	7	6	15	12	8	9	15
CL004	12	16	10	8	11	16	11	7	12	16
CL005	12	14	10	6	11	16	11	7	12	15
CL006	13	14	8	7	12	15	10	5	13	15
CL007	10	16	6	7	9	12	8	6	10	14
CL008	13	14	5	5	12	15	6	5	13	15
CL009	14	16	5	6	15	16	6	5	15	16
CL10	12	16	5	4	12	15	4	5	12	16
CL11	14	15	7	5	15	16	6	5	15	16
CL12	13	16	8	6	13	15	9	5	13	16
CL13	11	16	8	5	13	14	9	5	12	15
CL14	11	14	10	7	6	15	12	8	9	15
CL15	12	14	10	6	11	16	11	7	12	15
CL16	10	14	6	7	9	14	8	6	10	14
CL17	14	16	7	5	13	15	6	5	14	16
CL18	12	14	11	7	11	14	12	8	12	14
CL19	13	15	11	7	12	14	12	8	13	15
CL20	11	15	11	7	12	16	12	8	12	16
CL21	13	16	8	7	12	14	10	5	13	15
CL22	13	14	8	5	13	17	9	5	13	16
CL23	13	16	6	5	12	16	8	5	13	16
CL24	12	14	6	5	15	16	8	5	11	15
CL25	11	15	10	7	6	12	12	8	9	14
CL26	12	14	10	6	11	16	11	7	12	15

CL27	15	17	10	8	13	15	11	7	14	16
CL28	13	16	12	6	13	16	11	6	13	16
CL29	12	16	11	5	12	15	11	5	12	16
CL30	13	15	5	5	12	16	6	5	13	16
CL31	11	14	10	7	6	13	12	8	9	14
CL32	13	14	11	7	12	14	12	8	13	14
CL33	12	14	10	6	11	16	11	7	12	15
CL34	13	15	8	7	12	15	10	5	13	15
CL35	15	15	9	5	12	15	10	5	14	15
CL36	12	14	10	5	14	16	11	5	13	15
CL37	14	16	10	4	16	16	11	3	15	16
CL38	11	15	10	4	14	17	11	5	13	16
CL39	10	12	11	7	9	14	12	8	10	13
CL40	13	14	8	7	12	15	10	5	13	15
CL41	13	16	8	5	13	15	9	5	13	16
CL42	12	16	6	5	15	16	8	5	11	16
CL43	13	15	8	7	12	15	10	5	13	15
CL44	12	14	10	5	14	15	11	5	13	15
CL45	14	16	5	6	15	16	6	5	15	16
CL46	10	12	11	7	9	16	12	8	10	14
CL47	10	12	6	7	9	12	8	6	10	12
CL48	12	14	6	5	15	16	8	5	14	15
CL49	14	16	5	5	15	16	6	5	15	16
CL50	15	17	6	5	15	16	6	5	15	17
CL51	14	16	6	5	15	16	5	5	15	16
CL52	14	17	6	5	14	16	5	5	14	16
CL53	15	16	7	5	13	16	6	5	11	17
CL54	14	16	7	5	13	16	6	5	14	16
CL55	12	14	10	8	13	16	11	7	13	15
CL56	15	16	9	5	12	14	10	5	14	15
CL57	12	14	10	6	11	16	11	7	12	15
CL58	10	13	11	7	9	12	12	8	10	13
CL59	13	16	6	5	15	18	8	5	14	17
CL60	16	17	12	6	13	15	11	6	15	16
CL61	13	14	8	5	13	16	9	5	13	15
CL62	10	12	6	7	9	14	8	6	10	13
CL63	12	19	5	7	11	15	7	6	12	17
CL64	16	18	7	6	15	17	7	6	16	18
CL65	16	18	8	4	14	17	7	6	15	17
CL66	14	16	11	7	9	14	14	8	15	17
CL67	14	16	11	7	9	14	14	8	12	15
CL68	12	16	6	5	15	15	8	5	14	16
CL69	11	14	10	7	6	12	12	8	9	13
CL70	15	16	9	5	12	14	10	5	14	15
CL71	14	15	6	5	14	16	5	5	11	16
CL72	10	14	6	7	9	12	8	6	10	13
CL73	13	17	8	5	13	15	9	5	13	16

CL74	14	16	7	5	13	15	6	5	14	16
CL75	14	16	11	7	12	16	12	8	13	16
CL76	13	16	8	7	12	17	10	5	13	17
CL77	14	17	6	7	13	17	6	5	14	17
CL78	16	15	5	5	12	17	6	5	14	16

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Longitud y latitud de cada punto de entrega

Punto de entrega	Latitud	Longitud	Punto de entrega	Latitud	Longitud
0	-6,7952	-79,8555	40	-6,7028	-79,9138
1	-6,7659	-79,8197	41	-6,7017	-79,9159
2	-6,7643	-79,8199	42	-6,7030	-79,9023
3	-6,7778	-79,8422	43	-6,5377	-80,0137
4	-6,7492	-79,8453	44	-6,5408	-80,0155
5	-6,7649	-79,8214	45	-6,5413	-80,0129
6	-6,7588	-79,8216	46	-6,4655	-79,9587
7	-6,7590	-79,8300	47	-6,5113	-79,9598
8	-6,7610	-79,8232	48	-6,4870	-79,9574
9	-6,7593	-79,8201	49	-6,4845	-79,9627
10	-6,7601	-79,8268	50	-6,3886	-79,8213
11	-6,7597	79,8212	51	-6,3886	-79,8211
12	-6,7686	-79,7834	52	-6,3955	-79,8239
13	-6,7666	-79,7803	53	-6,3935	-79,8238
14	-6,7677	-79,7802	54	-6,3957	-79,8232
15	-6,7479	-79,7019	55	-6,3955	-79,8226
16	-6,7479	-79,7019	56	-6,3952	-79,8225
17	-6,7481	-79,7031	57	-6,3974	-79,8234
18	-6,7713	-79,7906	58	-6,3789	-79,8112
19	-6,8149	-79,6400	59	-6,3342	-79,7651
20	-6,8176	-79,6417	60	-6,3329	-79,8331
21	-6,8126	-79,6380	61	-6,3636	-79,8331
22	-6,7842	-79,6034	62	-6,3643	-79,8297
23	-6,7376	-79,6305	63	-6,3719	-79,7655
24	-6,7374	-79,6311	64	-6,3743	-79,7677
25	-6,7374	-79,6298	65	-6,3913	-79,8234
26	-6,7423	-79,5420	66	-6,392	-79,8241
27	-6,7357	-79,5417	67	-6,3336	-79,7650
28	-6,6866	-79,9064	68	-6,2746	-79,6080
29	-6,6999	-79,9013	69	-6,2995	-79,6950
30	-6,6973	-79,9030	70	-6,2750	-79,6077
31	-6,6970	-79,9029	71	-6,1539	-79,7080
32	-6,7007	-79,9122	72	-6,1543	-79,7082
33	-6,6983	-79,909	73	-6,2091	-79,7042

34	-6,6980	-79,9100	74	-6,1536	-79,7094
35	-6,7090	-79,9092	75	-6,1569	-79,6482
36	-6,7037	-79,9095	76	-6,1570	-79,6477
37	-6,7078	-79,8996	77	-6,1569	-79,6474
38	-6,7007	-79,9133	78	-6,1783	-79,6666
39	-6,7009	-79,9150			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Interfaz VRP Solver de la flota liviana y pesada

The screenshot shows the VRP Solver interface with two data tables and control panels. The left table lists 28 customers with their coordinates and demands. The right table lists 29 customers with their coordinates and demands. Below the tables are control panels for 'Truck Capacity' and 'Truck Distance Limit' for both light and heavy fleet configurations.

Cust #	Longitude	Latitude	Demand
1	-6.765	-79.855	0
2	-6.766	-79.82	14
3	-6.764	-79.82	16
4	-6.778	-79.842	15
5	-6.749	-79.845	16
6	-6.765	-79.821	15
7	-6.769	-79.822	15
8	-6.759	-79.83	14
9	-6.761	-79.823	15
10	-6.759	-79.82	16
11	-6.76	-79.827	16
12	-6.76	-79.821	16
13	-6.769	-79.783	16
14	-6.767	-79.78	15
15	-6.768	-79.78	15
16	-6.748	-79.702	15
17	-6.748	-79.702	14
18	-6.748	-79.703	16
19	-6.771	-79.791	14
20	-6.815	-79.64	15
21	-6.818	-79.642	16
22	-6.813	-79.638	15
23	-6.784	-79.603	16
24	-6.738	-79.631	16
25	-6.737	-79.631	15
26	-6.737	-79.63	14
27	-6.742	-79.542	15
28	-6.736	-79.542	16

Cust #	Longitude	Latitude	Demand
1	-6.765	-79.855	0
2	-6.687	-79.906	16
3	-6.7	-79.901	16
4	-6.687	-79.903	16
5	-6.687	-79.903	14
6	-6.701	-79.912	14
7	-6.698	-79.909	15
8	-6.688	-79.91	15
9	-6.709	-79.909	15
10	-6.704	-79.91	15
11	-6.708	-79.9	16
12	-6.701	-79.913	16
13	-6.701	-79.915	13
14	-6.703	-79.914	15
15	-6.702	-79.916	16
16	-6.703	-79.902	16
17	-6.538	-80.014	15
18	-6.541	-80.016	15
19	-6.541	-80.013	16
20	-6.486	-79.959	14
21	-6.511	-79.96	12
22	-6.487	-79.957	15
23	-6.485	-79.963	16
24	-6.389	-79.821	17
25	-6.389	-79.821	16
26	-6.396	-79.824	16
27	-6.394	-79.824	17
28	-6.396	-79.823	16
29	-6.396	-79.823	15

Fuente: Elaboración propia

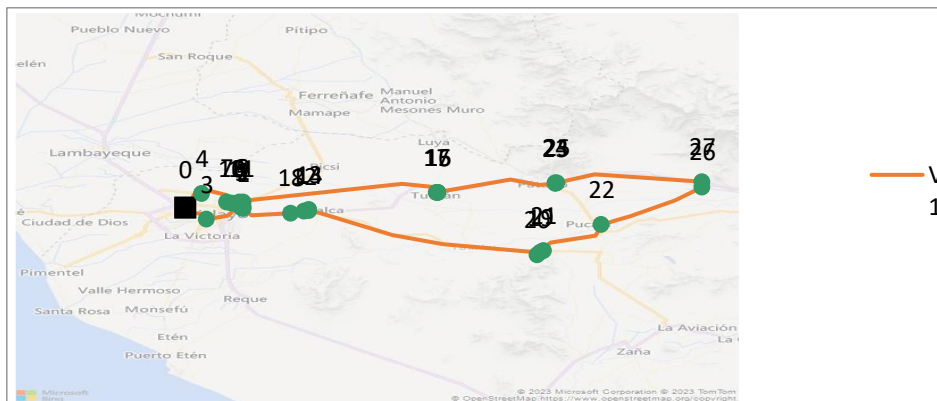
Anexo 28: Resultado del VRP Solver Spreadsheet de la flota liviana y pesada

Liviana		
0	deposito	0.00
1	Cliente3	3.45
2	Cliente5	6.63
3	Cliente2	6.89
4	Cliente1	7.13
5	Cliente18	11.25
6	Cliente12	12.41
7	Cliente13	13.00
8	Cliente14	13.24
9	Cliente19	31.15
10	Cliente20	31.87
11	Cliente21	32.72
12	Cliente22	38.92
13	Cliente26	48.85
14	Cliente27	49.72
15	Cliente25	60.30
16	Cliente24	60.47
17	Cliente23	60.57
18	Cliente17	69.76
19	Cliente16	70.08
20	Cliente15	70.08
21	Cliente9	86.03
22	Cliente11	86.24
23	Cliente6	86.46
24	Cliente8	86.79
25	Cliente10	87.43
26	Cliente7	87.97
27	Cliente4	91.21
28	deposito	93.93

Pesado		
44	Cliente7	240.62
45	Cliente11	241.29
46	Cliente12	241.52
47	Cliente14	241.75
48	Cliente13	242.07
49	Cliente5	242.48
50	Cliente9	243.08
51	Cliente8	244.22
52	deposito	253.67

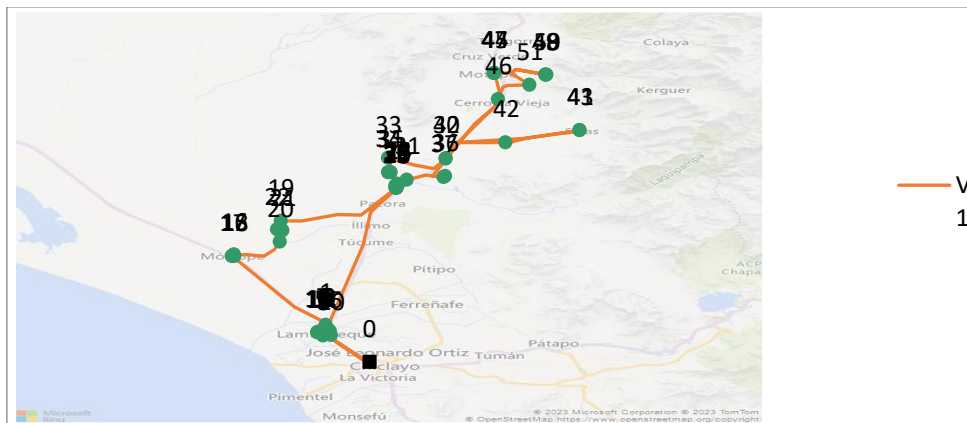
Fuente: VRP Solver Spreadsheet

Anexo 29: Grafo proporcionado por VRP Solver Spreadsheet



Fuente: Resultado del VRP Solver Spreadsheet de la flota pesada

Anexo 30: Grafo proporcionado por VRP Solver Spreadsheet



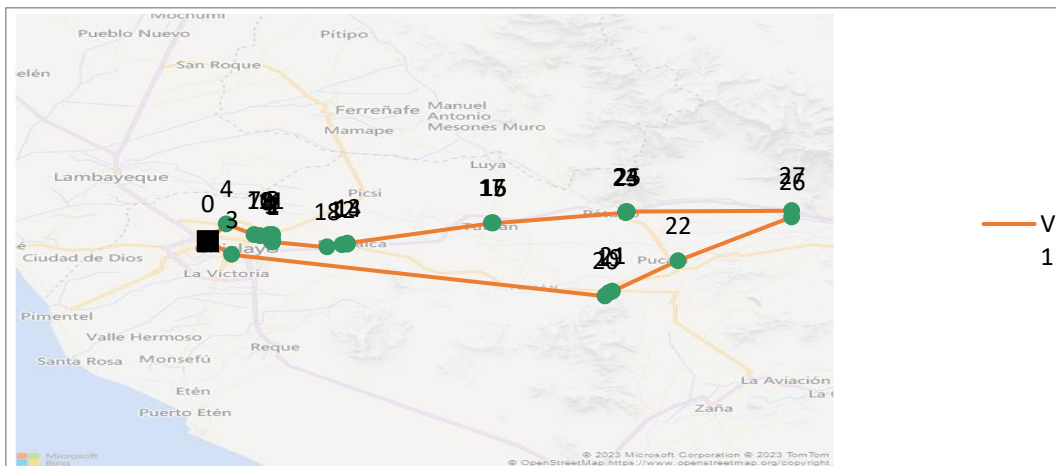
Fuente: Resultado del VRP Solver Spreadsheet de la flota pesada

Anexo 31: Resultados del VRP Solver Spreadsheet para la flota liviana con Clark and Wrighth

Liviana			Pesada		
0	deposito	0.00	48	Cliente13	242.07
1	Cliente4	0.02	49	Cliente5	242.48
2	Cliente7	0.04	50	Cliente9	243.08
3	Cliente10	0.04	51	Cliente8	244.22
4	Cliente8	0.04	52	deposito	253.67
5	Cliente6	0.05			
6	Cliente3	0.05			
7	Cliente11	0.05			
8	Cliente2	0.05			
9	Cliente5	0.06			
10	Cliente1	0.06			
11	Cliente18	0.09			
12	Cliente12	0.09			
13	Cliente14	0.10			
14	Cliente13	0.10			
15	Cliente17	0.18			
16	Cliente16	0.18			
17	Cliente15	0.18			
18	Cliente23	0.25			
19	Cliente24	0.25			
20	Cliente25	0.25			
21	Cliente27	0.34			
22	Cliente26	0.35			
23	Cliente22	0.42			
24	Cliente21	0.47			
25	Cliente19	0.47			
26	Cliente20	0.47			
27	Cliente3	0.68			
28	deposito	0.69			

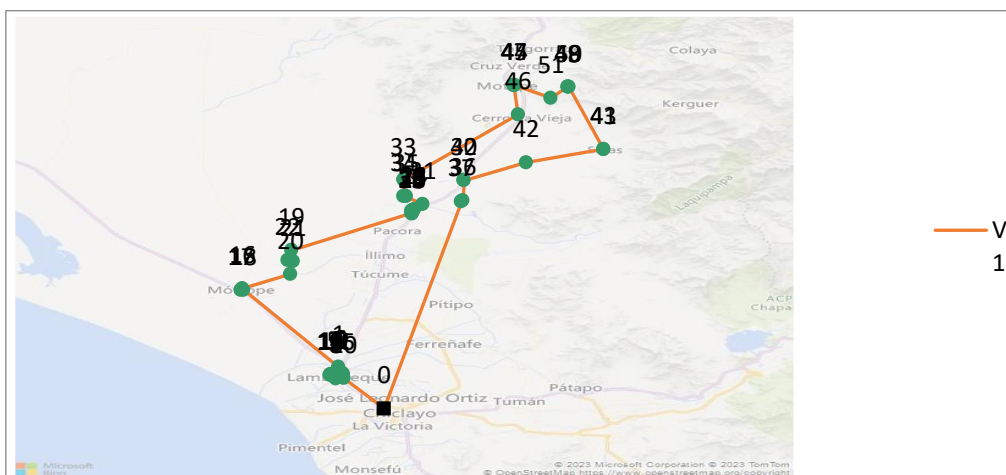
Fuente: VRP Solver Spreadsheet

Anexo 32: Grafo de la flota liviana con Clark and Wrighth



Fuente: VRP Solver Spreadsheet

Anexo 33: Grafo de la flota pesada con Clark and Wrighth



Fuente: VRP Solver Spreadsheet

Anexo 34: Costo por consumo de combustible de los vehículos

Ruta	km recorridos	Consumo (l/100km)	Costo de la propuesta
L00	69	14,32	S/ 70,35
P00	171	44,97	S/ 220,87

Fuente: Elaboración propia

Anexo 35: Programas de capacitación de los módulos

Nombre del curso	Módulo 1: Introducción a la Optimización de Rutas
Objetivo de tema	Proporcionar a los participantes una comprensión fundamental de qué implica la optimización de rutas y la relevancia para su trabajo y para la organización en general.
Tiempo	1 hora
Contenido	Definición y conceptos básicos de optimización de rutas.
	Beneficios de la optimización de rutas en la reducción de costos operativos.

	Actividades		Técnica instructiva	Documento técnico
	Expositor	Equipo		
Presentación del expositor	Saludo y aclaración de dudas	Participación de los participantes con preguntas al instructor	Expositiva	Plumón, Lapicero y hoja bond
Nombre del curso	Módulo 2: Planificación de rutas eficientes			
Objetivo de tema	Proporcionar a los participantes las habilidades y conocimientos necesarios para diseñar y ejecutar rutas de manera eficiente.			
Tiempo	1 hora			
Contenido	Métodos y estrategias para planificar rutas eficientes			
	Utilización de herramientas y software de planificación de rutas.			
	Actividades		Técnica instructiva	Documento técnico
	Expositor	Equipo		
Presentación del expositor	Dar a conocer para que es importante, para qué sirve y como utilizarlo. Aclaración de dudas	Participación de los operarios con preguntas al instructor	Expositiva	plumón, Lapicero y hoja bond
Nombre del curso	Módulo 3: Consideraciones de tiempos y horarios			
Objetivo de tema	Proporcionar las habilidades y conocimientos necesarios para optimizar el uso del tiempo, asegurando que las operaciones se ejecuten de manera eficiente y puntual.			
Tiempo	1 horas			
Contenido	Planificación del tiempo de viaje y cumplimiento de horarios.			
	Actividades		Técnica instructiva	Documento técnico
	Expositor	Equipo		
Presentación del expositor	Familiarizar a los operarios con el uso adecuado de las hojas de rutas de transporte.	Participación de los operarios con preguntas al instructor	Expositiva	plumón, Lapicero y hoja bond

	Diseñar ejercicios y actividades prácticas que ayuden a los participantes a planificar horarios y rutas de entrega de manera eficiente.			
Nombre del curso	Módulo 4: Gestión de Combustible y Mantenimiento de Vehículos			
Objetivo de tema	Proporcionar a los participantes las habilidades y conocimientos necesarios para gestionar eficazmente el consumo de combustible y el mantenimiento de vehículos en el contexto de las operaciones de transporte.			
Tiempo	2 horas			
Contenido	Estrategias para reducir el consumo de combustible.			
Presentación del expositor	Actividades		Técnica instructiva	Documento técnico
	Expositor	Equipo	Expositiva	plumón, Lapicero y hoja bond
	Proporcionar ejemplos de estrategias mediante ejercicios prácticos. Resolución de dudas	Participación de los participantes con preguntas al instructor		

Fuente: Elaboración propia en base a [36]

Anexo 36: Resumen de los costos de las propuestas

Resumen de costos	Inversión	Costo	Costo anual	Depreciación
Propuesta 1				
Instalación del software	S/ 2 000,00			
Capacitación del uso del software	S/ 1 500,00			
Computadora	S/ 5 000,00			S/1 250,00
Propuesta 2				
Capacitador en introducción de rutas		S/ 1 000,00	S/ 2 000,00	
Capacitador externo en planificación de rutas eficientes		S/ 1 550,00	S/ 3 100,00	
Capacitador externo en software y optimización de rutas		S/ 1 500,00	S/ 3 000,00	
Capacitador externo en gestión de combustible		S/ 2 000,00	S/ 4 000,00	
TOTAL	S/8 500,00	S/6 050,00	S/12 100,00	S/1 250,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 37: Gastos administrativos y ventas

Descripción	cantidad total	Gasto unitario (S/)	Gasto total (S/)
Plumones de pizarra	4	S/2,00	S/8,00
Lapiceros	6	S/0,50	S/3,00
Papel A4-80 gramos (paquete)	1	S/12,00	S/12,00
TOTAL			S/23,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 38: Beneficios por la implementación del software

Implementación del software	Antes de la mejora	Después de la mejora	Ahorro
Consumo de combustible	S/ 2 425,33	S/ 978,79	S/ 1 446,54
Costos por mano de obra (Horas extras)	S/ 1 052,31	S/ 892,31	S/ 160,00
Costos por reprogramación	S/ 1 306,56	S/ 130,66	S/ 1 175,91
TOTAL, mensual	S/ 4 784,20	S/ 2 001,76	S/ 2 782,44
TOTAL, anual			S/ 33 389,32

Fuente: Elaboración propia

Anexo 39 Beneficios por capacitación al personal

Capacitación al personal	Antes de la mejora	Después de la mejora	Ahorro
Capacitador externo en planificación y optimización de rutas	S/ 2 358,87	S/ 1 462,50	S/ 896,37
Capacitador externo en software y optimización de rutas			
Capacitador externo en gestión de combustible	S/ 2 425,33	S/ 2 061,53	S/ 363,80
TOTAL, mensual	S/ 4 784,20	S/ 3 524,03	S/ 1 260,1703
TOTAL, anual			S/ 15 122,04

Fuente: Elaboración propia

Anexo 40: Carta de aceptación**CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA DISTRIBUIDORA DD&D**

Chiclayo, 01 de junio del 2022

Ing. Marco Baca López

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad católica Santo toribio de Mogrovejo – Chiclayo

De nuestra especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted con la finalidad de hacer de su conocimiento que la Srta. Mariela Donatila Villanueva Malca, identificada con DNI 72003096, estudiante de la escuela de ingeniería industrial ha sido **ADMITIDA** para realizar su tesis en nuestra empresa. Por ello, que nos comprometemos a brindarle la información que requiera durante el periodo que sea necesario y que pueda concluir satisfactoriamente su investigación.

Atentamente



Grte. General Richard Cruzado

Distribuidora DDYD

Cel. 991498284