

Optimización del Proceso de Distribución para Ecolube SAS en la ciudad de
Bogotá

Elaborado por:

Tania Vanessa Lopez Perez

Maryory Vanessa Alvarez Narvaez

Juan David Molaes Saavedra

Universidad Ean

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Especialización

Bogotá

29/09/2023

Resumen

Ecolube es una empresa de aceites eco-amigables con componentes de alta tecnología ECOTEC para automotores, agro e industria, para mejorar su eficiencia y minimizar los costos de distribución en la ciudad de Bogotá, es necesario proponer una metodología optima en términos de transporte para cumplir con la satisfacción de los clientes.

Primero, es importante hacer una referenciación con otras empresas de la industria, para identificar practicas apropiadas en términos de distribución y que puedan implementarse en ECOLUBE, una vez hecho este estudio, es necesario optimizar la asignación de vehículos de transporte, donde se evaluarán variables de distancia, capacidad, y el tipo de vehículo necesario para cada ruta, teniendo en cuenta, las restricciones del tráfico de la ciudad; otra estrategia que se evaluará es establecer acuerdos de logística colaborativa con empresas de transporte externas, lo que ayuda a la compañía en momentos de alta demanda, a reducir costos. Estas medidas permitirán a la empresa a minimizar costos, mejorar la eficiencia operativa, garantizando la entrega oportuna y eficiente de los productos a sus clientes.

La estrategia propuesta para ECOLUBE con el objetivo de mejorar la eficiencia y minimizar los costos de distribución en la ciudad de Bogotá es sólida y se enfoca en satisfacer las necesidades de los clientes. Aquí se presenta una conclusión resumida de la metodología propuesta:

- Referenciación con otras empresas de la industria: Este primer paso es esencial para aprender de las mejores prácticas de la industria. Identificar lo que funciona en términos de distribución en empresas similares proporcionará a ECOLUBE información valiosa sobre cómo optimizar sus operaciones.
 - Optimización de la asignación de vehículos de transporte: Evaluar variables como la distancia, la capacidad y el tipo de vehículo necesario para cada ruta es fundamental. Esto garantiza que los recursos se utilicen de manera eficiente y que las entregas se realicen de manera oportuna, lo que a su vez reduce costos y mejora la satisfacción del cliente.
 - Acuerdos de logística colaborativa: La búsqueda de acuerdos con empresas de transporte externas permite a ECOLUBE ser flexible y eficiente, especialmente en momentos de alta demanda. Esto es esencial para mantener los niveles de servicio y, al mismo tiempo, reducir costos al compartir recursos y rutas.
 - La implementación de estas medidas permitirá a ECOLUBE no solo minimizar costos de distribución, sino también mejorar la eficiencia operativa en la entrega de sus productos eco-amigables con tecnología ECOTECH. Al priorizar la satisfacción del cliente a través de entregas oportunas y eficientes, ECOLUBE puede fortalecer su posición en el mercado y cumplir con su compromiso ambiental de proporcionar productos sostenibles.

La realización de entrevistas a los colaboradores de ECOLUBE es una parte fundamental de este proceso de mejora en la distribución y logística. Al conocer de primera mano las experiencias y perspectivas de los empleados, la empresa puede obtener información valiosa que puede ayudar a optimizar sus operaciones. Aquí hay algunas conclusiones clave relacionadas con la realización de entrevistas a los colaboradores:

- Conocimiento interno: Las entrevistas brindan una visión interna de cómo funcionan actualmente las operaciones de distribución de ECOLUBE. Esto es esencial para comprender los procedimientos existentes y los posibles cuellos de botella.
 - Identificación de problemas y cuellos de botella: Los colaboradores pueden señalar áreas problemáticas o cuellos de botella que quizás no sean evidentes desde una perspectiva de gestión. Estas observaciones son valiosas para abordar los desafíos y mejorar la eficiencia.
 - Opiniones y sugerencias de mejora: Los empleados pueden aportar ideas para optimizar los procesos y procedimientos. Su participación activa en la identificación de soluciones puede generar un sentido de propiedad y compromiso con la mejora continua.

Palabras clave: Capacidad, Logística, Estrategias, Distribución, Costos, Restricciones, optimización, acuerdos, implementación.

Problema de Investigación.

La decisión de ECOLUBE de modernizar y consolidar sus operaciones en un mercado altamente competitivo como el de la distribución de combustibles en Bogotá, Colombia, demuestra una estrategia audaz y enfocada en la excelencia. Al llevar a cabo una modernización de infraestructura y establecer una flota de abastecimiento y despacho, junto con la distribución directa de productos, la empresa ha tomado medidas significativas que pueden tener un impacto positivo en su posición en el mercado y la satisfacción del cliente. Aquí hay algunas conclusiones clave relacionadas con esta estrategia:

- **Control y personalización:** La distribución directa de productos permite a ECOLUBE tener un control completo sobre la cadena de suministro y la calidad del servicio. Esto le brinda la capacidad de personalizar las entregas según las necesidades de los clientes, lo que puede ser un diferenciador en un mercado competitivo.
- **Reducción de intermediarios:** Al eliminar intermediarios, ECOLUBE puede reducir costos y mejorar la eficiencia en sus operaciones. Esto puede llevar a una mayor competitividad en términos de precios y margen de beneficio.
- **Modernización y actualización:** La inversión en infraestructura y flota refleja un compromiso con la mejora continua y la adopción de tecnología de vanguardia, lo que puede aumentar la eficiencia y la capacidad de respuesta a la demanda del mercado.

- Satisfacción del cliente: La capacidad de ofrecer un servicio más personalizado y eficiente puede mejorar la satisfacción del cliente, lo que es esencial en un mercado con numerosas opciones. Los clientes satisfechos tienden a ser leales y recomiendan los servicios.

Según el estudio de Martínez y Marulanda (2019) junto a Fedesarrollo y FENDIPETRÓLEO Nacional-SOLDICOM, la distribución minorista de combustibles líquidos automotores en Colombia presenta desafíos y contras significativos. Entre estos, se destacan la alta competencia en el mercado, lo que puede reducir los márgenes de beneficio para los minoristas, y las regulaciones gubernamentales estrictas que supervisan este sector, lo que impone costos adicionales y procedimientos complicados para los distribuidores; estos desafíos reflejan la complejidad y la necesidad de un enfoque cuidadoso en la distribución de combustibles líquidos en Colombia, en este caso en la ciudad de Bogotá.

La empresa enfrenta obstáculos logísticos considerables debido a la extensa geografía de la ciudad y la congestión del tráfico, lo que requiere una estrategia sólida para optimizar su distribución. En este contexto, surge la necesidad de proponer una metodología de distribución de transporte que le permita a la compañía asegurar un crecimiento sostenible y una presencia competitiva en el mercado de lubricantes en el país.

Los antecedentes del mercado de lubricantes en Colombia revelan una industria en constante evolución. Según el estudio realizado por Ramírez (2016), el sector de lubricantes en el país ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas. Este aumento se ha atribuido a factores como el aumento de la actividad

industrial y automotriz, así como a la creciente conciencia sobre la importancia de mantener adecuadamente los equipos y vehículos. Además, se ha observado una mayor demanda de lubricantes de alta calidad debido a los avances tecnológicos en maquinaria y motores.

Cabe resaltar que la distribución hace referencia al traslado de productos de un lugar a otro, hasta que llegue al cliente final; se puede determinar que es una red con un conjunto de nodos viajando por varios vínculos entre dichos nodos, en la mayoría de ciudades se requieren de estos vínculos para que exista el flujo de las mercaderías, razón por la cual es importante utilizar métodos que coadyuven dentro de la cadena de abastecimiento a este tipo de procesos siendo uno de los más complejos dentro del flujo. Las eficiencias dentro de las redes de distribución se ven afectadas por temas externos como el tráfico vial, pero existen otro tipo de factores que pueden ser analizados y evaluados para una adecuada ejecución del ruteo de las flotas de transporte, cumpliendo con los tiempos de entrega y proporcionando un nivel de servicio a los clientes más satisfactorio (Chopra & Meindi, 2008).

En la actualidad las empresas enfrentan retos en términos de eficiencia, costos y experiencia al cliente, ante estas condiciones es importante gestionar las cadenas de suministro en todos sus eslabones (Jaimes, 2019), hecho por el cual el presente trabajo de investigación se encuentra dirigido a mejorar las operaciones en términos de distribución para la empresa ECOLUBE dentro de la ciudad de Bogotá, ya que en la actualidad, debido a la expansión que desarrollo en el año 2022, enfrenta algunas limitaciones logísticas para distribuir los productos dentro de la ciudad, debido a la congestión del tráfico, la distribución de los productos es costosa y poco eficiente, esta

situación impide que la empresa llegue a sus clientes de forma oportuna afectando la venta directa, el servicio personalizado y su reputación, lo que podría disminuir las ventas y la participación en el mercado que ha logrado en el transcurso de los años.

La distribución de productos a través de varios medios de transporte se ha convertido en parte estratégica dentro de las organizaciones, debido a la estructura metodológica que se emplea en ella, en este sentido el proceso de distribución es uno de los eslabones importantes que permite una mejor prestación del servicio al cliente, generando competitividad en el mercado; la programación de las redes de transporte se dificulta, debido al flujo de pedidos y al déficit de la malla vial en la ciudad, por ende, es necesario encontrar herramientas de apoyo para facilitar el proceso y así optimizar los costos de la operación, asegurando niveles de servicio (Moreno, Arango, Serna, & Zapata, 2020).

Los estudios que involucran temas de distribución han incrementado en los últimos años, queriendo lograr un equilibrio entre los márgenes de utilidad y la satisfacción del cliente final, lo que ha obligado a las empresas de diferente actividad económica a desarrollar metodologías en términos logísticos, que abarca temas como el de distribución por diferentes vías, resaltando la importancia de la programación de las flotas de vehículos por medio de rutas estratégicas que optimicen la entrega de pedidos y que lleguen al cliente en tiempos más eficientes (Lazaro, Meza, & Torres, 2022).

Para poder identificar el proceso de distribución en ECOLUBE, se expone la flota de abastecimiento, conformada por 3 tipos de vehículos que son:

1. **Camiones cisterna:** Son los vehículos utilizados para transportar grandes cantidades de productos líquidos y a granel como combustibles, lubricantes y aditivos.
2. **Camionetas de reparto:** Utilizadas para entregas de menor escala en zonas urbanas, para clientes minoristas y mayoristas.
3. **Furgonetas de reparto:** Similar a las camionetas de reparto, pero con un tamaño más pequeño, son usadas para entregas en áreas más congestionadas o de difícil acceso.

Ilustración 1. Flota de vehículos ECOLUBE



Fuente: (Ecolube, 2023).

Los vehículos cubren las entregas de ventas que aumentan para la empresa; el crecimiento de las ventas refleja la gestión comercial, pero dificulta la distribución logística hacia los clientes, ya que los vehículos de transporte no están optimizados en su capacidad máxima, lo que lleva a un mayor consumo de combustible y aumento en los costos operativos, y los tiempos de entrega son prolongados, lo que afecta la satisfacción del cliente, siendo importante para la compañía porque los clientes primordiales se han convertido en distribuidores para la empresa.

Tabla 1. Ganancias brutas y operacionales.

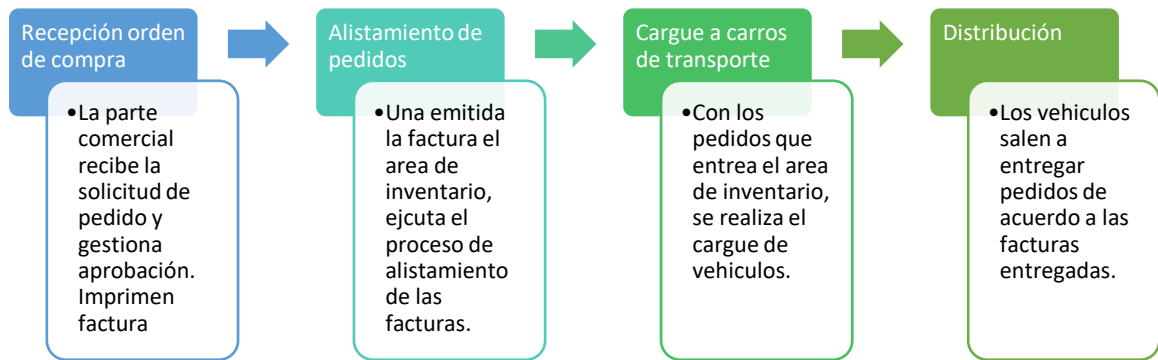
Costos ganancia bruta vs operacional	2020	2021	2022	ENERO- AGOSTO 2023
Ingresos de actividades ordinarias	\$ 3.195.762.296,00	\$ 4.384.883.560,00	\$ 4.800.890.000,00	\$ 3.201.393.333,33
Costo de ventas	\$ 2.722.239.443,00	\$ 3.727.382.814,00	\$ 4.166.390.236,10	\$ 2.778.402.290,73
Ganancia bruta	\$ 473.522.853,00	\$ 657.500.746,00	\$ 634.499.763,90	\$ 422.991.042,60
	2020	2021	2022	ENERO- AGOSTO 2023
Gastos de ventas	\$ 90.622.735,00	\$ 110.712.820,00	\$ 120.530.680,00	\$ 88.353.786,67
Gastos de administración	\$ 382.114.044,00	\$ 405.267.707,00	\$ 435.125.390,00	\$ 290.881.193,33
Ganancia operacional	\$ 786.074,00	\$ 141.520.219,00	\$ 78.843.693,90	\$ 43.756.062,60
Total de los gastos de operación logística	\$ 472.736.779,00	\$ 515.980.527,00	\$ 555.656.070,00	\$ 379.234.980,00
		INDICADOR		
	Total operaciones 2021- 2022	\$ 1.071.636.597,00		
	Aumento operativo año 2022	\$ 39.675.543,00		
	% de aumento	4%		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se evidencia que, aunque las ventas aumentaron, las ganancias operacionales disminuyeron; la cadena de suministro la que más operaciones ejecuta en el proceso, donde se evidencia un aumento de los costos del 4% en las operaciones logísticas comparando el año 2021 y 2022.

Se puede identificar dentro del flujo, el procesamiento de pedidos que se describe en la ilustración 2:

Ilustración 2. Procesamiento de pedidos.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro del procesamiento del pedido los operarios realizan un alistamiento de pedidos en donde se incluyen los productos de las líneas de ECOLUBE relacionados a continuación:

- **Lubricantes ecológicos:** Aceites y lubricantes biodegradables amigables con el medio ambiente para uso industrial y automotriz.
- **Productos de limpieza ecológicos:** Detergentes, desengrasantes, y limpiadores multiusos.
- **Revestimientos protectores:** productos para proteger y prolongar la vida útil de las superficies
- **Aditivos para combustibles:** Productos que mejoran la eficiencia y reduce las emisiones de los motores de combustión interna, como aditivos para gasolina y Diesel.
- **Productos para la agricultura sostenible:** fertilizantes orgánicos, bioestimulantes y productos para el control biológico de plagas y enfermedades de agricultura.

- **Soluciones de energía renovable:** Productos y sistemas relacionados con la generación de energía solar y eólica.

Los tiempos aproximados desde la emisión de la orden de compra y el vehículo sale de la empresa puede tardar aproximadamente 35 minutos, y los pedidos preparados en promedio de a la semana son 47 como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Numero de pedidos por mes en el año 2022.

MES	NUMERO DE PEDIDOS
Enero	168
Febrero	225
Marzo	275
Abril	225
Mayo	168
Junio	214
Julio	197
Agosto	135
Septiembre	154
Octubre	195
Noviembre	199
Diciembre	259
Total	2414

Fuente: Elaboración propia.

La empresa cuenta con 494 clientes en Bogotá, que pueden realizar sus requerimientos cualquier día de la semana de acuerdo a la necesidad que ellos tenga en su momento, es decir que pueden hacer pedidos de volúmenes grandes o pequeños, razón por la cual los arribos de pedido en el área comercial generan colas, adicionalmente no se evalúan criterios como de volumen, zona y días de entrega, para ejecutar una prioridad en el alistamiento y así mismo en la entrega, debido a esto la carga de los camiones puede tardar, o se ejecutan cargas inadecuadas a los mismos, generando que la distribución se realice de forma tardía y el incumplimiento en las

entregas, por ende, la insatisfacción a los clientes. Entre los clientes a los que más se despachan pedidos por mes se pueden mencionar los que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Principales clientes de ECOLUBE en Bogotá.

ITEM	CLIENTES	PEDIDOS AÑO	PROMEDIO PEDIDOS MES
1	GLOBAL ALL FILTERS SAS	222	19
2	HEREDIA PULIDO PATRICIA	189	16
3	NEWPLANET GROUP SAS	121	10
4	GUZMAN BERMUDEZ DIEGO GILBERTO	118	10
5	GERMOR MAQUINAS Y SERVICIOS S.A.S	64	5
6	TECNOLUBRICANTES POWER SAS	54	5
7	MUÑOZ JOSE GILBERTO	53	4
8	CARCENTER SERVICE SAS	48	4
9	MOLYCHEM COLOMBIA LTDA	38	3
10	PARADA BEATRIZ	38	3
11	SOLANO EDGAR FABIO	34	3
12	BELTRAN LOZADA LUIS GILDARDO	31	3
13	LUBRISOL DE COLOMBIA LTDA	31	3

Fuente: (Ecolube, 2023).

Con el fin de cumplir al cliente, se está incurriendo en pago de horas extras, ya que los vehículos de transporte están empezando las rutas sobre las 3 p.m. y el trabajo de la operación logística es hasta las 5:00 p.m.; la empresa cuenta con 7 colaboradores en la operación logística, 3 auxiliares de bodega, un analista de inventario y 3 conductores los cuales están terminando la operación sobre las 07:00 de la noche, representando dos horas en pago de horas extras por cada colaborador, teniendo en cuenta esto, se puede determinar que se genera un sobre costo de \$547.277,23 como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Horas extras operación logística.

	SALARIO		HORA EXTRA	HORAS SEMANAL C/U	PAGO MENSUAL HE
CONDUCTOR 1	\$ 1.800.000,00	\$ 7.500,00	\$ 1.875,00	10	\$ 75.000,00
CONDUCTOR 2	\$ 1.800.000,00	\$ 8.910,89	\$ 2.227,72	10	\$ 89.108,91
CONDUCTOR 3	\$ 1.800.000,00	\$ 8.910,89	\$ 2.227,72	10	\$ 89.108,91
AUXILIAR DE BODEGA	\$ 1.340.000,00	\$ 6.633,66	\$ 1.658,42	10	\$ 66.336,63
AUXILIAR DE BODEGA	\$ 1.340.000,00	\$ 6.633,66	\$ 1.658,42	10	\$ 66.336,63
AUXILIAR DE BODEGA	\$ 1.340.000,00	\$ 6.633,66	\$ 1.658,42	10	\$ 66.336,63
ANALISTA DE INVENTARIO	\$ 1.920.000,00	\$ 9.504,95	\$ 2.376,24	10	\$ 95.049,50
TOTAL	\$ 5.940.000,00			TOTAL	\$ 547.277,23
				% DE SOBRE COSTO	9%

Fuente: (Ecolube, 2023).

El sobre costo es del 9% del salario total, siendo este uno de los factores que atribuye al aumento de costos de la operación, debido al desorden en la planeación de la distribución de las rutas de transporte, ya que los vehículos no siempre completan las cargas o cuando las completan empiezan las rutas demasiado tarde.

Inicialmente no se puede establecer los costos únicamente del proceso de distribución, porque la empresa no cuenta con información al detalle de cada eslabón de la cadena de abastecimiento, los datos con los que cuenta son los operacionales, correspondientes a todo el flujo de la cadena, sin desconocer que después de la conformación de la flota de abastecimiento y despacho, los gastos operacionales aumentaron, razón por la cual este será uno de los primeros pasos a desarrollar dentro del material de investigación para identificar el costeo de distribución de ECOLUBE y así poder identificar la optimización de los costos.

Adicionalmente la falta de alianzas estratégicas con proveedores de transporte confiables y eficiente contribuye al aumento de costos operativos en el transporte, dejando de lado temas de enfoque estratégico que abarca desde el principio a fin, la logística colaborativa en términos de operaciones para los suministros entre los clientes y proveedores (Rico & Pineda, 2020).

Por lo tanto, es necesario establecer un sistema eficiente de distribución que le permita a ECOLUBE, minimizar los tiempos de entrega, reducir los costos operativos y aumentado la satisfacción de los clientes. Para esto se formula la siguiente pregunta.

¿Cómo puede ECOLUBE optimizar el proceso de distribución de transporte en Bogotá, para minimizar costos, mejorar la eficiencia operativa, garantizar la entrega puntual y efectiva de los productos a los clientes?

Objetivos

Objetivo general

Proponer una metodología optima de distribución de transporte en ECOLUBE, que minimice los costos, mejore la eficiencia operativa, garantice una entrega puntual y efectiva de los productos a los clientes en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos.

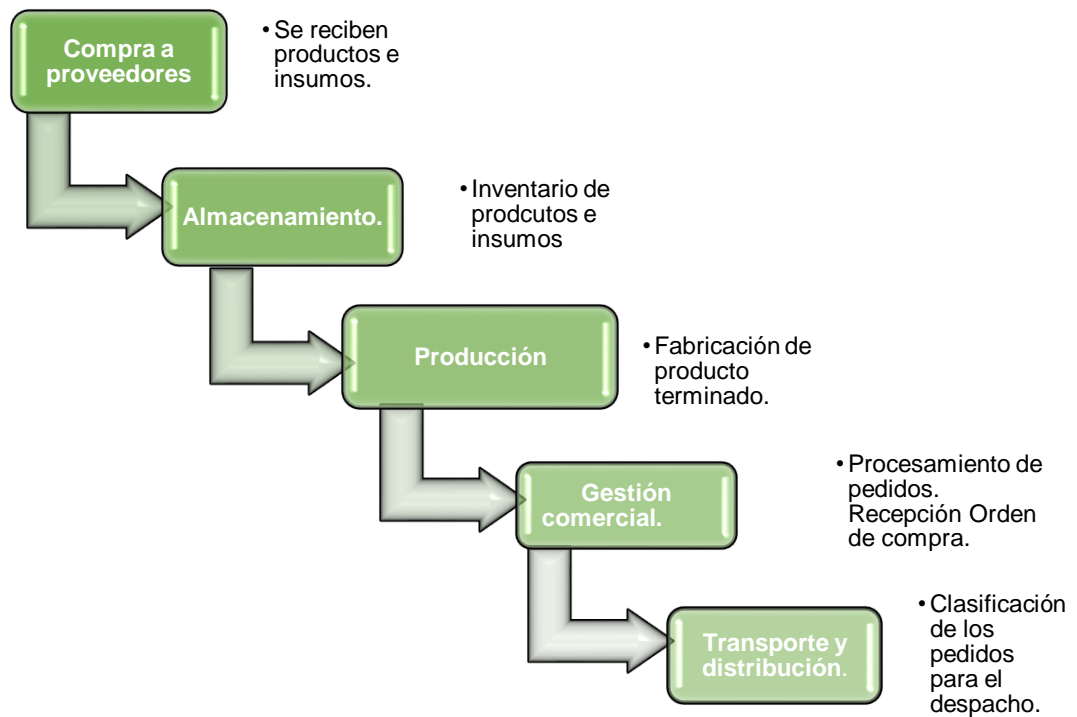
- Investigar, analizar y comparar diferentes metodologías utilizadas en otras empresas dedicadas al proceso de transporte, evaluando y recolectando información a través de referenciación.

- Construir un plan de transporte eficiente para entregar los productos, mediante rutas de distribución adecuadas, que permita minimizar costos en el proceso de transporte.
- Realizar un estudio y evaluar alianzas estratégicas con proveedores de transporte confiables y eficientes para generar logística colaborativa en la distribución de los productos de ECOLUBE.

Justificación

En los últimos años la empresa ha crecido constantemente, por ello se requiere alcanzar la eficiencia dentro de sus procesos operativos, desarrollando una integración del proceso de distribución con todo el flujo de la cadena de suministro de la compañía, el cual se describe en la ilustración 3, aquí se puede observar los eslabones que comprende desde el proceso de compras, almacenamiento, producción, gestión comercial, transporte y distribución; siendo el último el que permite que el producto llegue al cliente final.

Ilustración 3. Flujo de la cadena de abastecimiento ECOLUBE.



Fuente: (Ecolube, 2023).

El proceso de distribución de la empresa consiste en recibir pedidos de los clientes, preparar los productos y asignarlos a los vehículos de transporte, sin embargo, el proceso de distribución no cuenta con:

- Planificación de ruta de la mercancía donde se pueda determinar la más eficiente de acuerdo con los pedidos que se despachan.
- Evaluación de factores como el tráfico, la distancia de los clientes y capacidades de carga.
- Consolidación de carga, para optimizar la flota de vehículos existentes.
- Alianzas estratégicas de logística colaborativa.

Estas son algunas deficiencias de ECOLUBE en su proceso de distribución, enfrentando a demoras en la entrega de los pedidos a sus clientes por la falta de

gestión en sus rutas de transporte; por la falta de optimización, los vehículos no aprovechan al máximo su capacidad, generando aumento en el consumo de combustible y en los costos operativos del proceso, lo que lo hace poco eficiente.

La propuesta de una metodología basada en modelos matemáticos para optimizar el proceso de distribución de Ecolube en el mercado de lubricantes en Bogotá es una iniciativa estratégica que puede aportar beneficios significativos a la empresa. Aquí se resumen algunas de las razones fundamentales por las cuales esta metodología es relevante y útil:

- **Demanda sostenida:** El mercado de lubricantes en Bogotá presenta una demanda constante por parte de consumidores y empresas, lo que lo convierte en un sector estratégico y en crecimiento. La optimización de la distribución permite a Ecolube aprovechar plenamente estas oportunidades de mercado y satisfacer la demanda de manera eficiente.
- **Competitividad:** La competencia en el mercado de lubricantes es feroz. La implementación de una metodología de distribución optimizada puede ayudar a Ecolube a mantener una posición competitiva al reducir costos, lo que se traduce en precios más competitivos y márgenes de beneficio más saludables.
- **Reducción de costos:** La optimización del proceso de distribución con modelos matemáticos tiene un impacto directo en la reducción de costos asociados a la logística, como combustible, mantenimiento de flota y logística en general. Esto contribuye a mejorar la rentabilidad de la empresa.

- Eficiencia operativa: Una metodología óptima de distribución no solo reduce costos, sino que también mejora la eficiencia operativa en términos de tiempos de entrega, programación de rutas y capacidad de respuesta a la demanda.
- Satisfacción del cliente: La entrega oportuna y eficiente de productos a los clientes es fundamental para la satisfacción del cliente. Una distribución optimizada garantiza que los clientes reciban sus pedidos a tiempo, lo que fortalece la lealtad del cliente y mejora la reputación de la empresa.

La propuesta expuesta es relevante, ya que minimizará el impacto ambiental de las operaciones de la empresa, por la logística colaborativa que se quiere evaluar con los proveedores, una de las formas de disminuir la emisión de gases de los vehículos, ayudando a preservar el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

Tendrá una implicación práctica significativa al mejorar la eficiencia operativa, se maximizará la productividad máxima de los recursos permitiendo atender un mayor número de clientes en menos tiempo, lo que tendrá como resultado la satisfacción de los clientes al recibir los pedidos de forma puntual y efectiva, fortaleciendo la reputación en el mercado y la fidelización de estos.

La propuesta fundamentará teorías de logística, cadenas de abastecimiento y procesos de distribución de transporte, contribuyendo al conocimiento de la línea de investigación, generando nuevas investigaciones y mejoras en el campo de estudio más al aplicar conceptos teóricos a la práctica empresarial, se ejecutan conocimientos toma de decisiones más argumentadas.

La propuesta estará basada por la metodología Particle Swarm Optimization (PSO), aplicada a través del solver debido a su capacidad para resolver problemas complejos y encontrar soluciones óptimas de manera eficiente; PSO utiliza un enfoque basado en la inteligencia colectiva, donde las partículas (soluciones potenciales) se mueven por el espacio de búsqueda, actualizando su posición y velocidad en función de su propia experiencia y del mejor desempeño de la comunidad. (Aguila Tellez, Gonzalez, Gutierrez, & Ortiz, 2022)

Solver proporciona las herramientas necesarias para implementar y ejecutar el algoritmo PSO de manera sistemática y automatizada, donde se puede definir las restricciones y objetivos del problema, así como los parámetros específicos, permite realizar múltiples iteraciones del algoritmo PSO, brindando la posibilidad de encontrar soluciones más robustas y precisas proporcionando información más detallada sobre el proceso de optimización, como el mejor valor encontrado, la convergencia del algoritmo y las trayectorias seguidas por las partículas, lo que facilita la interpretación y evaluación de los resultados. (Santafé Moros, Gozávez Zafrilla , Toldra Rey , Catalán Martínez , & Marti Calatatyud, 2019)

En conclusión, la propuesta de una metodología óptima de distribución de transporte en ECOLUBE, está justificada por su conveniencia para minimizar costos, su relevancia social al aportar a la reducción en el impacto ambiental, sus implicaciones prácticas para mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente, su valor teórico para contribuir al conocimiento en términos logísticos y su utilidad metodológica basada en modelos matemáticos. Su desarrollo será crucial para mantener la competitividad en el mercado, garantizando la entrega puntual y efectiva de los productos a los clientes.

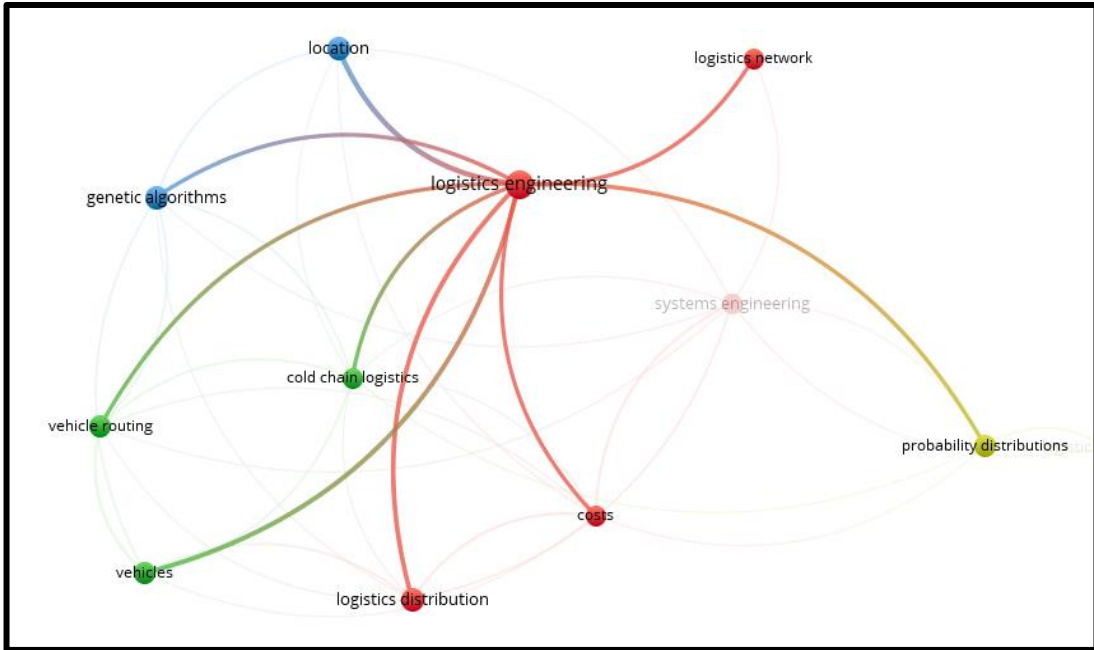
Marco Teórico

Las redes de distribución reúnen una serie de actividades en donde se incluyen varios eslabones de la cadena de abastecimiento, flujo que va desde la planeación de la compra hasta el cliente final, siendo este una pequeña parte de las redes de distribución; la integración de varios procesos dentro de la cadena permite que las redes de distribución se ejecuten en el día a día de las operaciones y así obtener como resultado oportunidad en la entrega de mercancías (Chopra & Meindi, 2008) El aumento en la optimización de las cadenas de suministro ha generado que los eslabones que se ejecuten dentro de la cadena sean estudiados, en el presente apartado se desea revisar la literatura sobre temas en redes de distribución. Utilizando la base de datos de Scopus se generaron 56 documentos utilizando los filtros de:

- Distribution AND networks.
- Logistics.
- Engineering.
- Rango: Del 2018 al 2023.

Estos documentos se pueden ver agrupados entre una red de concurrencia entre lo que es, logistics engineering, costs, location, vehicle routing, cold chain logistics, temas que son tratados dentro de las investigaciones; en la ilustración 4 se puede observar que entre la red de “logistic distribution” se encuentran temas de estudio del presente trabajo de investigación.

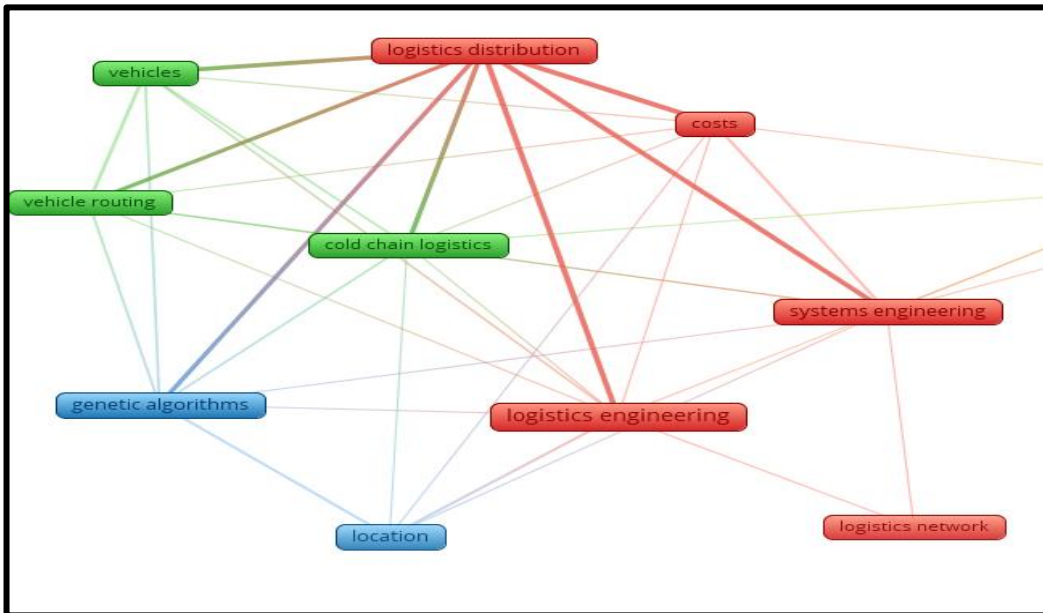
Ilustración 1. Redes de ingeniería logística



Fuente: (Vos Viewer, 2021).

Debido a lo anterior en la ilustración 5, se analiza los temas de concurrencia por medio de la herramienta de VosViewer derivados de “Logistic distribution”, donde se tratan temas importantes como costos, vehículos, rutas de los vehículos, logística en temas de cadena de frío, sistemas de ingeniería y algoritmos, evidenciando que la distribución en un tema de estudio que varios autores estudian debido a problemáticas que se pueden presentar en varios mercados.

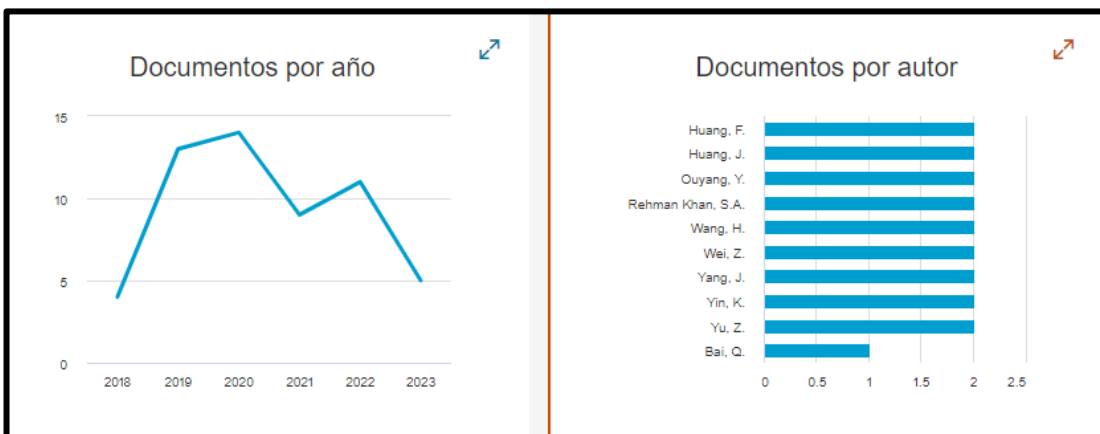
Ilustración 2. Redes en distribución logística.



Fuente: (Vos Viewer, 2021).

Los análisis de información que se realizan a este tipo de problemáticas son realizados por su mayoría por autores de China, que aumentaron en la pandemia como se muestra en la ilustración 6, ya que durante ese momento los temas de movilidad se volvieron un poco complejos debido al aislamiento que se presentó.

Ilustración 3. Análisis de documentos por año y autores.



Fuente: (Scopus, 2023).

Durante este análisis se puede evidenciar que la problemática planteada se presenta en varias industrias y puede ser afectada por diferentes factores, como temas de variabilidad en la demanda, disponibilidad de vehículos, sistemas de transporte, sistema de ruteos, aspectos que soportan la operación logística y que afectan la operación en la distribución.

En la actualidad las organizaciones son más exigentes sobre la relación que debe existir entre los procesos y los niveles de servicio que se brinda a los clientes, el aporte que la logística ha brindado a través de conocimiento sobre las experiencias de cada uno de los procesos dentro de la cadena, ha permitido desarrollar estrategias de optimización en cada uno de los procesos que intervienen en el flujo; el transporte o la distribución de los productos es uno de esos eslabones de la cadena de suministro donde se ejecutan las actividades que hacen que el producto se movilice dentro de una red, pensando en esto como un conjunto de nodos que llevan un principio y un final (Chopra & Meindi, 2008).

La logística en términos de distribución ha generado cambios en diferentes ámbitos de mercado, que pueden establecer lazos importantes entre clientes-proveedores, determinando alianzas para nuevas estrategias generando así, optimización de costos, satisfacción y fidelización de los clientes, empoderamiento dentro de un mercado, entre otros; factores importantes y necesarios en este tipo de procesos, cambiando el enfoque de beneficios de forma individual y enfocándolos en beneficios de forma colectiva, ampliando el aprendizaje compartido en términos de organizaciones inteligentes, debido a que se generan redes colaborativas durante la distribución por medio de nodos (Senger, 2010).

Dentro la globalización de los procesos logísticos, existen una serie de alternativas para realizar la distribución de mercancía por diferentes redes, lo que genera aumento en la demanda y optimización del tiempo de transporte, por ende, muchas compañías invierten en temas de transporte de forma estratégica a través de diferentes metodologías, que se convierten en un desafío en el desarrollo de las actividades diarias de los operadores que se dedican a realizar ruteos de transporte (Jaimes, 2019)

La evolución de las organizaciones ha generado que se realicen estudios y análisis para comprender los temas logísticos que atañe desde el proceso más simplificado de una empresa, esto ha permitido que el enfoque se realice de una forma más global, detallada y sistémica, por ello dentro de los avances que hoy en día se encuentran, son en términos logísticos, por ende, los empresarios buscan alternativas para ajustarse a las necesidades de la sociedad que constantemente está consumiendo algún producto que se moviliza por medio del proceso de distribución, generando valor en términos de ubicación y tiempo sin dejar atrás que es un proceso crítico, debido a que se maneja inventarios y a su vez genera una satisfacción en el cliente, determinando la efectividad de toda la cadena (Fontalvo Herrera, De la Hoz Granadillo, & Mendoza Mendoza, 2019).

El éxito que se ha encontrado en el desarrollo de metodologías de transporte y distribución se puede ver en el diseño de redes logísticas, donde se comparten los recursos de los operadores logísticos con el fin de conseguir beneficios de forma colectiva, como se ha mencionado, a toda una red que movilice la mercancía; en muchas ocasiones la distribución solo se planea en términos de entrega de mercancía

pero existen factores fluctuantes en el tiempo como lo es la demanda, lo que hace que el mercado se vuelva dinámico, adicionalmente el estado de las vías, como se ve actualmente en el país, debido a que no existe una malla vial perfecta para realizar transporte y que cumpla en términos de oportunidad hacia el cliente (Wang, y otros, 2021).

El equilibrio entre obtener márgenes de utilidad y satisfacer al cliente en la oportunidad de la entrega son temas que generan preocupación dentro del proceso de distribución, sin desconocer que existen dificultades en las redes de transporte, el tiempo que transcurre en la entrega de pedidos, es un factor que genera incertidumbre, siendo tema de estudio del presente documento ya que lo que se quiere es optimizar la red de distribución de Ecolube.

Este tipo de estudio pretende brindar aproximaciones a partir de datos como lo es el tiempo, las vías de acceso, enfoques de maximización de ganancias, entre otros, lo que permite construir un modelo sobre datos reales generando calidad en el proceso que se brinda y optimización de los costos, esto se logra a través de la planificación, recopilando información importante del proceso, ya que el transporte de las empresas genera un costo importante dentro del flujo de la cadena de suministro, por ende, si este no se planifica correctamente se pueden presentar desviaciones en el proceso afectando la utilidad de la compañía (Yang, 2023), razón por la cual dentro de la unidad de estudio se realizara un análisis de la información de aquellos factores que actualmente están afectando a ECOLUBE debido a la competencia a la que se ve enfrentada en la actualidad, para lo cual se quiere optimizar el proceso de distribución

de la empresa, ya que actualmente se encuentra limitada en términos de movilización, lo que impide de alguna forma su crecimiento en el mercado.

Diferentes empresas del sector logístico en Colombia y en especial las empresas que prestan servicio de transporte y distribución de mercancía, se encuentran enfocadas en temas logísticos 2PL, básicamente en términos de almacenamiento y transporte, siendo una situación similar a la que vive ECOLUBE, ya que no contempla planes estratégicos y operativos en términos de sostenibilidad económica, social y ambiental, de igual forma sus procesos van dirigidos netamente en términos de producción a la consecución de las ventas y a la gestión comercial, dejando de lado aquellos procesos logísticos colaborativos que hoy en día se han posicionado en el mercado de las diferentes industrias, para esto cabe mencionar que en términos logísticos en Colombia, se presenta un alto nivel en los costos y bajo índice de desempeño logístico (Asociación Nacional de Comercio, 2023), siendo el transporte uno de los procesos que más afectan este desempeño debido al seguimiento y localización de los productos, ya que existen falencias en la puntualidad de los envíos.

Al abordar estos aspectos en la planeación del modelo de distribución propuesto a ECOLUBE, puede enfrentar desafíos actuales frente a la competencia, si no optimizar las rutas del vehículo, mejorar la experiencia de sus clientes, lo que genera adaptabilidad y expansión a nuevos mercados, mediante la colaboración regional y la monitorización del proceso para obtener resultados en términos de oportunidad.

Las nuevas tecnologías y los sistemas de automatización colocan a prueba los sistemas de transporte, por ello es importante que ECOLUBE establezca nuevas alternativas para la movilización de su producto y posible expansión hacia otros lugares

a nivel nacional; una de las alternativas es realizar una integración de las actividades logísticas de los operadores que establecen estrategias en términos de la cadena de abastecimiento, relaciones tipo cliente/proveedor, oportunidad de la entrega del producto, donde se pueden compartir los recursos de otros operadores que se desempeñen dentro de la red, para así optimizar la distribución mejorando así los tiempos de entrega y disminuyendo costos operativos en términos de transporte (Wang, y otros, 2021).

El diseño de las redes que permiten la movilización de la mercancía entre diferentes nodos, donde existe apoyo desde los fabricantes y lo minoristas del mercado en el que se desempeña ECOLUBE, puede mejorar los niveles del servicio que actualmente tiene la empresa y reducir los costos operativos que hoy en día la empresa enfrenta, adicionalmente como valor agregado contribuye en términos ambientales por el tipo de producto que ofrece y por la disminución en las emisiones de carbono debido a la logística colaborativa que se puede ejercer con un aliado de su red logística; en el análisis del estudio que se pretende realizar en ECOLUBE se consideran datos realistas en cuánto, capacidad operativa de la empresa, equipos con los que cuentan actualmente en términos de logística de transporte, pedidos pendientes, devoluciones y plazos de entrega, con ello lo que se quiere buscar es un modelo de distribución de forma colaborativa que mejore la flota de vehículos para ECOLUBE, reducir costos de transporte, oportunidad en la entrega y satisfacción de los clientes; todos estos factores contribuyen de forma positiva para el posicionamiento de marca, que le aporta a su estrategia de cumplimiento de satisfacción del cliente (Shuihua, Yudi, Linlin, Zongwei, & Foropon, 2022).

Marco institucional

ECOLUBE es una empresa fundada por Luis Carlos y Lucas Saavedra el 10 de abril de 2001, ubicada en Cl. 17b #39-81 en Bogotá, clasificada con CIU 1921, por la fabricación de productos de la refinación del petróleo, que se encarga de brindar una alternativa de aceite lubricante de alta calidad y de fácil acceso, de tipo automotriz para carros, vehículos de carga, motos, bicicletas, vehículos náuticos, aceites de tipo industrial y agrícola.

La empresa presenta una estructura organizativa definida que detalla la jerarquía de todas las partes de la empresa. En la cúspide se encuentran los accionistas, seguidos por la junta directiva y el revisor fiscal, que en este caso es Mario Wilson Robayo Sánchez. A continuación, están el gerente y el subgerente general.

A partir de este punto, se producen divisiones en las responsabilidades. El subgerente general supervisa al director estratégico, al director administrativo y al gerente comercial. Sin embargo, ninguno de estos tiene autoridad sobre los demás. Bajo la autoridad del gerente comercial se encuentran el jefe de producción, seguido por los operarios de planta, el auxiliar administrativo y los asesores comerciales. Además, está el contador, quien supervisa al auxiliar contable.

La empresa ofrece una amplia gama de productos y servicios. Como se mencionó anteriormente, su producto principal es el aceite ECOTEC, utilizado tanto en vehículos automotrices como industriales. Además de esto, la empresa proporciona servicios que incluyen asesoría técnica, capacitaciones, personalización de aceites y análisis de laboratorio. El aceite se adapta a varios segmentos, como automóviles, maquinaria agrícola e industrial, así como aplicaciones multiusos. Para vehículos

particulares, hay una fórmula específica para motores a gasolina, otra para motores a gas y Diesel, y también una diseñada para vehículos híbridos. Además, la empresa ofrece un tipo especial de aceite para frenos, suspensiones y cadenas de bicicletas. La empresa desarrolló fórmulas especializadas en su línea ECOTEC para satisfacer las necesidades de los propietarios de vehículos de consumo general con motores a gasolina. La empresa se ha posicionado como una opción confiable para los conductores que buscan lubricantes de alta calidad para mantener el rendimiento óptimo de sus automóviles. Además, ha identificado esta necesidad y ha desarrollado aceites especializados para maquinaria agrícola, garantizando así la durabilidad y eficiencia de estos equipos vitales para la agricultura. Por último, ha creado productos que cumplen con las exigentes demandas de la maquinaria industrial, asegurando un funcionamiento suave y prolongando la vida útil de los equipos en las fábricas y plantas de producción.

ECOLUBE S.A.S no solo se destaca en el ámbito empresarial, sino que también demuestra un firme compromiso con el medio ambiente y la sociedad. Su enfoque en la producción de aceites ecológicos y su participación en prácticas sostenibles evidencian su responsabilidad ambiental. Además, la empresa contribuye al desarrollo de las comunidades donde opera, brindando empleos y apoyando iniciativas locales que promueven el bienestar social y económico.

ECOLUBE S.A.S se presenta como un actor fundamental en la industria de los lubricantes y servicios relacionados. Su estructura organizativa sólida, su innovador portafolio de productos y servicios, y su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa la convierten en una empresa ejemplar. A medida

que continúa su trayectoria, ECOLUBE S.A.S seguirá siendo un referente en la industria, marcando pautas tanto en calidad como en compromiso social y ambiental.

Metodología

Primer nivel

Enfoque, alcance, tipo de investigación

Para esta investigación se ha determinado considerar un enfoque de tipo mixto, es decir que combina elementos de la investigación cualitativa y cuantitativa, al respecto cabe mencionar que la meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010), todo esto para obtener datos completos que permitan tener una perspectiva holística de la problemática que se estudia en la organización. Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010), lo que contribuye consecuentemente en el aumento de la confianza en los resultados que se presentan porque se procesa información de manera dinámica (triangulación de la información) y completa de acuerdo con las necesidades identificadas.

Con respecto al alcance de la investigación, se parte de un estudio descriptivo que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera

independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010). Este se limita al estudio de las variables definidas en la investigación y no se llega a analizar relaciones que puedan existir entre estas, por lo tanto, se debe identificar con precisión la población de la que se va a recolectar información para analizar integralmente las dimensiones del contexto estudiado en la empresa Ecolube.

Además, considerando los elementos definidos anteriormente se opta por un diseño de investigación no experimental que permite observar y analizar situaciones de la empresa en relación con la problemática definida para analizarlos según los propósitos esperados.

En este sentido, el diseño es no experimental, pero de tipo transeccional o transversal porque por medio de este se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único con el propósito de describir variables y analizar su incidencia en un momento dado (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010), aplicándolo en la intervención de la organización Ecolube.

De manera complementaria, para dar continuidad a la investigación, en elementos metodológicos se decide complementar el proceso por medio del método del modelo de referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro (SCOR), el cual permite describir, analizar y mejorar el rendimiento, procesos y buenas prácticas de la cadena de suministro, implementando sistemas estandarizados que se empleen en todas las áreas del negocio para facilitar la integración de los diferentes eslabones como; los proveedores, distribuidores, clientes y colaboradores (Mori, 2019); esto, con la finalidad de reconocer buenas prácticas en el sector y adaptar estrategias que sean

oportunas y efectivas para la mejora del proceso de logística y transporte en la empresa.

Definición de Variables

La definición de variables de investigación en este caso debe darse desde el entendimiento de la aplicación en una empresa, por esto se consideran 3 dimensiones básicas desde las cuales se pretende dar solución a la problemática identificada. A continuación se relacionan las dimensiones con sus respectivas variables:

Tabla 5. Dimensiones y variables de investigación.

Dimensión	Variable
Gestión de distribución	Rutas de distribución y distancias
	Tiempos de entrega estimados
	Capacidad de carga
Servicio al cliente	Condiciones de entrega
	Puntualidad
Desempeño financiero	Costos de transporte

Fuente: Elaboración propia.

Así, se realiza una definición conceptual y operacional de las variables, entendiendo que cada una se refiere al significado desde una perspectiva teórica y a la forma de medición que se realiza para obtener la información (indicadores de gestión, técnicas de medición e instrumentos), respectivamente.

Tabla 6. Dimensiones y variables de investigación.

Dimensión	Variable	Definición	Definición
		conceptual	operacional

Gestión de distribución y transporte	Rutas de distribución	Es el recorrido que hace el transportista durante el proceso de distribución de mercancía (Quick, 2021)	Instrumento de análisis de la optimización de rutas de distribución logística
	Tiempos de entrega estimados	Tiempo transcurrido desde el momento en que es puesta a disposición la mercancía al área de transporte hasta su llegada al cliente final, cumpliendo las expectativas de entrega oportuna, con calidad y a tiempo (Vargas & Ripe, 2015)	Análisis de datos recopilados de un formulario que permite tener control de horas de salida, de entrega y de regreso a la empresa
	Capacidad de carga	Cantidad máxima de peso o	Medición del % de ocupación del

		volumen de carga, que está habilitado para soportar un vehículo de carga según el fabricante o limitaciones de regulación nacional (Caiza, 2021)	espacio en los medios dispuestos por pedido
Servicio al cliente	Condiciones de entrega	Se refiere a los elementos asociados a medidas de seguridad, calidad y expectativas de entrega según lo acordado con el cliente	Instrumento de medición de la satisfacción del cliente
	Puntualidad	Capacidad de estar a tiempo para cumplir la obligación establecida con un	

		cliente (Muñoz, 2021)	
Desempeño financiero	Costos de transporte	Se refiere a los salarios, seguros, parqueaderos, y variables como: combustibles, llantas, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y por imprevistos (Vargas & Ripe, 2015)	Aplicación de técnicas de costeo y análisis financiero para el reconocimiento del desempeño de la empresa

Fuente: Elaboración propia.

Población y Muestra

La elección de realizar una entrevista en una muestra específica es una estrategia válida cuando la población es pequeña y manejable, como es el caso del centro de operaciones de Ecolube en Bogotá. Aquí hay algunas ventajas y consideraciones de utilizar un censo en esta situación:

Ventajas:

- Acceso completo a la información: Con una entrevista, se obtiene acceso completo a todos los datos disponibles en el centro de operaciones. Esto

garantiza que no se pierda información relevante y que se tenga una imagen completa y precisa de la situación.

- Mayor precisión: Al recopilar datos de la muestra (13 personas de la compañía) se reduce la posibilidad de error de muestreo. Los resultados reflejarán con precisión la realidad en el centro de operaciones.
- Toma de decisiones informadas: Los datos recopilados a través de una entrevista pueden proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informadas. Esto es particularmente valioso cuando se trata de planificar y optimizar operaciones y logística.

Consideraciones:

- Recopilación de datos exhaustiva: Una entrevista puede ser más intensiva en términos de tiempo y recursos, ya que se requiere recopilar datos de cada elemento de la población.
- Privacidad y seguridad de los datos: Al recopilar datos de la muestra es importante garantizar la privacidad y la seguridad de la información. Esto implica manejar los datos de manera segura y cumplir con las regulaciones de protección de datos.
- Análisis de datos: Con un gran conjunto de datos de entrevista, es importante contar con las herramientas y el personal adecuado para analizar la información de manera efectiva.

En resumen, en situaciones donde la población es pequeña y manejable, como el centro de operaciones de Ecolube en Bogotá, la elección de realizar una entrevista para recopilar datos puede ser apropiada. Esto proporciona un acceso completo a la

información y permite tomar decisiones basadas en datos precisos y exhaustivos. Sin embargo, es importante tener en cuenta las consideraciones de recursos, privacidad y análisis de datos al realizar el proceso.

Segundo nivel

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

La recolección de datos es un proceso crucial para cualquier empresa o investigación, ya que proporciona información valiosa para tomar decisiones informadas y mejorar el rendimiento. En este contexto, desarrollar métodos efectivos e instrumentos adecuados para la recolección de datos es esencial. A continuación, se presenta una propuesta detallada que explora varios métodos e instrumentos para la recolección de datos en el ámbito de la gestión de distribución y transporte, el servicio al cliente y el desempeño financiero de una empresa.

La gestión eficiente de la distribución, el servicio al cliente y el desempeño financiero son pilares fundamentales para el éxito empresarial. Para recopilar datos relevantes en estas áreas, es crucial emplear métodos y herramientas precisas. A continuación, se detallan varios métodos e instrumentos que pueden ser utilizados para recolectar datos de manera efectiva y significativa:

1. Entrevistas Estructuradas:

Las entrevistas estructuradas implican hacer preguntas específicas a individuos clave dentro de la empresa, como gerentes de distribución y servicio al cliente, para obtener información detallada y directa sobre prácticas y desafíos. Un cuestionario

detallado que incluye preguntas sobre rutas de distribución, tiempos de entrega, condiciones de entrega, costos de transporte y otros aspectos relacionados con la gestión empresarial. Para el desarrollo de esta entrevista se utilizarán las siguientes preguntas, las cuales buscan mostrar de manera detallada el funcionamiento de la distribución en Ecolube S.A.S.:

¿Cuál es la ruta principal que sigue su empresa para distribuir productos?

Respuesta esperada: Descripción detallada de la ruta principal utilizada para distribuir productos desde la empresa hacia los clientes o puntos de venta.

¿Cuánto tiempo suele tomar entregar productos desde el centro de distribución hasta los clientes finales o puntos de venta?

Respuesta esperada: Estimación del tiempo promedio en días o horas que toma entregar productos una vez que salen del centro de distribución hasta llegar a los clientes finales.

¿Qué métodos de transporte utiliza su empresa para la distribución y cuáles son los costos asociados a cada uno?

Respuesta esperada: Descripción de los métodos de transporte utilizados (camioneros, ferrocarril, transporte marítimo) y de los costos asociados a cada uno, incluyendo tarifas, combustible y otros gastos relacionados.

¿Existen desafíos específicos en las rutas de distribución que impacten en los tiempos de entrega?

Respuesta esperada: Identificación de desafíos como congestión del tráfico, condiciones meteorológicas adversas o problemas logísticos que puedan afectar los tiempos de entrega.

¿Qué estrategias ha implementado su empresa para optimizar los tiempos de entrega y reducir los costos de transporte?

Respuesta esperada: Descripción de las estrategias implementadas, como la optimización de rutas, el uso de tecnología de seguimiento en tiempo real, la consolidación de envíos o cualquier otra medida tomada para mejorar la eficiencia en la distribución y reducir los costos.

2. Observación Directa:

La observación directa implica presenciar las operaciones en tiempo real, lo que proporciona una perspectiva práctica y detallada de cómo se lleva a cabo la distribución y el servicio al cliente a través de un registro estructurado que incluye observaciones sobre el proceso de distribución, la puntualidad, el comportamiento del personal y otros factores pertinentes. Para llevar a cabo esta actividad, El observador se familiariza con los objetivos de la observación y define las áreas específicas que se van a observar, como los puntos clave en el proceso de distribución y las interacciones con los clientes. Durante la observación, se registran detalles específicos y se toman notas detalladas sobre el proceso de distribución, la puntualidad en las entregas, el comportamiento del personal y otros factores relevantes. Utilizando el registro estructurado, el observador documenta sistemáticamente las observaciones. Las categorías predefinidas en el registro ayudan a organizar la información y a mantener un enfoque objetivo durante la observación. Una vez completada la observación, los datos registrados se analizan para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora. Esta información proporciona una comprensión práctica de cómo se llevan a cabo las operaciones de distribución y servicio al cliente en la empresa. Los resultados de la observación se presentan en un

informe que incluye hallazgos clave, conclusiones y recomendaciones para mejorar los procesos de distribución y servicio al cliente. Este informe puede ser utilizado por la empresa para implementar mejoras y optimizaciones en función de los hallazgos observados.

3. Análisis de Documentos Internos:

Examinar documentos internos, como registros de tiempo de entrega, facturas de transporte y datos financieros, proporciona información precisa sobre el desempeño financiero y los costos asociados. Para llevar a cabo esta actividad, se registrará en una hoja de cálculo detallada que organiza y analiza datos financieros, costos de transporte y otros documentos relevantes para evaluar el rendimiento económico. Para poder realizar el análisis, se recopilarán documentos internos relevantes, como registros de tiempo de entrega, facturas de transporte, datos financieros y cualquier otro documento que proporcione información sobre los costos asociados a la distribución y el transporte. Posteriormente, los datos de los documentos se organizarán en la hoja de cálculo de manera estructurada. Por ejemplo, los costos de transporte se registran en una columna específica, los tiempos de entrega en otra, y así sucesivamente. Adicional, se realizarán cálculos y se utilizarán gráficos y tablas para analizar los datos recopilados. Esto puede incluir calcular costos promedio de transporte, identificar tendencias en los tiempos de entrega y analizar variaciones en los costos asociados a diferentes rutas de distribución. Por otra parte, se comparan los datos obtenidos con los objetivos y estándares establecidos por la empresa. Se identifican áreas de mejora y se destacan las prácticas eficientes para optimizar el rendimiento económico en la distribución y el transporte. Por último, los resultados del

análisis se presentan en un informe detallado que incluye hallazgos clave, conclusiones y recomendaciones para mejorar la eficiencia en la distribución y reducir los costos asociados al transporte.

4. Grupos de Enfoque:

Los grupos de enfoque reúnen a un pequeño grupo de personas representativas, como clientes y empleados, para discutir temas específicos y proporcionar perspectivas detalladas sobre las prácticas empresariales. Un guion estructurado que guía la discusión del grupo, explorando temas como la percepción del servicio al cliente, los problemas de entrega y las sugerencias para mejorar. Se seleccionará un grupo de participantes que sean representativos del público objetivo, como clientes habituales, clientes insatisfechos, empleados del departamento de servicio al cliente o cualquier otro grupo relevante para el estudio. Se preparará un guion estructurado que incluye preguntas abiertas y temas a discutir durante la sesión del grupo de enfoque. Estas preguntas están diseñadas para obtener perspectivas detalladas sobre prácticas empresariales específicas. Durante la sesión del grupo de enfoque, un moderador facilita la discusión siguiendo el guion estructurado. Los participantes comparten sus opiniones, experiencias y sugerencias en relación con los temas discutidos. La sesión del grupo de enfoque se graba para revisión y análisis posteriores. Las grabaciones y las notas tomadas durante la sesión se analizan para identificar patrones, temas recurrentes y percepciones compartidas por los participantes. Basándose en los hallazgos del grupo de enfoque, se generan conclusiones y recomendaciones. Estas conclusiones pueden ayudar a la empresa a comprender mejor las necesidades y expectativas de los clientes, así como a identificar áreas de mejora en las prácticas

empresariales. Los resultados del grupo de enfoque se presentan en un informe detallado que incluye las percepciones clave, las conclusiones obtenidas y las recomendaciones para la empresa. Estos informes son valiosos para la toma de decisiones estratégicas y la mejora continua de las prácticas empresariales.

Estos métodos e instrumentos son fundamentales para recopilar datos valiosos en áreas clave de la gestión empresarial. Al combinar técnicas cuantitativas y cualitativas, las empresas pueden obtener una comprensión completa de su desempeño en la distribución, el servicio al cliente y los aspectos financieros, lo que les permite tomar decisiones informadas y estratégicas para mejorar continuamente y prosperar en un mercado competitivo. Este enfoque holístico hacia la recolección de datos proporciona una visión profunda y completa de las operaciones empresariales, permitiendo a las organizaciones adaptarse eficazmente a las demandas del mercado y ofrecer servicios que superen las expectativas del cliente.

Técnicas de análisis de datos

Las técnicas de análisis de datos han evolucionado significativamente, ofreciendo a las organizaciones la capacidad de extraer conocimientos valiosos y tomar decisiones fundamentadas. En este contexto, exploraremos algunas técnicas avanzadas de análisis de datos que están revolucionando la forma en que las empresas interpretan y utilizan su información.

1. Análisis predictivo:

El análisis predictivo utiliza algoritmos y modelos estadísticos para prever eventos futuros basándose en patrones y comportamientos pasados. Esto permite a las empresas anticipar tendencias del mercado, comportamiento del cliente y demanda del

producto. Las empresas pueden utilizar el análisis predictivo para prever la demanda de productos, optimizar inventarios y planificar estrategias de marketing personalizadas, lo que lleva a una toma de decisiones proactiva y precisa. Se recopilarán datos históricos relevantes, que pueden incluir información sobre ventas, comportamiento del cliente, inventarios, precios, datos demográficos, entre otros. Los datos recopilados se limpian y se preparan para su análisis. Esto puede incluir la eliminación de valores atípicos, la normalización de datos y la selección de variables relevantes. A continuación, se elige un modelo estadístico o algoritmo adecuado para el problema en cuestión. Esto puede incluir modelos de regresión, árboles de decisión, redes neuronales, entre otros. Se evalúa el rendimiento del modelo utilizando datos de validación o conjunto de prueba. Esto ayuda a asegurarse de que el modelo sea capaz de hacer predicciones precisas en datos nuevos y no vistos. El modelo se monitorea continuamente para asegurarse de que siga siendo preciso a medida que cambian las condiciones. Si es necesario, se actualiza y se reentrena con nuevos datos. Las predicciones generadas por el modelo se utilizan para la toma de decisiones estratégicas, como la planificación de inventarios, la segmentación de clientes, la personalización de campañas de marketing y la anticipación de la demanda del producto (Siegel, 2013).

2. Minería de texto:

La minería de texto implica el análisis y extracción de información valiosa a partir de grandes volúmenes de texto no estructurado, como correos electrónicos, reseñas de productos y redes sociales. Las organizaciones pueden utilizar la minería de texto para analizar opiniones de clientes, identificar temas y sentimientos en redes sociales, y

mejorar la comprensión del mercado y la percepción de la marca. La minería de texto puede ofrecer diferentes beneficios como (Aggarwal, 2015):

- **Toma de Decisiones Informada:** Permite a las empresas tomar decisiones basadas en datos al analizar opiniones y tendencias del mercado.
- **Mejora de Productos y Servicios:** Al comprender las opiniones de los clientes, las empresas pueden realizar mejoras en productos y servicios para satisfacer las necesidades del mercado.
- **Comprensión del Cliente:** Ayuda a las empresas a entender mejor las preferencias, necesidades y comportamientos de los clientes a través del análisis de sus interacciones y comentarios en línea.
- **Optimización de Campañas de Marketing:** Permite a las empresas personalizar estrategias de marketing según las opiniones y preferencias de los clientes, aumentando la eficacia de las campañas.

3. Análisis de series temporales:

Esta técnica se enfoca en datos recopilados en intervalos de tiempo regulares para identificar patrones estacionales, tendencias y ciclos. Las empresas pueden aplicar el análisis de series temporales para prever ventas, entender patrones de tráfico web y anticipar fluctuaciones de precios, lo que es esencial para la planificación estratégica y la optimización de recursos. Según Box, Jenkins y Reinsel (2008), los beneficios del análisis de series temporales varían entre:

- **Planificación Estratégica:** Proporciona información valiosa para la planificación estratégica al permitir la anticipación de eventos futuros basados en patrones históricos.
- **Optimización de Recursos:** Ayuda a las empresas a asignar recursos de manera más eficiente al prever la demanda y ajustar sus operaciones en consecuencia.
- **Mejora de la Toma de Decisiones:** Facilita la toma de decisiones informada al proporcionar predicciones confiables sobre eventos futuros, lo que permite a las empresas tomar medidas proactivas.

4. Análisis de Regresión Avanzada:

La regresión avanzada evalúa la relación compleja entre múltiples variables, permitiendo comprender cómo influyen diferentes factores en un resultado específico. Las organizaciones pueden utilizar la regresión avanzada para entender la relación entre diversos factores que afectan las ventas, la satisfacción del cliente y la rentabilidad, lo que proporciona información valiosa para la toma de decisiones estratégicas. Según Goldstein (2010), el análisis de regresión avanzada ofrece una comprensión profunda de las relaciones complejas entre múltiples factores, proporcionando una visión completa y detallada de los procesos y resultados. Esta comprensión profunda se traduce en una toma de decisiones informada y estratégica al identificar los factores clave que impactan en los resultados deseados. Además, permite a las organizaciones optimizar sus estrategias y políticas al revelar qué variables tienen el mayor impacto en los resultados deseados. Al identificar áreas de mejora, el análisis de regresión avanzada también mejora significativamente la

eficiencia operativa al permitir que las organizaciones concentren sus esfuerzos y recursos en las áreas más críticas, optimizando así su rendimiento general.

En resumen, estas técnicas avanzadas de análisis de datos están transformando la forma en que las empresas interpretan y utilizan la información. Al implementar estas herramientas poderosas, las organizaciones pueden tomar decisiones fundamentadas, mejorar la eficiencia operativa, optimizar las estrategias de marketing y, en última instancia, prosperar en un mercado empresarial cada vez más competitivo. El análisis de datos ya no es simplemente una ventaja, sino una necesidad para las empresas que buscan mantenerse a la vanguardia y anticipar las demandas cambiantes del mercado.

Análisis y discusión de resultados

En este apartado, se analizarán y discutirán los resultados obtenidos a partir de la información proporcionada en la entrevista sobre los métodos y procesos de distribución de la empresa. Los resultados se presentarán de acuerdo con los parámetros establecidos, destacando las variables clave y sus dimensiones.

En primer lugar, la empresa sigue un calendario de despacho regular en Bogotá, realizando entregas los lunes, miércoles y viernes en semanas normales. Este enfoque estructurado garantiza una distribución constante de productos a los clientes locales. La promesa de entrega de máximo 24 horas demuestra un compromiso con la eficiencia y la satisfacción del cliente. Para las entregas fuera de Bogotá, la empresa ha establecido convenios con empresas transportistas. Este enfoque externalizado es común en la industria para reducir los costos operativos asociados con la gestión de una flota propia en áreas geográficas más amplias.

La empresa utiliza una flota propia de vehículos en Bogotá, lo que sugiere un control directo sobre los procesos de distribución local. Fuera de Bogotá, se confía en

empresas transportistas con tarifas diferenciadas. Este enfoque permite adaptar los costos de transporte según las necesidades específicas de cada entrega. Sin embargo, la falta de detalles específicos sobre estos costos dificulta una evaluación precisa de su impacto en los márgenes de la empresa.

En cuanto a los tiempos de entrega, la empresa menciona que las entregas se realizan en tiempo, a menos que ocurran eventos extraordinarios como manifestaciones sociales, bloqueos viales o cambios climáticos. Estos desafíos externos son comunes en la logística y pueden afectar los tiempos de entrega. La capacidad de la empresa para gestionar estas situaciones de manera efectiva podría ser un punto clave en su estrategia de distribución.

La empresa ha implementado estrategias específicas para optimizar los tiempos de entrega y reducir los costos de transporte. El uso de vehículos propios en Bogotá permite un control directo sobre las operaciones locales, lo que puede mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de entrega. Además, los convenios con empresas de transporte fuera de la ciudad indican una búsqueda activa de soluciones rentables para las entregas a larga distancia. Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa ha establecido un sistema de distribución eficiente y estructurado que se adapta a las necesidades de sus clientes y a los desafíos logísticos. La combinación de una flota propia en áreas locales y acuerdos con transportistas externos para entregas a larga distancia muestra una comprensión de las complejidades geográficas y operativas del mercado.

Dado el enfoque exitoso de la empresa en la distribución local, se podría considerar una mayor transparencia en relación con los costos asociados con los

acuerdos de transporte externos. Un análisis detallado de estos costos podría revelar áreas de oportunidad para reducir gastos y mejorar los márgenes de beneficio.

Además, la empresa podría explorar la posibilidad de utilizar tecnologías de seguimiento y análisis de datos para optimizar aún más las rutas de distribución y mejorar la precisión en las promesas de entrega. Esto podría implicar la implementación de sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) que permitan un seguimiento en tiempo real de los envíos y una planificación logística más eficaz.

Desarrollo.

Observación

Se observó el proceso de distribución dentro de ECOLUBE, desde la llegada de la orden de compra hasta la entrega de la mercadería con el fin de entender el flujo de distribución hacia los clientes

Entrevistas:

Se procedieron a realizar entrevistas a los proveedores y a empresas que se dedican a distribuir mercaderías.

Revisión de documentos.

Se revisaron documentos, bases de datos de ECOLUBE que permitieran conocer más de fondo el proceso de distribución que ejecutan dentro de la empresa, para comprender la red de ECOLUBE en cuanto a proveedores, clientes y como a la misma compañía.

Análisis de proceso de distribución actual de la empresa.

Para optimizar el proceso de distribución de ECOLUBE, primero se debe observar e identificar el flujo dentro de la empresa; durante la observación se puede determinar el proceso de distribución como se muestra en la ilustración 7.

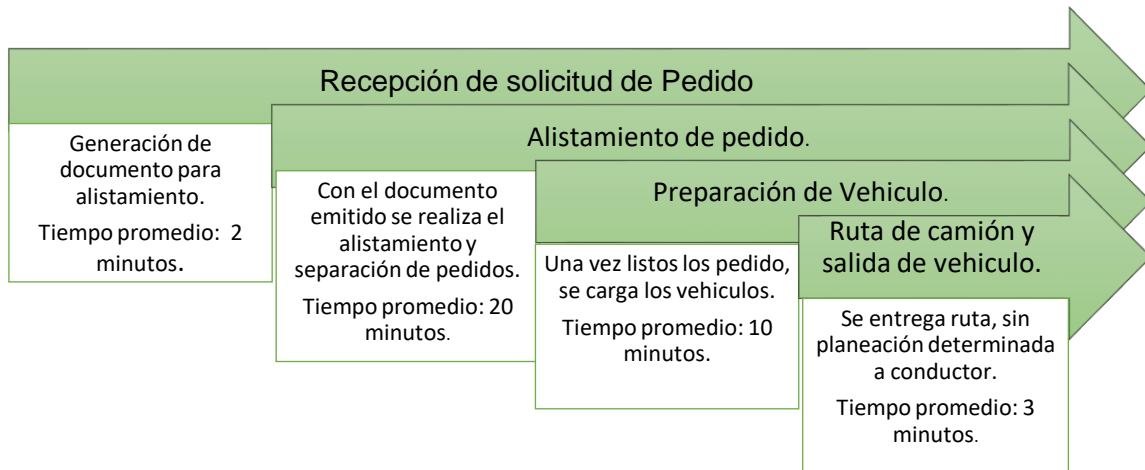
Ilustración 7. Proceso de despacho de ECOLUBE.



Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de preparación de un pedido que ECOLUBE se puede concluir según la observación realizada en el paso a paso de la operación, en la ilustración 8.

Ilustración 8. Proceso de despacho de ECOLUBE.



Fuente: Elaboración propia.

El tiempo que transcurre desde la recepción de la solicitud de pedido hasta la entrega de la ruta al conductor, es de 35 minutos en promedio.

Después, se realizó la respectiva observación sobre el alistamiento de los pedidos de ECOLUBE; para ello se consideró la fórmula para poblaciones finitas, para calcular la muestra para tomar los tiempos.

Formula 1 Tamaño muestral para poblaciones finitas.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * p * (1 - p)}$$

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

Z = Nivel de confianza deseado.

p = Proporción esperada.

e = Margen de error deseado.

Teniendo en cuenta esta fórmula se aplica para el caso de la muestra que se determinara para el caso de ECOLUBE.

N = 188 pedidos que se preparan en promedio por mes.

Z = Nivel de confianza 95%, según tabla de probabilidad es 1,96.

p = Se asume el 0.5 para maximizar tamaño de la muestra.

e = 5%.

Formula 2. Muestra de pedidos de ECOLUBE.

$$n = \frac{188 * 1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{(188 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}$$

Siendo n = 126,448071, por ende, se toma muestra de 126 pedidos, para lo cual se muestra el resultado en la siguiente tabla.

Tabla 7. Muestro de tiempo alistamiento de pedido.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo	29	21	18	13	19	17	20	17	21
Muestra	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Tiempo	26	17	25	25	26	28	28	12	27
Muestra	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Tiempo	25	29	20	14	28	14	12	13	15
Muestra	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Tiempo	19	15	17	16	20	23	28	16	18
Muestra	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Tiempo	25	26	18	19	24	16	21	13	27
Muestra	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Tiempo	30	20	26	29	28	15	18	18	25
Muestra	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Tiempo	14	24	12	26	26	24	20	27	30

Muestra	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Tiempo	24	25	24	29	14	13	26	19	20
Muestra	73	74	75	76	77	78	79	80	81
Tiempo	23	23	20	24	26	19	13	20	20
Muestra	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Tiempo	28	19	13	20	17	20	13	18	13
Muestra	91	92	93	94	95	96	97	98	99
Tiempo	17	15	14	30	21	14	25	17	12
Muestra	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Tiempo	18	21	12	20	17	18	23	17	24
Muestra	109	110	111	112	113	114	115	116	117
Tiempo	29	25	12	16	28	29	19	17	27
Muestra	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Tiempo	19	24	14	18	28	25	22	14	29

Fuente: Elaboración propia.

En la observación, se evidencia que en promedio el alistamiento de los pedidos es de 20 minutos, para lo cual se puede definir que la distribución dentro del almacén de ECOLUBE es corta.

Posterior, se realizó acompañamiento en un día de recorrido en el proceso de distribución de los vehículos a los clientes, tomando donde se entregaron pedidos a nueve clientes de la empresa, que se pueden ver en la tabla 8.

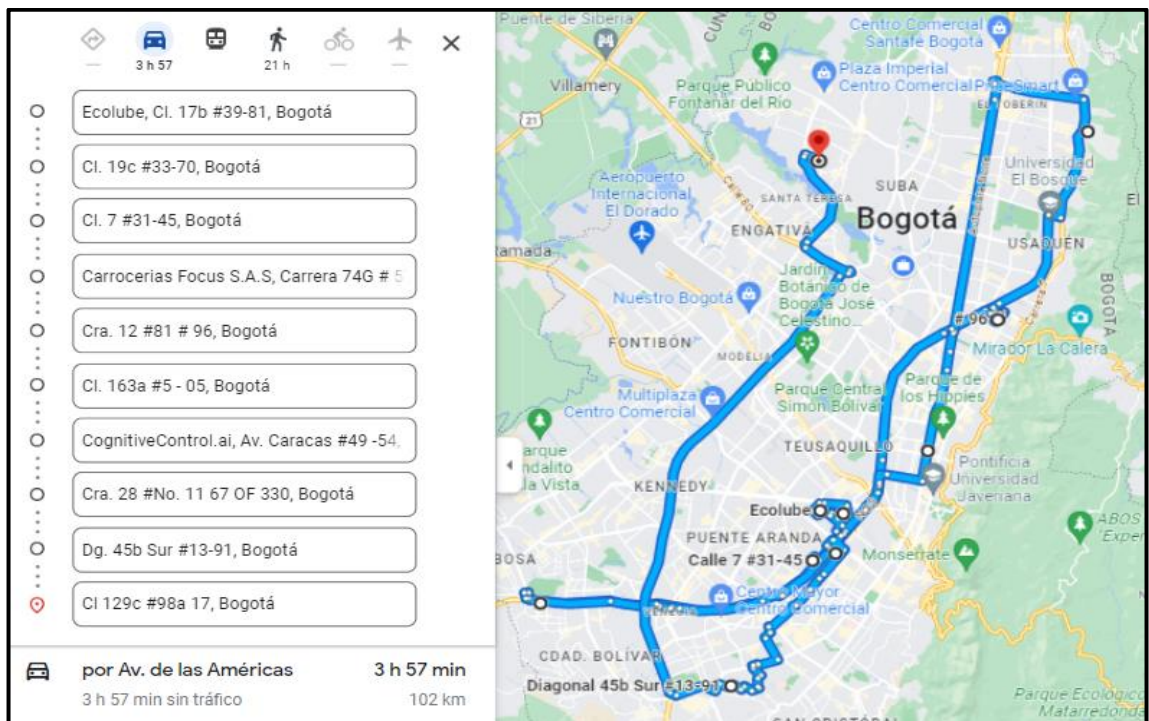
Tabla 8. Relación de clientes de pedidos entregados en un día.

Item	Cientes	Dirección	Pedido
1	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	Cl. 19c #33-70, Bogotá	2
2	ASCENSORES PRISMA LTDA	Cl. 7 #31-45, Bogotá	2
3	CARROCERIAS FOCUS SAS	Carrera 74G # 57R-38 sur, Bogotá	1
4	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	Cra. 12 #96-81 PISO 5, Bogotá	1
5	JA DECORACIONES S.A.S	Cl. 163a #5 - 05, Bogotá	1
6	CONTROLOGIC S A S	Av. Caracas #49 -54, Bogotá	1
7	INVERSIONES SCAI SAS	Cra. 28 #No. 11 67 OF 330, Bogotá	1
8	ASCENSORES VELAR SAS	Dg. 45b Sur #13 K - 27, Rafael Uribe Uribe, Bogotá	1
9	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	Cl 129c #98a 17, Bogotá	2

Fuente: Elaboración propia.

El conductor inicio el recorrido a las 3:00 pm, terminando sobre las 8:40 pm; la ilustración 9, se observa que el recorrido tardo aproximadamente 4 horas, pero adicionalmente el conductor debe entregar los pedidos, tardando en promedio 12 minutos por cada cliente.

Ilustración 9. Recorrido realizado por conductor de ECOLUBE



Fuente: Google maps

Se valida que el costo aproximado de una ruta del conductor con una distancia recorrida de 102 kilómetros es de \$ 157.736, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Costo de gasolina: 1 Galón = \$14.373.
- Recorrido realizado en km: 102 kilómetros.
- Día laboral del conductor: \$60.000.
- Vehículo: El recorrido por galón es de 15 kilómetros en promedio.

Formula 3 Calculo de transporte de ruta realizada en ECOLUBE.

$$15 \text{ km/galón} \rightarrow \frac{102 \text{ kilómetros}}{15 \text{ kilómetros}} = 6,8 \text{ galones.}$$

$$1 \text{ galón} = \$14373 \rightarrow 6,8 \text{ galones} \times \$14.373 = \$ 97.736$$

$$\text{Día conductor} = \$60000 \rightarrow \$ 97.736 + \$60.000 = \$157.736$$

$$\text{Hora extra conductor} = \$1875 \rightarrow \$ 1875 \times 3.4 \text{ horas} = \$6.375$$

$$\text{Valor total de la ruta} = \$157.736 + 6375 = \$164.111$$

El valor de la ruta que realizo el conductor genero un valor de \$164.111 por lo que se puede determinar un costo alto, para la distribución de 12 pedido a 9 clientes de ECOLUBE.

Para obtener la función objetivo, se validará a carga del vehículo utilizado, que el conductor retorne a la empresa tras terminar la distribución de pedidos y que exista una secuencia de puntos para obtener una ruta optima.

Metodología.

Según el análisis presentado, se evidencia que la distribución en la empresa afecta a los costos y los niveles de servicio disminuyen por incumplimiento en la

entrega de mercaderías; por ello se propone una solución ejecutando un modelo matemático de programación no lineal utilizado para resolver problemas de optimización con restricciones no lineales.

El algoritmo evolutivo utilizado por el Evolutionary Solver de Excel, se ejecutará con el fin de optimizar las rutas de transporte de ECOLUBE y es conocido como el algoritmo de "optimización por enjambre de partículas" (Particle Swarm Optimization, PSO). Este algoritmo, tiene un enfoque de optimización metaheurística donde se crea una población inicial de posibles soluciones llamadas "partículas", cada partícula representa una posible solución y tiene una posición y una velocidad en el espacio de búsqueda; basándose en sistemas biológicos como el enjambre de aves (Shaqarin & Noack, 2023)

Durante cada iteración del algoritmo, las partículas se mueven en el espacio de búsqueda en función de su posición aleatoria actual, velocidad y la información de las mejores soluciones encontradas dentro del enjambre; el objetivo es que las partículas converjan hacia la mejor solución posible, respecto al valor de la función objetivo, dichas partículas transmiten la mejor posición a las otras buscando la mejor, por ende es uno de los algoritmos fáciles de implementar a través de la herramienta de Excel con el complemento de solver (Suci Rahayu , Ma'arif, & Abdulah, 2022)

El Evolutionary Solver de Excel utiliza el algoritmo PSO para ajustar las variables del problema de optimización y encontrar la solución óptima o cercana a la óptima, este enfoque calcula la velocidad de cada partícula en función de la velocidad previa, la diferencia entre su mejor posición previa o global y su posición actual,

posterior a esto se actualiza la posición de cada partícula según la velocidad calculada, dicho proceso se repite hasta que se alcance el criterio de parada definido en la función objetivo, con las iteraciones necesarias para una mejora aceptable en la solución.

(Aguila Tellez, Gonzalez, Gutierrez, & Ortiz, 2022)

Formula 4. Formula usada en el enjambre de partículas. PSO

$$V_{ij}(t + 1) = w * V_{ij}(t) + c1 * r1 * (Pbest_{ij}(t) - X_{ij}(t)) + c2 * r2 * (Gbest_{ij}(t) - X_{ij}(t))$$

$$X_{ij}(t + 1) = X_{ij}(t) + V_{ij}(t + 1)$$

Donde:

V_{ij} : es la velocidad de la partícula i en la dimensión j en el momento **$(t+1)$** .

w : Es el peso inercial que controla la importancia relativa de la velocidad previa de la partícula.

$c1$ y $c2$: Son coeficientes de aprendizaje que controlan la contribución de la mejor posición individual ($Pbest$) y la mejor posición global ($Gbest$), respectivamente.

$r1$ Y $r2$: Son valores aleatorios generados entre **0 y 1** .

X_{ij} : Es la posición de la partícula i en la dimensión j en el momento t .

Según lo expuesto anteriormente, la teoría de enjambre de partículas se encuentra dentro de los complementos de solver, herramienta que se utilizó para optimizar la ruta de ECOLUBE, y así lograr optimizar los costos, dejando de ejecutar horas extras y el tiempo de ruteo del conductor.

Resultados.

Con el fin de optimizar la ruta de distribución que realiza ECOLUBE y de acuerdo a información recolectada dentro del acompañamiento que se realizó con el

conductor, se pudo determinar varias variables como tiempo de ejecución de la ruta, los costos que representaban en la actualidad para la empresa donde se evidencio el aumento de los costos y la falta de información que tiene el conductor en el momento de salir a realizar el ruteo para la entrega de pedidos; información expuesta anteriormente.

Distribución de mercaderías aplicando algoritmo evolutivo utilizado por el Evolutionary Solver de Excel.

Como se pudo evidenciar dentro del planteamiento del problema, en la empresa se presentan dificultades en el proceso de distribución para lo cual en el presente trabajo se plantea una alternativa de solución con la metodología que aplica el algoritmo de Solver de Excel, herramienta asequible para la compañía y fácil de usar por el analista de inventario; se sugiere que este rol sea el que ejecute la metodología para que simplemente se le entregue al conductor la ruta a seguir para que se ejecute un monitoreo y el cumplimiento de la misma.

Según los clientes visitados en el acompañamiento, se realizó el planteamiento para validar la optimización de la función objetivo que es disminuir costos, los clientes se relacionan en la tabla 9 con las respectivas direcciones.

Tabla 9. Clientes de ECOLUBE visitados en un día.

Clientes	Dirección
COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	Cl. 19c #33-70, Bogotá
ASCENSORES PRISMA LTDA	Cl. 7 #31-45, Bogotá
CARROCERIAS FOCUS SAS	Carrera 74G # 57R-38 sur, Bogotá
ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	Cra. 12 #96-81 PISO 5, Bogotá
JA DECORACIONES S.A.S	Cl. 163a #5 - 05, Bogotá
CONTROLLOGIC S A S	Av. Caracas #49 -54, Bogotá
INVERSIONES SCAI SAS	Cra. 28 #No. 11 67 OF 330, Bogotá
ASCENSORES VELAR SAS	Dg. 45b Sur #13 K - 27, Rafael Uribe Uribe, Bogotá
THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	Cl 129c #98a 17, Bogotá

Fuente: Elaboración propia

El detalle del vehículo se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Camioneta Nissan ECOLUBE



Fuente: propia De esta identifican las los distancia	Marca	Nissan	Elaboración acuerdo con información se variables como datos
	Modelo	Frontier	
	Año	2014	
	Kilómetros	16000	
	Marca motor	Nissan	
	Capacidad de carga	1000 kg	
	Transmisión	Mecánica	
	Recorrido por galón.	15 kilómetros.	

obtenidos con Google maps, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Distancia entre clientes.

DISTANCIA/ KM	ECOLUBE	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	ASCENSORES PRISMA LTDA	CARROCERIAS FOCUS SAS	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	JA DECORACIONES S.A.S	CONTROLOGIC S A S	INVERSIONES SCAI SAS	ASCENSORES VELAR SAS	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS
ECOLUBE	0	2,3	2,7	12,6	12,5	19	7	7,5	9,8	18,8
COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	1,7	0	3	13,3	11,3	17,8	5,8	6,3	10,2	15,4
ASCENSORES PRISMA LTDA	2,8	3,3	0	11	12,6	19,1	7,2	7,6	7,7	18,9
CARROCERIAS FOCUS SAS	12,9	12	9,6	0	21,3	27,9	7,3	15,2	9,4	23,4
ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	12,2	13,2	12	22,3	0	8,5	6,3	17,8	19,1	12,6
JA DECORACIONES S.A.S	22,3	18,5	22,3	31,7	9,6	0	26,3	24,6	29,5	13,8
CONTROLOGIC S A S	6,9	6,2	7,8	18,2	6,4	15,6	0	14	11,7	13,9
INVERSIONES SCAI SAS	8,2	12,4	11,2	15,5	18,5	25	6,7	0	16,9	11,9
ASCENSORES VELAR SAS	10,1	9,2	6,8	8,7	18,5	25	13,1	13,5	0	24,7
THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	15,8	16,5	18	23,4	13,3	13,8	3	10,8	24,7	0

Fuente: Elaboración propia

Los costos de transporte se obtienen aplicando la fórmula 5, teniendo en cuenta los recorridos que se muestran en la tabla 11. El ejercicio se explica con la distancia recorrida desde Comercializadora several parts sas hasta Ecolube, que corresponde a 1.7 kilómetros, y este se replica para todos los casos, obteniendo como resultado la tabla 12.

- Costo de gasolina: 1 Galón = \$14.373.
- Recorrido realizado en km: 1,7 kilómetros.
- Vehículo: El recorrido por galón es de 15 kilómetros en promedio.

Formula 5 Cálculo de costo de gasolina en recorrido realizado en ECOLUBE.

$$15 \text{ km/galón} \rightarrow \frac{1,7 \text{ kilómetros}}{15 \text{ kilómetros}} = 0,1133 \text{ galones.}$$

$$1 \text{ galón} = \$14373 \rightarrow 0,1133 \text{ galones} \times \$14.373 = \$ 1628,94$$

Tabla 12. Costos gasolina por recorrido en kilómetros.

COSTO GASOLINA / KM	ECOLUBE	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	ASCENSORES PRISMA LTD	CARROCERIAS FOCUS SAS	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	JA DECORACIONES S.A.S	CONTROLLOGIC S A S	INVERSIONES SCAI SAS	ASCENSORES VELAR SA	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS
ECOLUBE	\$ -	\$ 2.203,86	\$ 2.587,14	\$ 12.073,32	\$ 11.977,50	\$ 18.205,80	\$ 6.707,40	\$ 7.186,50	\$ 9.390,36	\$ 18.014,16
COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	\$ 1.628,94	\$ -	\$ 2.874,60	\$ 12.744,06	\$ 10.827,66	\$ 17.055,96	\$ 5.557,56	\$ 6.036,66	\$ 9.773,64	\$ 14.756,28
ASCENSORES PRISMA LTDA	\$ 2.682,96	\$ 3.162,06	\$ -	\$ 10.540,20	\$ 12.073,32	\$ 18.301,62	\$ 6.899,04	\$ 7.282,32	\$ 7.378,14	\$ 18.109,98
CARROCERIAS FOCUS SAS	\$ 12.360,78	\$ 11.498,40	\$ 9.198,72	\$ -	\$ 20.409,66	\$ 26.733,78	\$ 6.994,86	\$ 14.564,64	\$ 9.007,08	\$ 22.421,88
ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	\$ 11.690,04	\$ 12.648,24	\$ 11.498,40	\$ 21.367,86	\$ -	\$ 8.144,70	\$ 6.036,66	\$ 17.055,96	\$ 18.301,62	\$ 12.073,32
JA DECORACIONES S.A.S	\$ 21.367,86	\$ 17.726,70	\$ 21.367,86	\$ 30.374,94	\$ 9.198,72	\$ -	\$ 25.200,66	\$ 23.571,72	\$ 28.266,90	\$ 13.223,16
CONTROLLOGIC S A S	\$ 6.611,58	\$ 5.940,84	\$ 7.473,96	\$ 17.439,24	\$ 6.132,48	\$ 14.947,92	\$ -	\$ 13.414,80	\$ 11.210,94	\$ 13.318,98
INVERSIONES SCAI SAS	\$ 7.857,24	\$ 11.881,68	\$ 10.731,84	\$ 14.852,10	\$ 17.726,70	\$ 23.955,00	\$ 6.419,94	\$ -	\$ 16.193,58	\$ 11.402,58
ASCENSORES VELAR SAS	\$ 9.677,82	\$ 8.815,44	\$ 6.515,76	\$ 8.336,34	\$ 17.726,70	\$ 23.955,00	\$ 12.552,42	\$ 12.935,70	\$ -	\$ 23.667,54
THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	\$ 15.139,56	\$ 15.810,30	\$ 17.247,60	\$ 22.421,88	\$ 12.744,06	\$ 13.223,16	\$ 2.874,60	\$ 10.348,56	\$ 23.667,54	\$ -

Fuente: Elaboración propia

Una vez se obtienen los costos de la gasolina por cada uno de los recorridos, se aplica la metodología Evolutionary Solver de Excel, con la función objetivo que es la de minimizar los costos en los recorridos de transporte.

La ruta que ejecutara el solver lo realizara a través de códigos asignados a los clientes los cuales se relacionan en la tabla 13.

Tabla 13. Códigos asignados a clientes de ECOLUBE para asignación de ruta.

Item	Clientes
1	ECOLUBE
2	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS
3	ASCENSORES PRISMA LTDA
4	CARROCERIAS FOCUS SAS
5	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS
6	JA DECORACIONES S.A.S
7	CONTROLOGIC S A S
8	INVERSIONES SCAI SAS
9	ASCENSORES VELAR SAS
10	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS

Fuente: Elaboración propia

La programación de solver se detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Programación de Solver.

DISTANCIA/ KM	ECOLUBE	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	ASCENSORES PRISMA LTDA	CARROCERIAS FOCUS SAS	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	JA DECORACIONES S.A.S	CONTROLOGIC S A S	INVERSIONES SCAI SAS	ASCENSORES VELAR SAS	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	
ECOLUBE	\$ -	\$ 2.203,86	\$ 2.587,14	\$ 12.073,32	\$ 11.977,50	\$ 18.205,80	\$ 6.707,40	\$ 7.186,50	\$ 9.390,36	\$ 18.014,16	
COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	\$ 1.628,94	\$ -	\$ 2.874,60	\$ 12.744,06	\$ 10.827,66	\$ 17.055,96	\$ 5.557,56	\$ 6.036,66	\$ 9.773,64	\$ 14.756,28	
ASCENSORES PRISMA LTDA	\$ 2.682,96	\$ 3.162,06	\$ -	\$ 10.540,20	\$ 12.073,32	\$ 18.301,62	\$ 6.899,04	\$ 7.282,32	\$ 7.378,14	\$ 18.109,98	
CARROCERIAS FOCUS SAS	\$ 12.360,78	\$ 11.498,40	\$ 9.198,72	\$ -	\$ 20.409,66	\$ 26.733,78	\$ 6.394,86	\$ 14.564,64	\$ 9.007,08	\$ 22.421,88	
ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	\$ 11.690,04	\$ 12.648,24	\$ 11.498,40	\$ 21.367,86	\$ -	\$ 8.144,70	\$ 6.036,66	\$ 17.055,96	\$ 18.301,62	\$ 12.073,32	
JA DECORACIONES S.A.S	\$ 21.367,86	\$ 17.726,70	\$ 21.367,86	\$ 30.374,94	\$ 9.198,72	\$ -	\$ 25.200,66	\$ 23.571,72	\$ 28.266,90	\$ 13.223,16	
CONTROLOGIC S A S	\$ 6.611,58	\$ 5.940,84	\$ 7.473,96	\$ 17.439,24	\$ 6.132,48	\$ 14.947,92	\$ -	\$ 13.414,80	\$ 11.210,94	\$ 13.318,98	
INVERSIONES SCAI SAS	\$ 7.857,24	\$ 11.881,68	\$ 10.731,84	\$ 14.852,10	\$ 17.726,70	\$ 23.955,00	\$ 6.419,94	\$ -	\$ 16.193,58	\$ 11.402,58	
ASCENSORES VELAR SAS	\$ 9.677,82	\$ 8.815,44	\$ 6.515,76	\$ 8.336,34	\$ 17.726,70	\$ 23.955,00	\$ 12.552,42	\$ 12.935,70	\$ -	\$ 23.667,54	
THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	\$ 15.139,56	\$ 15.810,30	\$ 17.247,60	\$ 22.421,88	\$ 12.744,06	\$ 13.223,16	\$ 2.874,60	\$ 10.348,56	\$ 23.667,54	\$ -	
	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!

Fuente: Elaboración propia

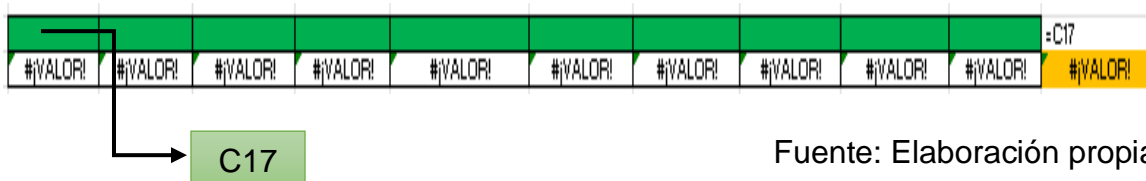
Quando se ejecute el solver, el resultado será el recorrido para el conductor.

El valor de las rutas, se reflejarán en las celdas que dicen #VALOR

El resultado de la función objetivo se encuentra en la celda amarilla, que es minimizar los costos de transporte.

Dentro de la programación, se establece las restricciones donde una de ellas es que la ruta debe iniciar y terminar en ECOLUBE con el fin de garantizar el cumplimiento, por ende, en el solver se establece para este caso =C17, que marca el inicio y el fin en la empresa.

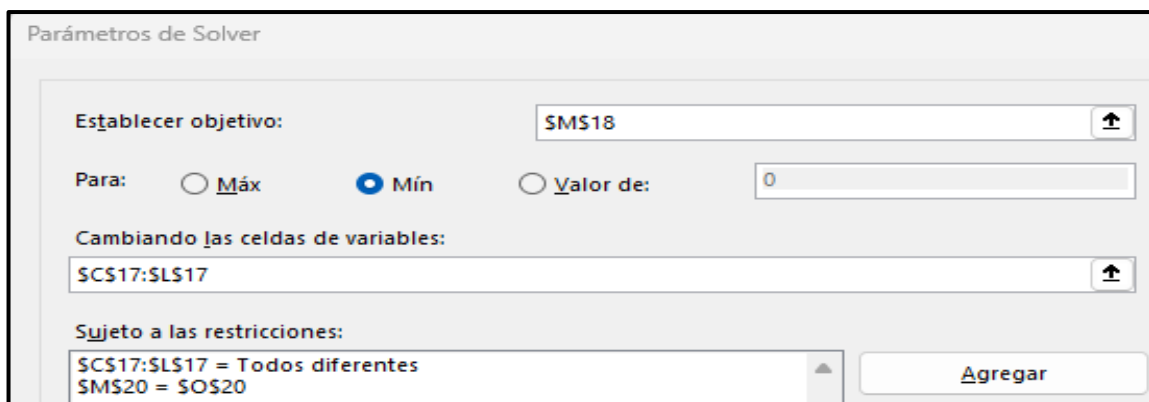
Ilustración 10. Marca de inicio y final de la ruta.



Fuente: Elaboración propia

Otra de las restricciones ingresadas en los parámetros, es que los puntos deben ser diferentes y que una vez termine en un punto se dirija al siguiente, las cuales se pueden visualizar en la ilustración 11.

Ilustración 11. Restricciones en Solver.



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 11, se observa la función objetivo como se explicó anteriormente, adicionalmente cuales son las celdas que se quieren cambiar, que para el caso son las celdas que están marcadas en la tabla 14, en color verde.

Una vez se tiene la función objetivo, las restricciones, las variables de decisión, se ejecuta el Evolutionary Solver de Excel, para realizar las iteraciones necesarias y optimice la ruta que en este caso debería realizar el conductor, la cual se vera reflejada en la tabla destinada dentro de la programación y que se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Resultado esperado de programación Evolutionary Solver de Excel

RUTA	Nombre de cliente
1	#N/D
2	#N/D
3	#N/D
4	#N/D
5	#N/D
6	#N/D
7	#N/D
8	#N/D
9	#N/D
10	#N/D
11	#N/D

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido de la programación que ejecuta el Evolutionary Solver de Excel, arrojo el resultado que se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Resultado arrojado de programación Evolutionary Solver de Excel

RUTA	Nombre de cliente
1	ECOLUB E
2	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS
3	ASCENSORES PRISMA LTDA
4	ASCENSORES VELAR SAS
5	CARROCERIAS FOCUS SAS
6	CONTROLOGIC S A S
7	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS
8	JA DECORACIONES S.A.S
9	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS
10	INVERSIONES SCAI SAS
11	ECOLUB E

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 17, se encuentra el resultado que arroja solver, donde se puede evidenciar que la ruta que optimiza la metodología, genera un valor de \$73.493,94, y el valor del día del conductor es de \$60.000, para un total de \$133.493,94, por consiguiente el analista de inventario generara la ruta una vez estén los pedidos listos, esta se puede ejecutar en las horas de la mañana con el fin de no generar horas extras del conductor, adicionalmente la distancia de la ruta también se optimiza de acuerdo al resultado que solver, resultados que se encuentran de igual forma en la tabla 17.

Tabla 17. Tabla resumen de resultado de Evolutionary Solver de Excel.

Resultado de Solver	Costo de ruta	Distancia de ruta	Codigo Asignado cliente	Cientes	Ruta de acuerdo a resultado de Solver
1	\$ 2.203,86	2,3	1	ECOLUB E	ECOLUB E
2	\$ 2.874,60	3	2	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS	COMERCIALIZADORA SEVERAL PARTS SAS
3	\$ 7.378,14	7,7	3	ASCENSORES PRISMA LTDA	ASCENSORES PRISMA LTDA
9	\$ 8.336,34	8,7	4	CARROCERIAS FOCUS SAS	ASCENSORES VELAR SAS
4	\$ 6.994,86	7,3	5	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS	CARROCERIAS FOCUS SAS
7	\$ 6.132,48	6,4	6	JA DECORACIONES S.A.S	CONTROLOGIC S A S
5	\$ 8.144,70	8,5	7	CONTROLOGIC S A S	ENERGY RESOURCES INTERNATIONAL ERI SAS
6	\$ 13.223,16	13,8	8	INVERSIONES SCAI SAS	JA DECORACIONES S.A.S
10	\$ 10.348,56	10,8	9	ASCENSORES VELAR SAS	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS
8	\$ 7.857,24	8,2	10	THE BLACK PANTHER RUBBER SAS	INVERSIONES SCAI SAS
1					ECOLUB E
TOTAL	\$ 73.493,94	76,70			

Fuente: Elaboración propia

Después de analizar las diferentes variables se puede determinar que el proceso de distribución de ECOLUBE se puede optimizar, inicialmente la ruta que ejecuto el

conductor el transporte tenía un costo de \$164.111 donde se genera un sobre costo de horas extras, la metodología planteada con ayuda de Solver y el algoritmo evolutivo, el costo disminuye en un 19%, donde no se genera un costo de horas extras, debido a que esta se ejecutaría con una previa planeación; para el caso en mención ejecutando la metodología, la ruta tiene un valor de \$133.493,94, donde se puede establecer otras alternativas, como la que el conductor ejecute otra ruta en su día laboral, factores que la empresa puede empezar a ejecutar una vez, empiece a implementar el método matemático expuesto; esto permite un plus adicional como optimizar el tiempo de ejecución de las actividades de los conductores.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se logró identificar que la optimización de rutas de transporte es crucial para las empresas, ya que afecta directamente los costos y tiempos de entrega; en este sentido, utilizar herramientas como Solver y el método de enjambre de partículas puede resultar sumamente beneficioso, mediante la aplicación de este tipo de modelos matemáticos la empresa logra reducir gastos operativos, obtener una planificación de las rutas, evitando retrasos y asegurando la entrega de los pedidos dentro de los tiempos estipulados por la compañía. (Santafé Moros, Gozávez Zafrilla, Toldra Rey, Catalán Martínez, & Martí Calatayud, 2019)

El uso de solver y el algoritmo evolutivo permite encontrar la mejor solución posible en términos de costos, minimizando los gastos y maximizando la eficiencia del

proceso de distribución; todo esto se logra al analizar todas las variables que intervienen en el proceso, como las distancias a recorrer entre clientes, el tráfico, los horarios de entrega y los costos que generan los vehículos en las rutas ejecutadas. Al implementar este método matemático, la empresa puede optimizar de una mejor forma los recursos disponibles. (kangjia, y otros, 2022)

El proceso inició con la recolección de datos precisos sobre los puntos de partida y destino, así como las restricciones, estas variables fueron ingresadas en el programa Solver, que utiliza algoritmos avanzados para determinar la mejor solución posible, no obstante, para maximizar aún más los resultados, se decidió complementar el uso de Solver con el método de enjambre de partículas. (Tuan Hassam & Masrom, 2022)

La metodología del enjambre de partículas imita el comportamiento de las abejas y cómo se comunican para encontrar el camino más eficiente hacia una fuente de alimento, este enfoque se implementó mediante la asignación de partículas representativas a cada uno de los puntos de entrega en la ruta, estas partículas se movieron y ajustaron su posición en busca de la mejor combinación de rutas (Akemi Ikegawa, Crespo Chacón, Rodríguez Díaz, Montesinos Barrios, & García Morillo, 2023)

La combinación de Solver y el método de enjambre de partículas demostró ser altamente efectiva. Al finalizar el proceso de optimización, se logró reducir los costos de entrega en un 19%. Esto se tradujo en una mayor eficiencia operativa y una disminución significativa de los costos de transporte, la empresa puede cumplir con las

entregas de manera oportuna, generando un mayor grado de satisfacción por parte de los clientes. (Vasquez Burgos, 2022)

En resumen, el uso de Solver y el método de enjambre de partículas resultó ser una estrategia altamente exitosa para optimizar una ruta de transporte. Los resultados obtenidos demuestran la eficiencia de estas herramientas en la toma de decisiones logísticas. Sin duda, esta combinación se ha convertido en una opción valiosa para las empresas que buscan mejorar sus operaciones y mantenerse competitivas en el mercado.

Por otra parte, se analizarán y discutirán los resultados obtenidos a partir de la información proporcionada en la entrevista sobre los métodos y procesos de distribución de la empresa. Los resultados se presentarán de acuerdo con los parámetros establecidos, destacando las variables clave y sus dimensiones.

En primer lugar, la empresa sigue un calendario de despacho regular en Bogotá, realizando entregas los lunes, miércoles y viernes en semanas normales. Este enfoque estructurado garantiza una distribución constante de productos a los clientes locales. La promesa de entrega de máximo 24 horas demuestra un compromiso con la eficiencia y la satisfacción del cliente. Para las entregas fuera de Bogotá, la empresa ha establecido convenios con empresas transportistas. Este enfoque externalizado es común en la industria para reducir los costos operativos asociados con la gestión de una flota propia en áreas geográficas más amplias.

La empresa utiliza una flota propia de vehículos en Bogotá, lo que sugiere un control directo sobre los procesos de distribución local. Fuera de Bogotá, se confía en empresas transportistas con tarifas diferenciadas. Este enfoque permite adaptar los

costos de transporte según las necesidades específicas de cada entrega. Sin embargo, la falta de detalles específicos sobre estos costos dificulta una evaluación precisa de su impacto en los márgenes de la empresa.

En cuanto a los tiempos de entrega, la empresa menciona que las entregas se realizan en tiempo, a menos que ocurran eventos extraordinarios como manifestaciones sociales, bloqueos viales o cambios climáticos. Estos desafíos externos son comunes en la logística y pueden afectar los tiempos de entrega. La capacidad de la empresa para gestionar estas situaciones de manera efectiva podría ser un punto clave en su estrategia de distribución.

La empresa ha implementado estrategias específicas para optimizar los tiempos de entrega y reducir los costos de transporte. El uso de vehículos propios en Bogotá permite un control directo sobre las operaciones locales, lo que puede mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de entrega. Además, los convenios con empresas de transporte fuera de la ciudad indican una búsqueda activa de soluciones rentables para las entregas a larga distancia. Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa ha establecido un sistema de distribución eficiente y estructurado que se adapta a las necesidades de sus clientes y a los desafíos logísticos. La combinación de una flota propia en áreas locales y acuerdos con transportistas externos para entregas a larga distancia muestra una comprensión de las complejidades geográficas y operativas del mercado.

Dado el enfoque exitoso de la empresa en la distribución local, se podría considerar una mayor transparencia en relación con los costos asociados con los

acuerdos de transporte externos. Un análisis detallado de estos costos podría revelar áreas de oportunidad para reducir gastos y mejorar los márgenes de beneficio.

CONCLUSIONES.

El uso del método de enjambre de partículas en combinación con el solver ha demostrado ser altamente efectivo para optimizar la ruta de transporte en ECOLUBE, logrando una reducción del 19% en los costos de transporte. Este enfoque basado en algoritmo evolutivo utilizado por el Evolutionary Solver de Excel, permitió maximizar la eficiencia de la flota de vehículos, minimizando los costos de transporte que se ejecutan en los recorridos y tiempos de entrega.

Con la asignación óptima de la ruta al vehículo, se eliminó trayectos innecesarios, optimizando el uso de recursos y reduciendo el consumo de combustible porque la ruta genera un recorrido de menos kilometraje. Este enfoque ha permitido minimizar los costos asociados al transporte de mercaderías, donde se ejecuta una planeación anticipada de la ruta y así cumplir a los clientes de la compañía.

La optimización de la ruta de transporte mediante el uso del método de enjambre de partículas y el solver ha demostrado ser una estrategia eficiente y rentable para ECOLUBE; ya que a través de esta metodología la empresa puede mejorar su competitividad y ofrecer a sus clientes un servicio de primera calidad, garantizando entregas rápidas y puntuales.

La combinación de modelos matemáticos, herramientas de optimización como el método de enjambre de partículas y el solver, ha demostrado ser una solución efectiva para optimizar rutas de transporte y reducir costos en ECOLUBE. La investigación y comparación de metodologías utilizadas por otras empresas en el sector ofrecen

valiosas lecciones que pueden ayudar a ECOLUBE a mejorar sus operaciones, reducir costos y avanzar hacia la sostenibilidad. La implementación de prácticas eficientes, la adopción de tecnología avanzada, la búsqueda de colaboraciones estratégicas y la utilización de datos y análisis serán elementos clave para el éxito futuro en el mercado del transporte.

La construcción de un plan de transporte eficiente es un proceso multidimensional que involucra la planificación estratégica, la optimización de rutas, la gestión de flotas y la adopción de tecnología. La reducción de costos en el proceso de transporte se logra a través de la toma de decisiones informadas y la adaptación constante a las condiciones cambiantes. Un enfoque sistemático en estas áreas es esencial para lograr una operación de transporte rentable y eficiente. Luego de realizar un estudio y evaluar alianzas estratégicas con proveedores de transporte confiables y eficientes con el objetivo de generar logística colaborativa en la distribución de los productos de ECOLUBE, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- **Potencial de Mejora Significativo:** El estudio reveló un potencial de mejora significativo en la distribución de los productos de ECOLUBE a través de alianzas estratégicas con proveedores de transporte. La colaboración con socios confiables y eficientes puede aportar una serie de ventajas clave para nuestra empresa.
- **Reducción de Costos:** La logística colaborativa puede ayudar a reducir los costos de transporte al compartir recursos y rutas con otros actores de la cadena de suministro. Esto incluye la posibilidad de consolidar cargas, optimizar rutas y reducir la necesidad de flotas de transporte propias.

- **Mejora de la Eficiencia Operativa:** Al colaborar con proveedores de transporte confiables y eficientes, es posible mejorar la eficiencia operativa en términos de tiempos de entrega, capacidad de respuesta a la demanda y disponibilidad de recursos. Esto a su vez puede mejorar la satisfacción del cliente.
- **Flexibilidad y Adaptación:** La logística colaborativa permite una mayor flexibilidad y adaptación a las fluctuaciones en la demanda y a las cambiantes condiciones del mercado. La capacidad de ajustar rápidamente la capacidad de transporte en función de las necesidades puede ser un activo valioso.
- **Reducción del Impacto Ambiental:** La consolidación de cargas y la optimización de rutas pueden contribuir a la reducción del impacto ambiental, al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y el consumo de combustible.
- **Evaluación Rigurosa de Socios:** Es crucial llevar a cabo una evaluación rigurosa de los posibles socios de transporte para garantizar que sean confiables, eficientes y cumplan con los estándares de calidad y servicio de ECOLUBE.
- **La implementación de tecnologías avanzadas de seguimiento y análisis de datos,** junto con la formación de alianzas estratégicas con proveedores de transporte confiables, se presenta como una estrategia integral para ECOLUBE. Al emplear sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) que ofrecen seguimiento en tiempo real y planificación logística

eficaz, la empresa puede no solo optimizar sus rutas de distribución, sino también garantizar la precisión en las promesas de entrega. Al mismo tiempo, colaborar estrechamente con proveedores de transporte confiables mediante alianzas estratégicas permite establecer una logística colaborativa sólida.

Bibliografía

- Aguila Tellez, A., Gonzalez, D., Gutierrez, G., & Ortiz, L. (2022). Optimal location and dimensioning of photovoltaic distributed generation in distribution networks using PSO. *Revista de ID Tecnológico*, 19.
- Akemi Ikegawa, M., Crespo Chacón, M., Rodriguez Díaz, J. A., Montesinos Barrios, P., & García Morillo, J. (2023). Aplicación de algoritmo de enjambre de partículas para optimización de pats en redes de riego. 8.
- Asociación Nacional de Comercio. (2023). *Informe del Índice de Desempeño Logístico (LPI) Banco Mundial*.
- Becerra, A., Moreno, H., & Ramírez, T. (2021). Logística colaborativa.
- Caiza, R. (2021). *Capacidad de carga*. Obtenido de <https://www.calameo.com/books/00113126686e609350859>
- Chopra, S., & Meindi, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Ecolube. (2023). *Procesos de la empresa*.
- Ferrer, M., Ariza, Y., Martínez, J., Garizao, J., & Pullido, R. (2019). Modelo de optimización colaborativo para la minimización de los costos variables de

- transporte de carga por carretera en Colombia. *Investigación y desarrollo en TIC*, 10(1), 26-36.
- Fontalvo Herrera, T., De la Hoz Granadillo, E., & Mendoza Mendoza, A. (2019). The Logistic Processes and the Management of the Supply Chain. *Universidad Libre*, 11.
- Jaimes, D. (2019). INTELLIGENT SUPPLY CHAIN, CROSS DOCKING SYSTEMS AND REVERSE LOGISTICS AS INTEGRATING AND SUSTAINABLE MECHANISMS: A REVISION. *Revista digital de Semilleros de Investigación REDSI*, 15.
- kangjia, Q., Kunjie, Y., Boyang, Q., Jing, L., Canción, H., & Caitong, Y. (2022). An Evolutionary Multitasking Optimization Framework for Constrained Multiobjective Optimization Problems. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 14.
- Lazaro, N., Meza, L., & Torres, J. (2022). Literature review on international logistics: A network analysis and trends. *Económicas CUC*, 24.
- López, C., Tique, M., Sánchez, M., Duque, L., & Mosquera, M. (2021). Realidades del transporte de carga aérea en Bogotá y su incidencia en el comercio internacional. *Revista Investigación, desarrollo, educación, servicio y trabajo*, 1(1), 74 - 92. doi:<https://revista.fundes.edu.co/index.php/revista/article/view/6>
- Minett, G., Salto, C., Alfonso, H., Bermúdez, C., Dielschneider Del Bono, J., & Vargas, J. (2022). Optimización de la logística de distribución. *Red de Universidades con Carreras en Informática*, 5.
- Moreno, S., Arango, M., Serna, C., & Zapata, J. (2020). Mathematical model for the distribution network optimization of a courier and parcel company. *DYNA*, 10.

- Mori, C. (2019). *Mejora en la gestión de transporte de la empresa comercializadora L-E4Y en Europa*. Obtenido de Universidad San Ignacion de Loyola:
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0972a8fc-a18c-41ee-909f-2eea0be3c714/content>
- Muñoz, E. (2021). *Puntualidad en las organizaciones*. Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/460790628/PUNTUALIDAD>
- Quick. (Junio de 2021). *Rutas de distribución logística y sus procesos*. Obtenido de
<https://web.smartquick.com.co/rutas-de-distribucion-logistica-y-sus-procesos/>
- Rico, A., & Pineda, T. (2020). Análisis de los antecedentes y el impacto de la logística 4.0 en el transporte terrestre de mercancías en Colombia, y proyecciones. *Universidad Cooperativa de Colombia*, 18.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill. doi:978-607-15-0291-9
- Santafé Moros, M. A., Gozávez Zafrilla, J. M., Toldra Rey, F., Catalán Martínez, D., & Martí Calatayud, M. C. (2019). Uso combinado de VBA y Solver de Excel para la realización de ejercicios de optimización en ficheros Excel fácilmente evaluables. *Universitat Politècnica de Valencia*, 14.
- Scopus. (2023). *Análisis de flujo por años*. Obtenido de
<https://www.scopus.com/home.uri>
- Senger, P. (2010). *La quinta disciplina*. Buenos Aires, Argentina: Granica.
- Shaqarin, T., & Noack, B. (2023). A Fast-Converging Particle Swarm Optimization through Targeted, Position-Mutated, Elitism (PSO-TPME). *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 17.

- Shuihua, H., Yudi, M., Linlin, C., Zongwei, L., & Foropon, C. (2022). A multi-period closed-loop supply chain network design. *Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature*, 39.
- Suci Rahayu, E., Ma'arif, A., & Abdulah, C. (2022). Particle Swarm Optimization (PSO) Tuning of PID Control on DC Motor. *International Journal of Robotics and Control Systems*, 13.
- Tuan Hassam, T., & Masrom, M. (2022). DETERMINING OPTIMAL TRANSPORTATION ALLOCATION USING LINEAR PROGRAMMING METHODS. *Universiti Teknologi Malaysia*, 18.
- Vargas, L., & Ripe, G. (2015). *Propuesta para la mejora del proceso logístico de transporte y entrega de los productos comercializados por la compañía CCENECA Comercial Ltda.* Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7271/RipeJaimeGermanAugusto2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vasquez Burgos, J. L. (2022). *OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE LUBRICANTES DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA UTILIZANDO PROGRAMACIÓN LINEAL Y DINÁMICA*. Perú: Universidad privada del norte.
- Vos Viewer. (2021). *Logistic distribution*. Obtenido de <https://www.vosviewer.com/publications>
- Wang, Y., Qin, L., Xiangyang, G., Maozeng, X., Yong, L., & Haizhong, W. (2021). Two-echelon collaborative multi-depot multi-period vehicle. *Expert Systems With Applications*, 25.

Yang, L. (2023). Information Retrieval and Optimization in Distribution and Logistics Management Using Deep Reinforcement Learning. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management* volume 16, 19.