

Modelo de simulación para el sistema de distribución de la empresa Envía
Colvanes S.A.S para la zona cuatro en la ciudad de Bogotá.



Jasbleidi Caicedo Valencia, Verónica Dayana Vargas Cortes

Director: Nathalia Chaparro Hernandez
MSc Ingeniería Industrial

Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C
Mayo de 2023

Modelo de simulación para el sistema de distribución de la empresa Envía
Colvanes S.A.S para la zona cuatro en la ciudad de Bogotá.

Jasbleidi Caicedo Valencia, Verónica Dayana Vargas Cortes
Mayo 2023

Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C

Notas del autor

Jasbleidi Caicedo Valencia, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad
Antonio Nariño, Bogotá D.C.

Verónica Dayana Vargas Cortes 2, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Antonio Nariño, Bogotá D.C.

El proyecto de tesis tuvo colaboración de la empresa Envía Colvanes S.A.S

Dedicatoria

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Dios por habernos otorgado sabiduría, entendimiento y fortaleza durante el maravilloso proceso de nuestra carrera en Ingeniería Industrial. también, deseamos agradecer a nuestros padres por el acompañamiento y el apoyo incondicional que nos han brindado en cada etapa de nuestra vida, así como por los sacrificios y esfuerzos que realizaron para ayudarnos a cumplir nuestros sueños. Por último, extendemos nuestro agradecimiento a cada docente de la Facultad de Ingeniería Industrial, quienes nos proporcionaron las herramientas necesarias para alcanzar el éxito en nuestra carrera.

Tabla de contenidos

Dedicatoria	1
Introducción	1
Línea de Investigación	3
Planteamiento del problema.....	4
Descripción del Problema.....	5
Formulación del Problema.....	10
Justificación	10
Objetivos	12
General	12
Específicos	12
Marco Referencial.....	13
Antecedentes	13
Marco Conceptual	26
Marco Geográfico	30
Diseño Metodológico.....	32
Tipo y Enfoques de Investigación.....	32
Método de Investigación.....	33
Método deductivo	33
Hipótesis	33
Fases y Actividades Metodológicas.....	34
Cronograma de Actividades.....	37
Diagnóstico y análisis de entrada.....	38
Variables de Medición	40
Pruebas de uniformidad y homogeneidad.....	40
Prueba de independencia.....	49
Prueba de Bondad y ajuste.....	52
Modelo matemático actual de la organización.....	56
Modelo actual de la empresa Envía Colvanes S.A.S.....	58
Modelo de simulación real de la empresa Envía Colvanes S.A.S	59
Escenarios de mejora	74
Otro escenario de mejora	87
Estudio financiero del proyecto	99
Costo beneficio de ahorro por gasolina	101
Conclusiones	103
Lista de referencias	105
Anexo 1. Distancias y tiempos de trayecto.....	108

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de tipo de servicio por peso.	6
Tabla 2: Referencias nacionales.....	13
Tabla 3. Procedimiento de investigación.....	34
Tabla 4. Distancia y tiempo de trayectos.....	39
Tabla 5. Distribución de probabilidad de tiempo en trayectos.....	58
Tabla 6. Distribución de probabilidad de distancia en trayectos.....	58
Tabla 7. Componentes de la simulación.....	60
Tabla 8. Tiempo promedio de descargue por ruta.....	61
Tabla 9. Tiempos promedios de las réplicas por zonas.....	67
Tabla 10. Distancias promedias de las réplicas por zonas.....	72
Tabla 11. Valor de galones aproximados consumidos en el modelo actual de Envía Colvanes S.A.S.....	73
Tabla 12. Tiempos promediados de las réplicas por zonas.....	79
Tabla 13. Distancias promediadas de las diferentes réplicas.....	84
Tabla 14. Valor de galones consumidos en el escenario de mejora propuesto.....	85
Tabla 15. Diferencia de costos del modelo actual y el propuesto.....	86
Tabla 16. Tiempo promedió de trayectos.....	98
Tabla 17. Análisis financiero.....	99
Tabla 18. Costo del modelo.....	100
Tabla 19. Costo de oportunidad.....	100
Tabla 20. Costo beneficio por gasolina.....	102

Lista de figuras

Figura 1. Centros de operación	5
Figura 2. Diagrama de Árbol de la empresa Envía Colvanes S.A.S.....	7
Figura 3. Mapa de zonas de Envía Colvanes S.A.S.....	31
Figura 4. Estrategia de análisis 1, tiempo total en zona 4.....	41
Figura 5. Estrategia de análisis 2, tiempo estimado de trayectos en Ruta	42
Figura 6. Estrategia de análisis 2, tiempo estimado de trayectos en Ruta Puente Aranda.....	43
Figura 7. Estrategia de análisis, tiempo estimado de trayectos en ruta Ind Baja.....	44
Figura 8. Estrategia de análisis de distancia en trayectos de la zona cuatro.....	45
Figura 9. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Soacha.....	46
Figura 10. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Puente Aranda.	47
Figura 11. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Ind Baja.	48
Figura 12. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Soacha	49
Figura 13. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Soacha	49
Figura 14. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Ind Baja.	50
Figura 15. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Ind Baja.....	50
Figura 16. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Puente Aranda	51
Figura 17. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Puente Aranda.....	51
Figura 18. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Soacha.....	53
Figura 19. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Puente Aranda.....	53
Figura 20. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Ind. Baja.....	54
Figura 21. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Soacha.....	54
Figura 22. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Puente Aranda.	55
Figura 23. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Ind Baja.	55
Figura 24. Modelo actual de la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro del tiempo.	62
Figura 25. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona puente Aranda.....	64
Figura 26. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Soacha.....	65
Figura 27. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Ind.Baja	66
Figura 28. Modelo actual de la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de distancia.	68
Figura 29. Réplicas de distancia promedio de ruta en Puente Aranda.....	69
Figura 30. Réplicas de distancia promedio de ruta en Soacha.....	70
Figura 31. Réplicas de distancia promedio de ruta en Ind Baja.....	71
Figura 32. Escenario de mejora para la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de tiempo.	74
Figura 33. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Puente Aranda	76
Figura 34. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Soacha.....	77
Figura 35. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Ind.Baja.....	78
Figura 36. Escenario de mejora para la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de distancia.	80
Figura 37. Réplicas de distancia promedio de ruta en Puente Aranda.....	81
Figura 38. Réplicas de distancia promedio de ruta en Soacha.....	82
Figura 39. Réplicas de distancia promedio de ruta en Ind Baja.....	83

Figura 40. Ruta zona Ind- día 1	89
Figura 41. Ruta Zona Ind -día 2.....	90
Figura 42. Ruta Zona Ind- día 3.....	91
Figura 43. Ruta Soacha -día 1.....	92
Figura 44. Ruta Soacha-día 2.....	93
Figura 45. Ruta Soacha- día 3.....	94
Figura 46. Ruta Puente Aranda -Día 1.....	95
Figura 47. Ruta Puente Aranda-día 2.....	96
Figura 48. Ruta Puente Aranda-día 3.....	97

Introducción

La simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir el experimento en este modelo con el propósito de entender su comportamiento o evaluar varias estrategias con las cuales se pueda operar el mismo. (Marquez días, Sanmartín Mendoza, & Céspedes, 2013). Basado en lo anterior, se pretende simular un sistema de ruteo de vehículos para la distribución de mercancía en Bogotá para la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro que permita optimizar la operación.

Para el caso del estudio se escogió a la empresa Envía Colvanes S.A.S en uno de sus centros de distribución en Colombia, el cual se encuentra ubicado en Fontibón (Carrera 88 No. 17B-10), donde cubre la demanda de la ciudad de Bogotá. En la actualidad el proceso de distribución es ejecutado por los vehículos de la flota de la compañía. A todos estos vehículos los tripulantes realizan de manera personalizada por un método empírico la asignación de rutas para la ejecución de las actividades de recolección y distribución. Dentro de la ciudad estas rutas se realizan según la zona en la que deba realizarse el proceso, así como el tipo de servicio que el cliente haya requerido y el tipo de mercancía que se esté enviando o entregando.

Para llevar a cabo el estudio se recolecto información correspondiente al comportamiento de la solicitud de demanda de pedidos diarios, en donde se utilizaron un total de 241 trayectos correspondientes al periodo de enero a marzo de 2022, los cuales están asociados a diferentes rutas, que a su vez están relacionados a la zona cuatro de la ciudad de Bogotá. Los trayectos permiten obtener información detallada sobre el tipo de servicio, vehículo, ruta y distancia que

Comentado [j1]: Redaccion

se utilizó para ejecutar los pedidos asignados. Sin embargo, es importante mencionar que no se consideraron factores externos como accidentes, clima y tráfico.

Durante el proceso de distribución de las rutas el porcentaje que cumple con los tiempos de entrega ofrecidos al cliente fue del 65,69% según el Balance Scorecard de Envía Colvanes S.A.S, demostrando que no hay efectividad en las entregas, lo cual genera clientes insatisfechos, en donde el recurso del sistema al realizar rutas de manera empírica para la distribución genera dudas si es el adecuado para realizar esa labor y si cumple con los objetivos de seleccionar los mejores trayectos para llevar a cabo la distribución de manera eficiente y efectiva.

El propósito de este trabajo de grado es el diseño de un modelo de simulación para el sistema de distribución de la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá, con el fin de mejorar su eficiencia en este proceso. El modelo permitirá tomar decisiones fundamentadas en datos precisos y confiables, así como experimentar con escenarios sin incurrir en las pérdidas que usualmente se presentan al realizar cambios en los sistemas reales. Para crear este modelo, se realizará un análisis de las variables de entrada con el objetivo de validar su independencia, homogeneidad, bondad y ajuste. A través de estas pruebas, se determinará el modelo actual de distribución de la organización mediante un modelo matemático con las variables del problema, el cual será representado mediante una simulación.

Esta simulación nos proporcionará una comprensión profunda del sistema actual de la organización, lo cual nos permitirá modelar y evaluar escenarios de distribución con el objetivo de encontrar una posible mejora para la distribución adecuada de Envía Colvanes S.A.S.

Línea de Investigación

Productividad y competitividad: Esta línea de investigación va enfocada en logística, mercadeo, mejora de producción y estudio de factibilidad, tiene como propósito involucrar al estudiante en proyectos que fortalezcan la actitud emprendedora, desarrollando y formando de manera responsable, permitiendo ejercer una acción autónoma y decisiones adecuadas.

Teniendo en cuenta las líneas de investigación que tiene la facultad de Ingeniería Industrial. El proyecto que se realizará está enfocada en la línea de Innovación, productividad y emprendimiento en donde se encuentra la logística asociada a paradigmas de modelos de rutas de distribución como herramienta de optimización.

Planteamiento del problema

Según Ballou, el transporte tiene en promedio un porcentaje más alto de los costos que cualquier otra actividad logística, que puede llegar a representar hasta el 50% del costo logístico total. Aunque en el transporte se toman muchas decisiones algunas de las principales son la selección del vehículo, el diseño de la ruta, la programación de los vehículos, en donde el ruteo de vehículos incluye la planificación y el diseño de rutas, que es un desafío que enfrentan los planificadores de rutas, reduciendo así aquellos costos que tienen un impacto en el costo total de las operaciones logísticas. (Ballou, 1999)

El Problema de ruteo de Vehículos (VRP) fue definido en la década de 1970 como el conjunto de rutas que debe recorrer un conjunto de vehículos para visitar a todos los clientes y satisfacer la demanda requerida, aunque es un método establecido desde hace más de 30 años (Ballou, 1999), vuelve a surgir como una necesidad de las empresas, en este caso de la empresa objeto de estudio, donde se han evidenciado retrasos en tiempos de entrega y de reparto, generando bastante inconformidad por los clientes a un 34,31% de enero a octubre de 2022 (S.A.S E. C., s.f.). Esta insatisfacción se debe, en gran medida, a la falta de un modelo de ruteo estándar para la flota de vehículos de la empresa, lo cual ha afectado la eficiencia en la distribución de paquetes, ya que en la actualidad se realizan de manera empírica basado en los conocimientos de la tripulación, que presentan errores con consecuencias financieras a corto y largo plazo, como el consumo de combustible, el almacenamiento y la disminución de la demanda, así como el desgaste de los vehículos.

Por lo anterior, la empresa Envía Colvanes S.A por medio de la identificación de rutas le permitirá disminuir las novedades operativas, Baja el criterio de un modelamiento matemático para ruteo de los vehículos de esta empresa dirigido a la zona cuatro, siendo la zona con mayor demanda para la ciudad de Bogotá.

Descripción del Problema

En 1996 el empresario Henry Cubides Olarte funda Envía Colvanes S.A.S, la segunda empresa de distribución y mensajería más grande de Colombia, tiene 22 centros de operación regional, 949 puntos de servicios, 5.600 colaboradores y más de 1040 vehículos que llegan a 1.013 municipios, en donde satisfacen necesidades y expectativas de los cliente por medio de soluciones de logística innovadora que permitan agregar valor estratégico a sus clientes (Envía Colvanes S.A.S, 2020).

Figura 1. Centros de operación



Nota. Envía Colvanes tiene presencia en 22 ciudades del país, dividido en 15 Regionales y 7 Centros de Operación Regional (COR).

Entre los procesos que desarrolla la empresa se encuentran recolección, transporte, logística y distribución de documentos, paquetes y mercancías, en donde la entrega y recepción de mercancía se inicia desde el momento en que el cliente lleva su paquete al punto de servicio o centro de distribución, dependiendo de la relación de peso y volumen del paquete, se le asigna el servicio. Como se muestra en la siguiente matriz:

Tabla 1. Clasificación de tipo de servicio por peso.

Tipo de servicio	Restricción por peso permitido
Documentos exprés	250 g
Paquete aéreo-terrestre	1-8 kg
Mercancía terrestre	9-200 kg
Mercancía aérea	9-80 kg

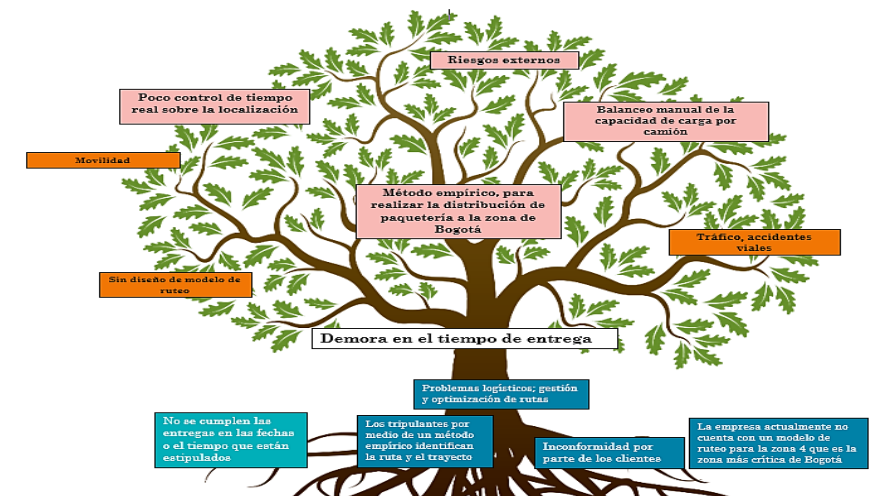
Nota. El servicio de distribución y recolección se divide en tres servicios: documentos, paquetes y mercancías

Después de categorizar el tipo de servicio del paquete, se genera una guía que contiene datos como nombre, dirección, ciudad y número de móvil del remitente y del destinatario, fecha de envío, descripción del contenido y monto evaluado, en donde se procede a liquidar y generar las guías, en caso que se envié más de dos paquetes, uno de los paquete llevara la guía y los otros el número de referencia de guía con la secuencia de unidades a enviar, si los paquetes en puntos de servicio son enviados antes de las 12.00 pm , son unificados el mismo día para envió, en donde el cliente por medio de la guía puede rastrear su producto.

Por lo que, luego de culminado este proceso, la empresa con un plan de arribo en el área de logística y distribución, el cual está dividido en dos segmentos, en primera parte, lo que se debe

atender y distribuir para una entrega inmediata, en donde para este primer segmento la compañía cuenta con un operador logístico “Servi-información” en donde este operador es responsable de dirigir las guías a cada zona de acuerdo con criterios de ubicación geográfica y restricciones establecidas por la empresa en las áreas. Por otro lado, en un segundo segmento se encuentra el inventario del día anterior que no llegó a su destino final debido a diversas novedades, entre las cuales encontramos:

Figura 2. Diagrama de Árbol de la empresa Envía Colvanes S.A.S



Nota: Es el Resultado de las diferentes problemáticas en la operación que se presentan en Envía Colvanes S.A.S en la regional Bogotá, teniendo como principales causas: Método de distribución empírico, demoras en cargue por balanceo manual, riesgos externos y poco control del tiempo real sobre la localización. (Elaboración propia)

En el diagrama anterior se puede observar que existen varios factores que impiden que la distribución sea eficiente. Uno de ellos es el método de distribución empírico utilizado, donde los conductores deciden la ruta a tomar, lo que puede generar demoras ya que a menudo las direcciones de los destinatarios no son precisas, y puede coincidir con una ciudad diferente, ya que no existe un sistema de enrutamiento automático que permita trazar anticipadamente las rutas de distribución y comprobar la autenticidad de dichas direcciones. Otro factor que se evidencia es la demora en el cargue debido a un balanceo manual, lo que refleja nuevas novedades operativas debido a mercancía mal enrutada, mal arrumada, averías y pedidos incompletos.

Además, existen factores externos que también influyen en la eficiencia de la distribución, como accidentes, clima y tráfico. Por último, se evidencia un factor adicional relacionado con la falta de control en tiempo real sobre la ubicación de los vehículos en la empresa. La ausencia de una planificación establecida de los tiempos de trayecto impide cumplir con la demanda asignada al vehículo en un tiempo adecuado, lo que genera un impacto negativo en la eficiencia del proceso de distribución.

Continuando con el proceso de distribución la compañía, después de tener el plan de arribo ejecutado se procede a el reparto en los vehículos por medio de un cross docking en donde se hace el proceso de separación por zona, establecido por el programa Sato, que es un instrumento creado por la compañía que permite realizar un balance manual de la mercancía que determina la capacidad que el camión puede llevar, en donde este direccionamiento está liderado por el supervisor de cada área, en donde después de haber culminado este proceso se radican las

planillas de reparto donde se encuentra la información que se requiere como el número de guía, información del paquete que se va a enviar y los responsables, la distribución es realizada por los vehículos de la flota de la compañía, A todos estos vehículos los tripulantes realizan de manera personalizada por un método empírico la asignación de rutas para la ejecución de las actividades de recolección y distribución.

Al finalizar el proceso de entrega, los vehículos retornan al centro de distribución, donde se les solicita firmar un documento relacionado aquellos pedidos que presentaron novedades, indicando el motivo correspondiente. Con la ayuda de los operarios de carga y descarga, se dirigen los paquetes a la zona de novedades para su despacho al día siguiente.

En el presente estudio, se ha tomado la decisión de limitar la representación de los trayectos a la Zona Cuatro, que abarca las rutas Zona Ind, Soacha y Puente Aranda. Esta elección se basa en la identificación de esta zona como la de mayor demanda de pedidos. En donde el sistema mencionado estudiara las variables de tiempo y distancia, sin considerar factores externos.

Es importante destacar que, durante el proceso de distribución, solo el 65,69% de los pedidos cumplió con los tiempos de entrega ofrecidos al cliente, según los registros del Balance Scorecard de Envía Colvanes S.A.S. Esta cifra evidencia la falta de efectividad en las entregas, lo cual genera insatisfacción entre los clientes, en donde el recurso del sistema al realizar rutas de manera empírica para la distribución genera dudas si es el adecuado para realizar esa labor y si

cumple con los objetivos de seleccionar los mejores trayectos para llevar a cabo la distribución de manera eficiente y efectiva.

Formulación del Problema

¿Qué se requiere para mejorar la operación de distribución en la zona cuatro en Bogotá para la empresa Envía Colvanes S.A.S?

Justificación

Este trabajo de grado se realizó con el fin de aplicar una serie de conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial enfocándonos en la optimización de recursos, los métodos de transporte, la organización y el método al cual está enfocada esta propuesta, brindando así los paradigmas de diferentes tipos de modelos de ruteo de transporte, en donde el diseño de estas rutas es una tarea crucial en cualquier empresa que realice entregas o transporte de mercancías, ya que un enfoque adecuado puede mejorar significativamente la eficiencia de la operación y reducir los costos en donde se consideren múltiples variables, como el tiempo de entrega, los costos de los viajes, los tiempos de espera, la franja de horarios y las restricciones de capacidad, lo que permite diseñar rutas óptimas que cumplan con las necesidades y limitaciones específicas de la empresa.

Así mismo, este modelo pueda considerar múltiples vehículos para cubrir la demanda de la compañía, asignándoles rutas óptimas y equilibradas para cada uno de ellos. Se propone realizar un modelo de simulación de ruteo con el fin de permitir la caracterización de la distribución en la zona cuatro en Bogotá para la empresa Envía Colvanes S.A.S, en donde este modelo de simulación permita ser una herramienta importante que se pueda implementar y

representar de manera realista, para las rutas logísticas de la empresa, logrando la adaptación a los cambios y el buen aprovechamiento de los recursos.

La estructura del modelo de simulación tiene como objetivo identificar el funcionamiento real de la empresa con el fin de definir algunas alternativas y desarrollar un mejor modelo que le permita a la organización mejorar el desarrollo de su estructura. Además, por medio de la herramienta de diagrama de árbol, permitirá la identificación de los aspectos que están ocasionando el problema en la empresa Envía Colvanes S.A.S, diagnosticando las condiciones actuales de la operación en el centro de distribución, donde se analizaran diversos temas relacionados con tiempos y sus respectivos costos operacionales, adquiriendo registros históricos de distancia en Km, el respectivo tipo de envío y cliente.

Con base en esta información, se analizará los datos Baja contextos estadísticos y aleatoriedad las diferentes variables involucradas en el sistema y se determinara que tipos de distribuciones son los más adecuados para los diferentes trayectos para optimizar los tiempos y el desplazamiento. Una vez verificado que los datos son homogéneos, independientes y uniformes, se procederá a realizar un modelo matemático con las variables del problema, con el fin de evaluar el desempeño y la ejecución, el cual será representado por medio de una simulación que permitirá visualizar el estado actual de la organización que permita modelar y evaluar diferentes escenarios de distribución en la empresa Envía Colvanes S.A.S, con el objetivo de encontrar una posible mejora para la distribución adecuada.

Objetivos

General

Diseñar un modelo de simulación para el sistema de distribución que permita optimizar la eficiencia en la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá.

Específicos

Objetivo específico 1. Analizar Baja contextos estadísticos de entrada y aleatoriedad el comportamiento de las diferentes variables involucradas en el sistema.

Objetivo específico 2. Formular un modelo matemático de ruteo de vehículos para la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá.

Objetivo específico 3. Desarrollar un modelo de simulación que represente el sistema actual de distribución de la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá.

Objetivo específico 4. Establecer diferentes escenarios del modelo de simulación que permitan evidenciar mejores rutas en el sistema de distribución.

Objetivo específico 5. Elaborar el estudio financiero del proyecto que permita a la empresa Envía Colvanes S.A.S evaluar los beneficios económicos que se pueden obtener a partir de la aplicación del sistema.

Marco Referencial

Antecedentes

Tabla 2: Referencias nacionales.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
1. Diseño de un sistema de rutas para el acceso y salida de los estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle en la sede Candelaria (Brandon Andrés Ballesteros Barriga; Santiago Cruz Benjumea, 2018)	En la Universidad de La Salle Sede La Candelaria, se estima que alrededor de 630 estudiantes del programa deben utilizar algún medio de transporte para llegar al campus, lo que implica caminar por varias vías y calles en la periferia de la localidad. Hasta ahora, no se ha llevado a cabo ningún estudio para determinar cómo se están movilizandolos estos estudiantes de la sede Candelaria, lo que crea una oportunidad para investigar y comprender las formas de transporte utilizadas por ellos.	El objetivo es crear un sistema de rutas basado en técnicas matemáticas y/o estadísticas para facilitar el acceso y la salida de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle en la Sede Candelaria, ubicada en la localidad 17. Se diseñará un sistema que mejore la movilidad y facilite la planificación de rutas para los estudiantes en su recorrido hacia la sede Candelaria.	Con un nivel de confianza del 95%, se puede concluir que las rutas generadas por el modelo desarrollado en C# son estadísticamente más cortas que las rutas obtenidas a través de ARCGIS. Este resultado se ha respaldado mediante un diseño de experimentos en el que se ha aceptado la hipótesis nula y se ha rechazado la hipótesis alternativa. Sin embargo, debido al volumen de datos contenido en la matriz de adyacencia de la localidad La Candelaria, el modelo requiere una considerable cantidad de recursos al abrir y cargar dicha matriz. Por lo tanto, resulta imperativo optimizar el consumo de recursos del modelo y evitar posibles fugas de memoria.
2. Diseño de un sistema de rutas del proveedor transportes y seguros especializados de la empresa salud total eps-s, mediante el modelo matemático de optimización lineal del agente viajero (Diana Marcela Matiz Avendaño, 2020)	La entidad enfrenta desafíos en la gestión eficiente del servicio de Atención al Usuario Hospitalizado en Casa debido a problemas asociados con el manejo inadecuado de la información y la falta de coordinación entre los procesos y el uso de la tecnología. Estas problemáticas se vinculan principalmente con los procesos logísticos y la falta de integración efectiva de la tecnología, lo cual ha tenido un impacto negativo en la calidad del servicio proporcionado a los usuarios hospitalizados.	Diseñar un sistema de rutas para el proveedor Transportes y Seguros Especializados de la empresa Salud Total EPS-S utilizando el modelo matemático de optimización lineal del agente viajero. Este sistema permitirá planificar de manera eficiente las rutas de transporte, optimizando los recorridos y reduciendo los tiempos y costos asociados	Debido a las limitaciones del Solver de Excel para realizar un análisis completo de los datos, el autor del estudio opta por utilizar exclusivamente el VRP Solver para las sucursales de Barranquilla y Cartagena. Los resultados obtenidos revelan que la Sucursal de Barranquilla cuenta con 17 rutas óptimas posibles, utilizando un total de 20 vehículos. Esto lleva a la conclusión de que es necesario contratar 5 vehículos adicionales, ya que los recursos actuales no satisfacen las necesidades del servicio.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>3. Desarrollo de un Sistema para Elaboración de Rutas de Distribución de las Empresas Adscritas a la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador del Departamento de La Unión (Florez, 2017)</p>	<p>La utilización de metodologías para mejorar los procesos tiene como objetivo abordar los altos costos asociados a la distribución de mercancías en una empresa, los cuales pueden representar entre un 28% y 35% de los costos logísticos totales. Es en esta área donde se concentran los esfuerzos para reducir los costos, aunque en muchos casos se realiza sin el respaldo de una metodología probada para la optimización de costos basada en las rutas de distribución. Es fundamental implementar una metodología efectiva que permita identificar y mejorar las rutas de distribución, lo cual contribuirá a reducir los costos logísticos y aumentar la eficiencia en la cadena de suministro de la empresa.</p>	<p>Desarrollar un sistema para elaboración de rutas de distribución de las empresas adscritas a la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador del departamento de La Unión</p>	<p>Durante el proceso de sistematización del desarrollo de rutas de distribución para las empresas afiliadas a la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador en el departamento de La Unión, se pudo constatar la amplia gama de variables que influyen en la ejecución de un algoritmo capaz de generar rutas de distribución eficientes. Estas variables incluyen diferentes tipos de cargas, características de vehículos, rendimientos, equipos, entre otros, que varían de una empresa a otra. Sin embargo, todas estas variables convergen en una única toma de decisión, que se refleja en la elaboración de rutas de distribución de acuerdo con los pedidos realizados por los clientes a las empresas.</p>
<p>4. Modelación matemática del problema de ruteo de vehículos con restricciones múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y ventanas de tiempos (Izasa, 2012)</p>	<p>En el presente trabajo se propone un método matemático de programación entera mixta (MIP) para solucionar un problema de ruteo de vehículos con restricciones de múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y ventanas de tiempo codificado en GAMS, un software de modelación algebraica general. Una de las dificultades que presentan los métodos aproximados para solucionar problemas de ruteo de vehículos es que no siempre se conoce que tan buenas son las soluciones que generan y adicionalmente por lo general solo aplican para resolver el problema específico para el cual fueron diseñados.</p>	<p>Diseñar un modelo matemático de programación entera mixta para solucionar un problema de ruteo de vehículos con restricciones de múltiples depósitos, flota heterogénea de vehículos y tiempos.</p>	<p>Como se demuestra con el desarrollo de este modelo, la complejidad computacional inherente a los problemas de ruteo de vehículos hace que a medida que se aumenta el tamaño de las instancias solucionadas el tiempo de ejecución aumente exponencialmente. Sin embargo para instancias de 15 a 20 clientes se obtuvieron soluciones muy cercanas al óptimo en tiempos computacionales razonables lo que hace a este modelo una excelente herramienta no solo para resolver instancias pequeñas de este tipo de problemas complejos sino también para comparar resultados con métodos aproximados a fin de medir el desempeño de estos y la calidad de sus soluciones.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>5. Diseño de una técnica de simulación-optimización al problema M-MDPDPTW aplicado al sector de hidrocarburos. (López, Hernández, & Oliveros, 2019)</p>	<p>En este trabajo se propone la utilización de un método matemático de programación entera mixta (MIP) para abordar un desafío de ruteo de vehículos que involucra múltiples depósitos, una flota de vehículos heterogénea y restricciones de ventanas de tiempo. Este método se implementa utilizando el lenguaje de modelado algebraico general GAMS. Una de las dificultades que se encuentran al utilizar métodos aproximados para resolver problemas de ruteo de vehículos es la falta de certeza acerca de la calidad de las soluciones generadas. Además, estos métodos suelen estar diseñados específicamente para abordar problemas particulares y no se aplican fácilmente a otros escenarios. En contraste, el enfoque propuesto en este trabajo busca ofrecer una solución precisa y generalizable para el problema de ruteo de vehículos mencionado.</p>	<p>Diseñar una técnica de simulación-optimización que permita resolver el problema de ruteo de vehículos para el sector de hidrocarburos, minimizando los costos de la red logística de crudo entre pozos y oleoductos.</p>	<p>El trabajo realizado aborda el desafío del ruteo de vehículos, considerando diversos factores como nodos disponibles, ventanas de tiempo, producción por pozo, capacidad de camiones en los oleoductos, cantidad de bahías, rutas disponibles y horizonte de planificación. Como resultado, se ha desarrollado una técnica de solución adaptable a diferentes situaciones según los datos ingresados. Este enfoque puede resultar beneficioso para empresas del sector de hidrocarburos u otros sectores de transporte que busquen minimizar costos a lo largo de un horizonte de tiempo determinado.</p>
<p>6. Introducción al problema de enrutamiento de vehículos en la logística de distribución (Ocampo, Londoño, & Rendón, 2020)</p>	<p>Los problemas de enrutamiento han captado la atención tanto de la comunidad académica como empresarial debido a su relevancia en diversas aplicaciones logísticas en organizaciones gubernamentales, militares y empresariales (Bektas et al., 2014). En la literatura especializada, estos problemas son conocidos como Problemas de Enrutamiento de Vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP).</p>	<p>En el ámbito del enrutamiento de vehículos, es fundamental contar con sistemas de información que documenten el progreso en esta área, abarcando desde las aplicaciones prácticas hasta los modelos matemáticos y las metodologías de solución propuestas. En este sentido, Reisman (1992) destaca la importancia de realizar una contextualización del estado del arte en cualquier temática para tener una visión completa del campo de estudio.</p>	<p>Los valores de hipervolumen proporcionan una referencia para investigaciones futuras que utilicen diferentes metodologías de solución. Por otro lado, la métrica Spread indica que los frentes no presentan una distribución uniforme de soluciones, con valores que oscilan entre 0.67 y 1.17. Los frentes discontinuos o con soluciones aisladas tienden a tener un valor de esta métrica superior a 1. Es importante destacar que los tiempos de ejecución obtenidos en este estudio se consideran muy Bajas en relación con la complejidad del problema abordado.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>7. Diseño e implementación de rutas de recolección de residuos hospitalarios para la empresa edepsa s.a.s (Parada & Saveedra, 2014)</p>	<p>Para el diseño de las rutas de recolección, se empleará un software en línea desarrollado en lenguaje de programación PHP. Este software contendrá algoritmos que permitirán comparar diferentes opciones de solución en términos de costo, distancia y tiempo. El objetivo principal es ofrecer respuestas eficientes y flexibles que cubran de manera integral el servicio a todos los clientes. De esta manera, se contribuirá al logro de las metas empresariales establecidas por la empresa Edepsa S.A.</p>	<p>Diseñar e implementar rutas de recolección de residuos hospitalarios para la empresa Edepsa S.A a partir del análisis de un sistema de ruteo que permita reducir el costo y tiempo de transporte</p>	<p>La herramienta desarrollada para abordar problemas del tipo TSPTW ha demostrado resultados significativos en la fase I de contrastar una situación real con una simulada. Se ha logrado una mejora del 21.2% en el tiempo de ejecución de las rutas y un 25.1% de mejora en el recorrido.</p>
<p>8. Propuesta de un modelo de localización de albergues temporales y ruteo de personal especializado, para la atención de una población vulnerable ante un desastre de la región. (Marín & Corredor, 2018)</p>	<p>Se propone el desarrollo de un modelo que integre la localización estratégica de albergues temporales y el ruteo eficiente del personal especializado, con el objetivo de brindar una atención oportuna a la población vulnerable en situaciones de desastre en la región. Este modelo permitirá identificar los lugares óptimos para establecer los albergues, considerando factores como la densidad poblacional, accesibilidad y disponibilidad de recursos. Además, se diseñarán rutas eficientes para el desplazamiento del personal especializado hacia los albergues, garantizando una atención efectiva y rápida a quienes lo necesiten. Con esta propuesta, se busca mejorar la capacidad de respuesta y mitigar los impactos de los desastres en la población vulnerable de la región.</p>	<p>El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo de programación lineal entera mixta con el fin de minimizar el tiempo de atención a los damnificados en un municipio del departamento del Valle del Cauca.</p>	<p>Existe una oportunidad de mejora en los procesos de Logística Humanitaria en el país al consolidar y disponibilizar los datos generados durante los eventos. Esto permitirá respaldar eficientemente el desarrollo de futuros proyectos en esta área. Sin embargo, debido a la escasez de investigaciones sobre desastres naturales y la logística asociada en el país y el departamento, resulta complicado contar con datos e información provenientes de fuentes confiables. Esta limitación dificulta la obtención de datos actualizados y confiables para respaldar adecuadamente la toma de decisiones en la Logística Humanitaria.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>9. Estudio y simulación de los protocolos de enrutamiento más utilizados en redes VANET (Garzón, 2013)</p>	<p>Las redes VANETs, enfocadas en el entorno vehicular, permiten que los nodos de la red puedan recibir, procesar y transmitir información de manera autónoma, sin depender de una estructura de red predefinida. En este contexto, los protocolos de enrutamiento han experimentado una evolución significativa en los últimos años y desempeñan un papel crucial en estas redes, siendo responsables de encontrar las rutas óptimas para la transmisión de paquetes. Estos protocolos son fundamentales para garantizar una comunicación eficiente y confiable entre los vehículos y otros elementos de la red, facilitando así la transferencia de datos y el intercambio de información en tiempo real.</p>	<p>Estudiar y simular los protocolos de enrutamiento más utilizados en redes VANETS</p>	<p>En las simulaciones realizadas en el capítulo anterior, se empleó un escenario compuesto por 100 nodos para simular un alto tráfico y realizar comparaciones entre los protocolos evaluados. Es relevante destacar que la duración de la simulación fue de 600 segundos, permitiendo así analizar el desempeño de los protocolos en un periodo de tiempo significativo. Esta configuración del escenario y la duración de la simulación fueron determinadas con el propósito de obtener resultados representativos y significativos para el estudio comparativo de los protocolos.</p>
<p>10. Solución del problema de ruteo de vehículos dependientes del tiempo utilizando un algoritmo genético modificado (Guasmayan, 2014)</p>	<p>El ruteo de vehículos es un problema combinatorio que se vuelve cada vez más complejo computacionalmente a medida que se busca encontrar una o varias rutas óptimas para atender a un conjunto determinado de clientes. Por ejemplo, para un número de clientes mayor a 20 en una sola ruta, se tendrían más de 12×10^{17} combinaciones posibles, como se menciona en [1], lo cual resulta prácticamente imposible de resolver computacionalmente utilizando métodos exactos. Este alto número de combinaciones muestra la dificultad y la necesidad de utilizar técnicas heurísticas o métodos aproximados para obtener soluciones viables en un tiempo razonable.</p>	<p>El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar una metodología basada en un Algoritmo Genético modificado para resolver el problema de ruteo de vehículos dependientes del tiempo. Esta metodología tiene como principal función objetivo la minimización de los costos asociados a la ejecución de todas las visitas desde el depósito.</p>	<p>Para el algoritmo genético modificado propuesto, se plantea la creación de una población inicial híbrida que combina soluciones obtenidas mediante técnicas heurísticas y soluciones generadas de forma aleatoria. Esta población inicial busca aprovechar el desempeño de una estructura de búsqueda aleatoria robusta que permite adaptar diferentes métodos, tanto exactos como heurísticos y metaheurísticos, para mejorar las soluciones.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
11. Mejoramiento del sistema de programación y ruteo de vehículos de transporte de carga en el trayecto Bogotá - Yopal y municipios alternos caso empresa Autollanos s.a. (Muñoz & Suarez, 2016)	El enfoque de investigación de operaciones permite examinar de manera exhaustiva los puntos críticos de la operación, con el propósito de formular políticas de mejora para el sistema logístico de la compañía. Se ponen especial énfasis en las variables de mayor relevancia para Autollanos S.A., como son los costos, las distancias recorridas y la capacidad utilizada de los vehículos propios.	El objetivo de este proyecto es realizar un rediseño del sistema de programación y ruteo de vehículos de transporte de carga en la ruta Bogotá-Yopal, incluyendo sus municipios alternos, con el fin de mejorar las condiciones de operación de Autollanos S.A. En este proceso, se aplicarán técnicas de investigación de operaciones para optimizar el rendimiento y eficiencia de la empresa.	Al emplear estos modelos y métodos de investigación de operaciones, se podrá obtener una visión más clara y detallada de las interacciones entre las variables del sistema. Esto a su vez facilitará la identificación de áreas de mejora y la implementación de cambios que optimicen la operación de la compañía. En resumen, al seleccionar y analizar las variables relevantes del sistema utilizando modelos de investigación de operaciones, se obtendrá una descripción más completa y precisa del mismo. Esto permitirá generar indicadores y realizar mejoras en la operación de la compañía de manera más eficiente y efectiva.
12. Simulación de una red de acelerómetros para el monitoreo del estado de la malla vial en un sector de la ciudad de Bogotá, un enfoque de aplicación de its e iot (Arévalo & Morales, 2014)	En la actualidad, Bogotá enfrenta desafíos significativos en el ámbito del transporte, al igual que otras grandes ciudades del mundo. El sector del transporte desempeña un papel crucial en el desarrollo y el buen funcionamiento de la ciudad y del país en general.	Implementar una simulación de una red de acelerómetros con el objetivo de monitorear el estado de la infraestructura vial en un sector específico de la ciudad de Bogotá. Esta iniciativa se basa en la aplicación de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) y el Internet de las Cosas (IoT).	La simulación realizada en COOJA fue fundamental para el trabajo con redes de sensores inalámbricos (WSN), ya que permitió la transmisión de datos entre los nodos de la red. Cada nodo contaba con una dirección IP asignada según el protocolo IPv6. La simulación se llevó a cabo en Omnet++ en un sector de la ciudad de Bogotá, lo cual permitió validar la comparación de los procesos para identificar problemas en la infraestructura vial. Los resultados obtenidos demostraron que mientras el proceso actual de identificación de problemas en la malla vial puede tardar de uno a dos años, utilizando la red de acelerómetros se logró registrar la información en cuestión de segundos.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>13. Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de zarzal valle del cauca</p> <p>(Guzmán & Arana, 2015)</p>	<p>El objetivo del trabajo realizado es optimizar el recorrido del vehículo recolector de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de Zarzal, Valle del Cauca. Para ello, se utilizó un modelo de grafos que representa las rutas actuales de recolección. A través del algoritmo del cartero chino, se busca obtener una solución que minimice la distancia total recorrida durante la recolección de residuos sólidos.</p> <p>El enfoque se centra en comparar los resultados obtenidos con esta nueva solución frente a los resultados actuales de la empresa de Aseo Proactiva S.A. en términos de distancia total recorrida. De esta manera, se busca identificar mejoras significativas en la eficiencia de las rutas de recolección y, por ende, reducir los costos asociados a la operación.</p>	<p>El objetivo del proyecto es diseñar un modelo que permita obtener un plan de rutas eficiente para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal. El enfoque se centra en minimizar la distancia total de recorrido durante la ejecución de las rutas de recolección.</p>	<p>Este enfoque se orienta hacia la mejora continua de las operaciones de recolección de residuos sólidos, con el objetivo de lograr un servicio eficiente y sostenible que responda a las necesidades de la comunidad y promueva la protección del medio ambiente.</p> <p>El estudio de estas investigaciones proporciona una base sólida para abordar el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos de manera más eficiente y efectiva. Se busca optimizar el rendimiento y los resultados, teniendo en cuenta factores clave como la satisfacción del cliente, los costos operativos y el impacto ambiental.</p>
<p>14. Diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de Santa Fé y la Candelaria de la ciudad de Bogotá D.C.</p> <p>(Cortes & Rincon, 2015)</p>	<p>La presente investigación tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico exhaustivo del estado actual de la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de Santa Fe y La Candelaria. Además, se lleva a cabo una caracterización socioeconómica detallada de la población recicladora que opera en dicha zona de estudio.</p> <p>A partir de este diagnóstico y la caracterización socioeconómica, se procede a diseñar rutas de recolección que abarcan la totalidad de los usuarios de las localidades mencionadas. En el proceso de diseño, se consideran variables socioeconómicas relevantes que permiten maximizar los beneficios</p>	<p>El objetivo de esta iniciativa es diseñar rutas eficientes para la recolección de residuos aprovechables en la Localidad de Santa Fe y La Candelaria, ubicadas en la ciudad de Bogotá D.C. El enfoque principal es mejorar las condiciones socioeconómicas de la población recicladora que opera en estas áreas.</p> <p>Para lograrlo, se realizará un análisis exhaustivo de las características y necesidades de la población recicladora en las localidades mencionadas. Esto incluye evaluar su capacidad de recolección, los recursos disponibles y las condiciones de trabajo actuales.</p>	<p>A través del uso del modelo estadístico de regresión logística multinomial, se ha identificado una relación significativa entre los ingresos de los recicladores y diferentes variables, como el tipo de recolección que realizan, el medio de transporte utilizado y las condiciones de asociación en las que participan. Estos hallazgos indican la necesidad de replantear el actual sistema de remuneración por material recuperado implementado por la administración distrital. El análisis revela que el sistema actual mantiene la desigualdad social y operativa entre los recicladores de oficio, al tiempo que incentiva la recolección de material en grandes generadores.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
15. Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro cantonal Sígsig (Quezada & Leon, 2019)	El objetivo de este estudio fue mejorar la gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos y el barrido de calles en el área urbana del centro cantonal de Sígsig, ubicado en la provincia de Azuay. Para lograrlo, se llevó a cabo una optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos y las rutas de barrido de calles. La optimización de estas rutas permitió obtener un diseño más eficiente y efectivo, con el fin de optimizar los recursos disponibles y mejorar la calidad del servicio. Esto incluye la reducción de los tiempos de recolección y barrido, así como la maximización de la cobertura y la minimización de los costos asociados.	El propósito central de este estudio fue optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos en el centro cantonal de Sígsig. El objetivo era mejorar la eficiencia y efectividad del proceso de recolección, con el fin de garantizar una gestión más adecuada y sostenible de los residuos en esta área urbana específica.	Estos resultados demuestran el impacto positivo de la optimización de las rutas de recolección en la eficiencia y efectividad del proceso, permitiendo un uso más eficiente de los recursos y una mejor calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en el centro cantonal de Sígsig. Específicamente, la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos resultó en un aumento de 1.9 km en la distancia total recorrida. Sin embargo, se logró una disminución significativa de 47.25 minutos en el tiempo de recolección, lo que representa una mejora del 19.5%. Además, se redujo el número de giros a la izquierda de 24 a 18 y se disminuyó la cantidad de reversas o retrocesos de 10 a 2, lo cual equivale a una mejora del 80%.
16. Algoritmo del agente viajero para minimizar el recorrido de visitas programadas en una empresa de seguros (Reyes, Lily, & Jaime)	El resultado de esta investigación fue la identificación y aplicación exitosa de un modelo de redes basado en el algoritmo del agente viajero. Este modelo permitió planificar la ruta de las visitas de manera óptima, minimizando la distancia total recorrida y optimizando el tiempo empleado en el cumplimiento de las visitas programadas. Gracias a la implementación de este modelo, la empresa aseguradora logró mejorar la eficiencia en la planificación de las visitas, reduciendo los costos operativos y maximizando la productividad de los recursos disponibles. Asimismo, se pudo garantizar una atención oportuna y efectiva a los clientes.	implementación de este modelo, la empresa aseguradora pudo mejorar significativamente la eficiencia de su planificación de visitas. Se logró reducir los costos operativos al minimizar el recorrido necesario, además de optimizar la asignación de recursos y maximizar la productividad del personal de campo.	la implementación del modelo matemático del agente viajero ha generado mejoras sustanciales en la eficiencia y productividad de las visitas realizadas, beneficiando tanto a la empresa como al supervisor encargado de dichas visitas. Al aplicar el modelo, se logró reducir el tiempo de recorrido en la red potencial real en 1 289 minutos, equivalente a un ahorro de 58 000,93 metros, representando un 64.04% de mejora. Además, se obtuvo un ahorro de 98 minutos, equivalente a 4 439 metros (24.17%), en el clúster 1 real, y un ahorro de 1 086 minutos, equivalente a 48 840,96 metros (63.18%), en el clúster 2 real.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultados
<p>17. Ruteo de vehículos vrp para información de valor mediante el uso de algoritmos genéticos (Veloza, 2022)</p>	<p>La aplicación de estos modelos permite una asignación más precisa y óptima de los recursos disponibles, lo cual conlleva a una reducción de costos operativos, una mejora en la utilización de los vehículos y una mayor satisfacción de los clientes al cumplir con los tiempos de entrega de manera eficiente. Los modelos matemáticos de optimización de ruteo de vehículos surgen como una herramienta efectiva para abordar la complejidad de la planificación en la distribución. Estos modelos permiten una asignación eficiente de recursos, contribuyendo a la reducción de costos y al mejoramiento de los procesos logísticos en general.</p>	<p>El objetivo principal es diseñar rutas eficientes que cumplan con las restricciones de tiempo y las dependencias de precedencia, minimizando la distancia recorrida y maximizando la entrega oportuna de la información de valor. Para lograrlo, se propone representar las soluciones como cromosomas en una población, donde cada cromosoma representa una posible ruta de entrega.</p>	<p>La aplicación del Algoritmo Genético en el ruteo VRPTWPD ha demostrado ser una solución exitosa, logrando una significativa mejora en la eficiencia del sistema de distribución al reducir la distancia recorrida por la flota vehicular en un 54,1%. Esto evidencia la utilidad y el potencial de esta técnica para optimizar la planificación de rutas en problemas logísticos complejos como el ruteo de vehículos.</p>
<p>18. Modelo de ruteo para maximizar la cantidad de precios recopilados por el programa quién es quién en los precios. (Tellez, 2013)</p>	<p>El transporte de personal encuestador para recopilar información de precios de artículos en distintos establecimientos y su posterior regreso al punto de partida para la descarga de los datos en bases de datos, es un tema de gran relevancia que ha sido objeto de numerosos estudios con enfoques diversos. En esta tesis se aborda un caso específico que involucra el transporte de un grupo de encuestadores a través de diferentes lugares de recolección de datos.</p>	<p>El objetivo de esta investigación es desarrollar un enfoque eficiente y optimizado para el levantamiento de precios por parte de un grupo de encuestadores del programa QQP, con el propósito de maximizar la cantidad de datos recolectados. Se busca diseñar una estrategia que permita aprovechar al máximo el tiempo y los recursos disponibles, garantizando la cobertura de la mayor cantidad posible de puntos de venta y la recopilación de un número significativo de precios.</p>	<p>El uso de este modelo de cálculo de rutas maximiza la cantidad de precios que se añaden a la base de datos, lo que permite aprovechar de manera eficiente los recursos humanos y técnicos disponibles. Además, contribuye a reducir la variabilidad en los horarios de recolección, lo que conduce a la estandarización de la operación. En etapas posteriores, esto facilitará la planificación de actividades durante temporadas de alta carga de trabajo en el QQP.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultado
19. Asistente automático para diseño de rutas de distribución. (Laguna, Rosales, Sánchez, Cruz, & Domínguez, 2018)	En el presente estudio se describe el desarrollo de una herramienta informática que da soporte a la toma de decisiones en el contexto de optimizar el plan de ruta de distribución entre el proveedor y sus clientes.	En el presente estudio se describe el desarrollo de una herramienta informática que da soporte a la toma de decisiones en el contexto de optimizar el plan de ruta de distribución entre el proveedor y sus clientes.	Con base en la anterior se ha detectado que el área de oportunidad se concentra en la creación de modelos de solución que considere las rutas prohibidas para determinado tipo de vehículo, zonas de alta accidentabilidad y seguras en el sentido de la delincuencia, esto implica no sólo el desarrollo de nuevas heurísticas, sino que también el uso de los paradigmas de Inteligencia Artificial.
20. Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos, para la mejora en la línea de producción de tejido industrial sección c, en la empresa guantes internacionales (Jacobo & Romero, 2020)	En la industria, es costoso e improductivo realizar cambios o pruebas en los procesos para lograr mayor eficiencia. Con el fin de minimizar los gastos y riesgos innecesarios, se utilizan softwares de simulación que permiten analizar el impacto de los cambios en el sistema. En el caso de la empresa "Guantes Internacionales", es fundamental mantener o mejorar los niveles de eficiencia en las líneas de producción del área de tejido. El presente trabajo se enfoca en la simulación de procesos industriales utilizando una técnica de simulación de eventos discretos, que se basa en el uso de herramientas informáticas. Esta metodología permite modelar y analizar el comportamiento del sistema, identificar posibles cuellos de botella, evaluar el impacto de diferentes escenarios y proponer mejoras en los procesos de producción.	El objetivo de este proyecto es desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos en el área de tejido industrial, específicamente en la sección C de la empresa Guantes Internacionales. El propósito de este modelo es evaluar diferentes variables y explorar posibles mejoras que puedan optimizar de manera eficiente la línea de tejido de guante industrial. Utilizando la técnica de simulación de eventos discretos, se recreará de manera virtual el proceso de tejido de guantes en la sección C. Se considerarán diferentes factores, como los tiempos de ciclo, la disponibilidad de máquinas y materiales, los flujos de trabajo y la asignación de recursos. Además, se podrán incorporar variables relevantes, como la demanda de producción, los niveles de calidad y cualquier otro factor influyente en el rendimiento de la línea de tejido.	El uso de la herramienta de simulación FlexSim nos ha permitido realizar el modelado y la ejecución del modelo en 3D, lo que nos ha ayudado a identificar los impactos en diferentes escenarios con el objetivo de lograr una mejora en la eficiencia de la línea de tejido de guante industrial en la sección C. Gracias a la simulación realizada con FlexSim en los escenarios planteados (2, 3, 4a y 4b), hemos demostrado que al evaluar las variables se ha logrado un aumento en la producción de más del 3% mensual. Estos resultados respaldan el beneficio de utilizar la simulación como una herramienta efectiva para analizar y optimizar los procesos de la línea de tejido de guante industrial.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultado
<p>21. Modelo para la simulación de un ruteo logístico interno para una empresa que importa fibra textil desde china (Daza & Marin, 2014)</p>	<p>El proyecto propone un modelo de simulación logística para la empresa Grupo C&M, que se dedica a la importación de fibra textil desde China para su comercialización en diferentes ciudades de Colombia, como Bogotá, Medellín y Manizales. El objetivo principal del modelo de simulación es mejorar la eficiencia del ruteo interno logístico, que abarca desde la llegada de la materia prima al puerto de Cartagena hasta el despacho a cada una de las ciudades mencionadas. El modelo de simulación se ha estructurado para analizar y optimizar variables clave, como los costos y los tiempos de recorrido, en cada uno de los nodos del proceso logístico.</p>	<p>El objetivo de este proyecto es diseñar y proponer un modelo de simulación para el ruteo logístico en la empresa GRUPO C&M. El ruteo logístico es un proceso clave que involucra la planificación y la optimización de las rutas utilizadas para el transporte de mercancías y la entrega de productos a los clientes.</p>	<p>Esta estrategia ofrece múltiples beneficios. Por un lado, se logrará una notable reducción en los tiempos de recorrido y entrega de la materia prima, lo que impactará positivamente en la eficiencia de la cadena logística. Además, al convertir a Cali en el centro de distribución, se abrirá un nuevo mercado en esta ciudad, lo que implicará un aumento en la demanda de materia prima.</p> <p>Este enfoque proporcionará a la empresa nuevas oportunidades de crecimiento y expansión, al tiempo que mejorará la satisfacción del cliente al agilizar los tiempos de entrega.</p>
<p>22. Modelo matemático estocástico para el problema de ruteo de vehículos en la recolección de productos perecederos (Gonzalez & Orjuela-Castro, 2014)</p>	<p>Este artículo presenta un enfoque novedoso y completo para abordar el problema de ruteo de vehículos en el sector floricultor, considerando componentes estocásticos. El modelo propuesto ofrece una solución integral que tiene en cuenta la incertidumbre en la demanda y los tiempos de entrega, y brinda herramientas para la toma de decisiones estratégicas en la gestión logística de productos perecederos. El método de solución propuesto abarca diversas etapas, que incluyen la clusterización de puntos de recolección, el diseño de rutas, la asignación de camiones a dichas rutas, la simulación de Montecarlo y la utilización de un modelo de regresión para obtener la ecuación del costo total del sistema y determinar el punto óptimo de reabastecimiento.</p>	<p>El objetivo de este estudio es desarrollar un modelo de ruteo óptimo para productos perecederos, considerando las condiciones de temperatura y el riesgo de daño durante las operaciones de distribución y transporte. Se buscará aplicar el enfoque SVRPTW (Stochastic Vehicle Routing Problem) que incorpore ventanas de tiempo y aleatoriedad en la entrega de productos comestibles. El objetivo final es obtener rutas eficientes, asignación de carga y tiempos de despacho óptimos desde un centro de distribución, teniendo en cuenta la dependencia entre el tiempo de viaje y la variación de la temperatura.</p>	<p>El modelo propuesto, que incorpora tres elementos estocásticos en la función objetivo y la restricción, ha demostrado ser una solución efectiva para este tipo de problemas. Además, el punto de reabastecimiento, que se expresa como una fracción que relaciona la cantidad acumulada en el camión y su capacidad, tiene un impacto significativo en el costo total. A medida que la cantidad acumulada aumenta, el costo de oportunidad también se incrementa.</p>

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultado
23. Infraestructura, transporte y logística (Competitividad, 2021)	La infraestructura desempeña un papel fundamental en el fomento del desarrollo económico sostenible, ya que genera empleo a través de proyectos que requieren mano de obra, conecta los mercados y aumenta la productividad de las empresas (Agenor, 2010). Por lo tanto, el sector de infraestructura se considera crucial en la recuperación económica y en la mitigación del impacto del COVID-19 (McKinsey Global Institute, 2020), debido a su capacidad para impulsar la actividad económica y crear oportunidades de empleo. En resumen, la inversión en infraestructura no solo proporciona beneficios a largo plazo, sino que también desempeña un papel estratégico en la reactivación económica y en la resiliencia frente a crisis como la pandemia actual.	El objetivo de este estudio es promover el diseño de programas de educación superior enfocados en logística, ante la identificación de una brecha en la implementación de herramientas tecnológicas en los procesos logísticos de las empresas del sector de INFRAESTRUCTURA, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA, como se evidenció en el diagnóstico realizado en este capítulo de la ENL.	Se propone llevar a cabo un diagnóstico y evaluación del sistema actual de cobro de peajes con el objetivo de aprovechar los beneficios que este mecanismo puede ofrecer, tales como la reducción del tiempo en el proceso de pago, la disminución de las congestiones vehiculares y los ahorros en combustible, tal como se ha señalado en el informe del Ministerio de Transporte en 2018.
24. El problema del agente viajero: Un algoritmo determinístico usando búsqueda Tabú (López, Salas, & Murillo, 2013)	Se introduce en este estudio la implementación de un algoritmo denominado Era Determinístico, el cual se basa en el método de Búsqueda Tabú. Este algoritmo ha sido experimentado y comparado con el algoritmo básico que explora el espacio de búsqueda. Una de las principales mejoras del Era Determinístico es la incorporación de la diversificación como estrategia para explorar nuevas regiones. El objetivo de esta implementación es mejorar el rendimiento y la eficacia del algoritmo de Búsqueda Tabú en la búsqueda de soluciones óptimas.	El objetivo de este estudio es abordar el problema del agente viajero o TSP (Travelling Salesmen Problem) mediante enfoques y técnicas computacionales avanzadas, con el fin de encontrar soluciones óptimas o cercanas a la óptima en un tiempo razonable. El objetivo principal es determinar la ruta más corta que un agente viajero debe seguir para visitar un conjunto de ciudades y regresar al punto de partida, asegurándose de pasar por cada ciudad exactamente una vez.	A través de este estudio, se espera contribuir al campo de la optimización y la resolución de problemas complejos, ofreciendo una metodología eficiente para abordar el problema en cuestión. Los resultados obtenidos permitirán tomar decisiones informadas en cuanto a la configuración de los parámetros del algoritmo tabú con codificación PAV, mejorando su aplicabilidad y rendimiento en diversos escenarios y casos prácticos.

Referenciación	Resumen	Objetivo	Resultado
<p>25. Spatial Analysis of Traffic Accidents using GIS. The Case of Banda Aceh, Indonesia (Satria, 2020)</p>	<p>Los accidentes de tráfico constituyen un desafío significativo en Indonesia, al igual que en la mayoría de los países del mundo. Actualmente, estos accidentes representan un porcentaje considerable del Producto Interno Bruto (PIB) de Indonesia, con un rango estimado entre el 2,8% y el 3,1%. Esta situación demanda la implementación de medidas efectivas para abordar este problema y reducir su impacto socioeconómico. En particular, la provincia de Aceh, ubicada al norte de la isla de Sumatra, ha experimentado un aumento constante en el número de accidentes de tráfico registrados en su red de carreteras desde el año 2001.</p>	<p>The primary objective of this thesis is to investigate the relationship between road design and traffic accidents on the primary roads of Aceh province. These roads play a crucial role in the transportation network, carrying a significant volume of traffic and serving as the main locations where road crashes often occur within the province.</p> <p>By studying the correlation between road design factors and the occurrence of traffic accidents, this research aims to provide valuable insights and recommendations for improving road safety in Aceh province.</p>	<p>The findings of this thesis have significant implications for decision-makers at the provincial level, particularly in developing effective measures to reduce accidents on the two primary highways of the province. By analyzing the correlation between road design factors and traffic accidents, this research provides valuable insights that can inform the development of targeted interventions and strategies to enhance road safety.</p> <p>Furthermore, this thesis presents a methodology that can be adopted by the main traffic agency in the province to monitor and analyze traffic crashes on an annual basis.</p>
<p>26. Human Factors as Causes for Road Traffic Accidents in the Sultanate of Oman under Consideration of Road Construction Designs (Human Factors as Causes for Road Traffic Accidents in the Sultanate, 2013)</p>	<p>Road traffic accidents (RTAs) represent a significant global public health concern, with their impact expected to increase in the coming years. Currently ranked as the ninth leading cause of death worldwide, it is projected that RTAs will become the fifth leading cause of death by 2030. The alarming statistics reveal that over one million people lose their lives annually due to RTAs, equating to more than 2,500 deaths each day. It is noteworthy that a substantial majority of these fatalities, approximately 90%, occur in low and middle income countries, highlighting the disproportionate burden borne by these nations. The World Health Organization (WHO) emphasized this concerning trend in a report released in 2004.</p>	<p>The objective of this research is to investigate the primary contributing factors to road traffic accidents and determine which of the three factors should be the focus of the study. Specifically, the research aims to examine the role of human factors in road accidents.</p> <p>Additionally, the study aims to determine which of the three areas from the triple E approach (engineering, education, and enforcement) should be emphasized in addressing the identified contributing factor.</p>	<p>This study represents a significant milestone as the first scientific research conducted in a Gulf Country that investigates human factors and their interaction with the road environment. Moreover, it is likely the first of its kind conducted in a low and middle-income country, where a significant proportion (90%) of road traffic accident (RTA) related fatalities occur.</p> <p>While it is acknowledged that Oman has recently achieved high-income status, it is important to note that its fatality rate remains considerably higher than that of Western high-income countries such as Great Britain, the USA, or Germany..</p>

En la anterior tabla se presentan las referencias que principalmente considera los estudios que han tenido objetivos o metodologías similares, para mostrar los distintos hallazgos que se han tenido en estudios previos, tomando en cuenta los estudios con variables similares, se ha decidido utilizar el programa FlexSim para el modelo de simulación de ruteo debido a que sus características y funcionalidades son las más adecuadas para este propósito ya que permite una representación visual y un análisis de escenarios en donde se pueden simular diferentes condiciones y situaciones de distribución que permiten evaluar los tiempos de entrega y las distancias de los trayectos, lo cual permite tomar decisiones.

Marco Conceptual

Cadena de transporte: Proceso de conexión de modos de transporte a través de nodos logísticos para el traslado de cargas desde su origen a su destino, con uno o más transbordos (David Soler García)

Destino: Punto de llegada al que dirige un medio de transporte. (David Soler García)

Ruta: Itinerario que recorre un vehículo para trasladar pasajeros, incluyendo las paradas previstas, o efectuar la entrega de la mercancía que transporta, caracterizado por los puntos de paradas predefinidos a la salida y a la llegada. (David Soler García)

Simulación: Es la técnica que consiste en realizar experimentos de muestreo sobre el modelo de un sistema.

Modelo: Es un conjunto de variables junto con ecuaciones matemáticas que se relacionan y tienen restricciones sobre dichas variables. (Abad)

Pruebas de independencia: Las pruebas de independencia se utilizan para determinar si hay alguna relación entre dos variables. Es importante destacar que esta prueba sólo indica si hay o no una relación entre las variables, pero no determina el tipo o grado de relación que existe entre ellas. Por lo tanto, no proporciona información sobre el porcentaje de influencia de una variable sobre la otra, ni sobre cuál variable es la más importante en la relación. Particularmente existen tres métodos: Gráfica de dispersión (Scatter Plot), gráfica de autocorrelación (autocorrelation) y pruebas de corridas (run test).

La Gráfica de dispersión y de Auto-correlación: Las pruebas estadísticas paramétricas se basan en supuestos acerca de la distribución de los datos, mientras que las pruebas de Corridas no hacen suposiciones sobre la distribución de los datos y, por lo tanto, son no paramétricas. En el presente análisis, se han seleccionado pruebas que establecen como hipótesis nula:

Ho: Los datos son independientes.

Ha: Los datos son dependientes.

Gráficos de dispersión (Scatter Plot): Este enfoque se utiliza para detectar el comportamiento dependiente o independiente de los datos mediante una representación gráfica de puntos adyacentes. Cada punto en la gráfica representa un par de observaciones consecutivas (X_i, X_{i+1}), donde $i = 1, 2, 3, n-1$. Esta técnica se considera una forma sencilla de análisis de datos que puede proporcionar información valiosa sobre la naturaleza de la relación entre las variables.

Para el análisis gráfico:

- Si los X_i son independientes, los puntos serán graficados de manera aleatoria.
- Si los X_i son dependientes entre sí, una línea de tendencia será graficada.

- Si los Xi datos se encuentran correlacionados positivamente, una pendiente de línea positiva será evidente, de lo contrario si los datos se encuentran correlacionados negativamente la pendiente negativa será evidente.

Gráficos de Auto correlación (autocorrelation): La correlación de los datos se refiere a la relación entre ellos y se mide a través del coeficiente de correlación ρ . Este coeficiente puede ser calculado mediante una ecuación y permite cuantificar la auto-correlación de los datos, es decir, la dependencia de cada uno de ellos, puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$P = \sum \frac{(X_I - \bar{X})(X_{I+J} - \bar{X})}{\sigma^2(n-j)}$$

Donde j es la distancia entre el punto de datos, es la desviación estándar de la población que es aproximadamente igual a la desviación estándar de la muestra y \bar{X} es la media muestral. El valor del coeficiente de correlación varía entre $-1 \leq \rho \leq 1$.

Pruebas de corridas (run test): Las pruebas de corrida tienen como objetivo identificar patrones de correlación en una serie de observaciones. Una corrida es una secuencia continua de números con la misma tendencia en una serie de datos. Por ejemplo, una serie de números consecutivos que van en aumento se conoce como una corrida arriba, mientras que una serie de números consecutivos que disminuyen se conoce como una corrida. Existen dos tipos de pruebas de corrida que pueden ser ejecutados automáticamente usando STAT FIT:

Los resultados para cada método pueden indicar:

- “DO NOT REJECT” (no rechazar) la hipótesis que sostiene que la serie es aleatoria para el nivel de significancia dado.
- “REJECT” (rechazar) la hipótesis que sostiene que la serie es aleatoria para el nivel de significancia dado.

La prueba de Media (Median): Mide el número de corridas ejecutadas, lo que significa la secuencia de números arriba y deBaja de la media. Si existen muchísimas o muy pocas corridas, la aleatoriedad de la serie es RECHAZADA.

Pruebas de varianza: Las pruebas de varianza son un tipo de análisis estadístico que se emplea para comparar la variabilidad entre dos o más conjuntos de datos. Estas pruebas buscan determinar si existe una diferencia significativa en la variabilidad de los datos entre los grupos, y así identificar aquellos valores que se alejan más o menos de las medidas de tendencia central. Es decir, las pruebas de varianza permiten evaluar si las varianzas de los datos son iguales o diferentes entre sí.

Modelo de agente viajero: Este problema concierne a un agente viajero que saliendo de una determinada ciudad, debe visitar solo una vez $n-1$ ciudades diferentes, y regresar al punto de partida. Si el costo de dirigirse a esa ciudad j desde la ciudad i es c_{ij} se debe determinar la secuencia de visita de ciudades, tal que el costo total sea mínimo. (Witenberg)

Marco Geográfico

Bogotá es la capital de la República de Colombia y del departamento de Cundinamarca, fue fundada el 6 de agosto de 1538 por Gonzalo Jiménez de Quesada. Hoy cuenta con 6'865.997 habitantes, una extensión urbana aproximada de 35 kilómetros cuadrados y se ubica al oriente de la Sabana de Bogotá a una altura de 2.630 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas de la ciudad son: Latitud Norte 4°35'56"57 Longitud Oeste de Greenwich 74°04'51"30. (Andes)

Su área se encuentra dividida en 20 localidades y en estas se agrupan más de 1900 barrios que hay en el casco urbano, en donde se decidió modelar esta zona debido a que es una de las regionales de mayor demanda dentro de Envía S.A.S. Para este estudio, se seleccionó la zona 4 debido a su alta criticidad. A continuación, se presenta un mapa de las zonas, en el que se muestran las limitaciones de trayectos.

Diseño Metodológico

Tipo y Enfoques de Investigación

En el desarrollo de este modelo y en su respectiva ejecución del diseño, se presenta un enfoque de investigación mixto ya que se utilizarán técnicas cualitativas conformadas por entrevistas, observaciones y análisis de contenido. Además se empleara técnicas cuantitativas como el análisis estadísticos de entrada y aleatoriedad del comportamiento de las diferentes variables involucradas en el sistema. En el enfoque mixto se profundizan las causas y el efecto en el centro de distribución ya que la empresa no cuenta con un diseño de rutas parametrizado si no se realiza de forma empírica, lo cual genera dudas si es el adecuado para realizar la labor de distribución y si cumple con los objetivos de seleccionar los mejores trayectos para llevar a cabo la distribución de manera eficiente y efectiva

El proyecto se enfoca en la parte exploratoria ya que la determinación y clasificación de las categorías exactas adecuadas para este proyecto se llevará a cabo a través del examen y validación de las técnicas para asegurar que se implementará la factibilidad y el análisis de la información resultante, esto proporciona una terminología más clara, por lo que la información debe tener límites que garanticen el éxito y que permitan cuantificar un conjunto de categorías predefinidas a partir de marcos teóricos o análisis conceptuales propuestos. Es decir, las funciones se basan en conceptos, experiencias y hechos.

Método de Investigación

Método deductivo

El método deductivo se asocia a la investigación realizada al analizar una problemática en la empresa Envía Colvanes S.A.S, partiendo del dato histórico, en el cual se llevarán a cabo opciones que sean favorables, con un punto de vista general y que se pueden aplicar en la empresa.

Es importante destacar la observación del problema por medio de un modelo de simulación de ruteo que pretenda integrar variables asociadas a el tiempo y la distancia de los diferentes trayectos de la compañía Envía Colvanes S.A.S frente a la optimización y efectividad de la operación del transporte, con el fin de minimizar costos asociados al transporte, recorriendo la menor distancia con un menor tiempo en la distribución y en todos los costos totales de la organización, permite el análisis de los datos obtenidos de la observación real del sistema para buscar las características que permitan identificar rutas óptimas para la empresa envía Colvanes S.A.S.

Hipótesis

1. El modelo de transporte podrá encontrar una posible mejora para el sistema de distribución adecuada.
2. Se va a realizar el proceso de simulación, pero no se va a lograr medir si se optimiza el proceso.
3. El modelo de ruteo de transporte con múltiples depósitos en empresas de transporte de carga determinará las menores distancias a recorrer por una flota de

vehículos que atiende a un conjunto de clientes, sin embargo, en este estudio no se validará si este modelo optimiza eficientemente el proceso.

Fases y Actividades Metodológicas

Tabla 3. Procedimiento de investigación

FASES	OBJETIVO	QUE SE VA A HACER	HERRAMIENTAS REQUERIDAS
FASE 1 Análisis	Analizar Baja contextos estadísticos de entrada y aleatoriedad el comportamiento de las diferentes variables involucradas en el sistema.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar visita a la empresa Envía Colvanes S.A.S. Identificar los procesos que se realizan en el área de distribución. Recopilar información y datos históricos que permita identificar variables que se trabajaran, tales como, distancia en KM, el tiempo recorrido, Tipo de envío y tipo de vehículo. 	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de base de datos Desarrollo de diagnósticos Entrevistas a directivos Prueba de independencia Prueba de homogeneidad Prueba de bondad y ajuste. Observaciones
FASE 2 Formulación	Formular un modelo matemático de ruteo de vehículos para la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá.	<ul style="list-style-type: none"> Identificar variables para el modelo matemático. Seleccionar el modelo matemático adecuado que represente la definición del problema. 	<ul style="list-style-type: none"> Antecedentes de investigación Toma de decisiones Análisis estadístico Análisis matemático

Continuación de tabla 2: Procedimiento de investigación

FASES	OBJETIVO	QUE SE VA A HACER	HERRAMIENTAS REQUERIDAS
FASE 3 Desarrollo del modelo de simulación	Desarrollar un modelo de simulación que represente el sistema actual de distribución de la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá.	<ul style="list-style-type: none"> Estudiar modelos de simulación que se asocien al problema. Diseñar modelo de simulación del sistema real. 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de modelo de simulación Proyección modelo de simulación
FASE 4 Evaluación	Establecer diferentes escenarios del modelo de simulación que permitan evidenciar mejores rutas en el sistema de distribución.	<ul style="list-style-type: none"> Establecer diferentes parámetros. Evaluar el desempeño del modelo de simulación de ruteo basado modelo seleccionado para lograr la optimización de gastos operacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Validación del modelo Toma de decisiones
FASE 5 Estudio financiero	Elaborar el estudio financiero del proyecto que permita a la empresa Envía Colvanes S.A.S evaluar los beneficios económicos que se pueden obtener a partir de la aplicación del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> Analizar la viabilidad del proyecto Identificar y ordenar los puntos de inversión, costos, gastos y los ingresos 	<ul style="list-style-type: none"> Estado de situación financiera

Nota: Es importante tener claridad en las fases correspondientes para obtener mayor organización al momento de ejecutar las respectivas actividades.

Diagnóstico y análisis de entrada

Para el caso de estudio se escogió a la empresa Envía Colvanes S.A.S en uno de sus centros de distribución en Colombia, el cual se encuentra ubicado en Fontibón (carrera 88 #17b-40), donde cubre la demanda de la ciudad de Bogotá sin incluir los contratistas y reexpedidores. Este CEDI cuenta con una política de despacho de 24 horas, donde los requerimientos de los pedidos son recibidos de lunes a sábado, en tres tipos diferentes de turnos.

En la actualidad, el proceso de asignación de despachos se realiza en función de la zona y la ruta, lo que permite una división estratégica de la compañía en Bogotá. Para llevar a cabo un estudio detallado de este proceso, se realiza visita a la empresa y se recolectó información sobre el comportamiento de la solicitud de pedidos diarios en la zona cuatro, que incluye las rutas de Soacha, Puente Aranda e Ind Baja.

Los análisis de entrada del ejercicio aplicado se basaron en una muestra de 241 trayectos, equivalentes a 2303 guías, cada una de las cuales tiene información sobre la distancia y el tiempo de viaje correspondiente a los vehículos SPT992, SPU065, SPU258, SPV197 y SPV200, quienes realizan sus trayectos desde el punto más lejano al más cercano del centro de distribución.

En la presenta tabla se incluye un ejemplo de cómo se tomaron los datos de los vehículos anteriormente mencionados en los de trayectos de Ind Baja, Soacha y Puente Aranda por medio de parámetros de distancia y del tiempo de recorrido (Ver Tabla 4). Posteriormente se adjunta los datos completos en un documento anexo.

Tabla 4. Distancia y tiempo de trayectos

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia (km)
1	SPT992	03/01/2022	20	107,4	35,8
2	SPU065	03/01/2022	31	253,2	84,4
3	SPU258	03/01/2022	11	218,7	72,9
4	SPV197	03/01/2022	16	182,7	60,9
5	SPV200	03/01/2022	11	108	36
1	SPT992	04/01/2022	31	170,4	56,8
2	SPU065	04/01/2022	47	186,6	62,2
3	SPU258	04/01/2022	28	191,1	63,7
4	SPV197	04/01/2022	22	534,6	178,2
5	SPV200	04/01/2022	25	330,3	110,1
1	SPT992	05/01/2022	43	147,9	49,3
2	SPU065	05/01/2022	29	134,4	44,8
3	SPU258	05/01/2022	33	134,7	44,9
4	SPV197	05/01/2022	22	149,7	49,9
5	SPV200	05/01/2022	18	122,7	40,9
1	SPT992	06/01/2022	43	163,5	54,5
2	SPU065	06/01/2022	57	69,9	23,3
3	SPU258	06/01/2022	33	220,8	73,6
4	SPV197	06/01/2022	29	186	62
5	SPV200	06/01/2022	10	110,7	36,9
1	SPT992	07/01/2022	43	127,5	42,5
2	SPU065	07/01/2022	47	127,2	42,4
3	SPU258	07/01/2022	29	206,4	68,8
4	SPV197	07/01/2022	26	190,5	63,5
5	SPV200	07/01/2022	24	125,7	41,9
1	SPT992	08/01/2022	13	58,8	19,6
2	SPU065	08/01/2022	48	166,2	55,4
3	SPU258	08/01/2022	16	108	36
4	SPV197	08/01/2022	24	136,2	45,4
5	SPV200	08/01/2022	17	117	39
1	SPT992	12/01/2022	34	81	27
2	SPU065	12/01/2022	25	87,3	29,1

Variables de Medición

A continuación, se presentan los análisis de las variables de entrada del modelo. Es crucial destacar que se ha llevado a cabo una validación de independencia y homogeneidad de dichas variables, con el fin de verificar que los datos obtenidos sean independientes, también se estarán evaluando las pruebas de bondad y ajuste, las cuales nos permitirán identificar cómo se comportan nuestros datos, estas pruebas son realizadas con el Software ProModel en su herramienta Stat:fitt.

Lo anterior, con el objetivo de garantizar la aleatoriedad e independencia de las variables. A continuación, se presentan los resultados detallados de las pruebas realizadas para cada variable, así como las conclusiones a las pruebas realizadas.

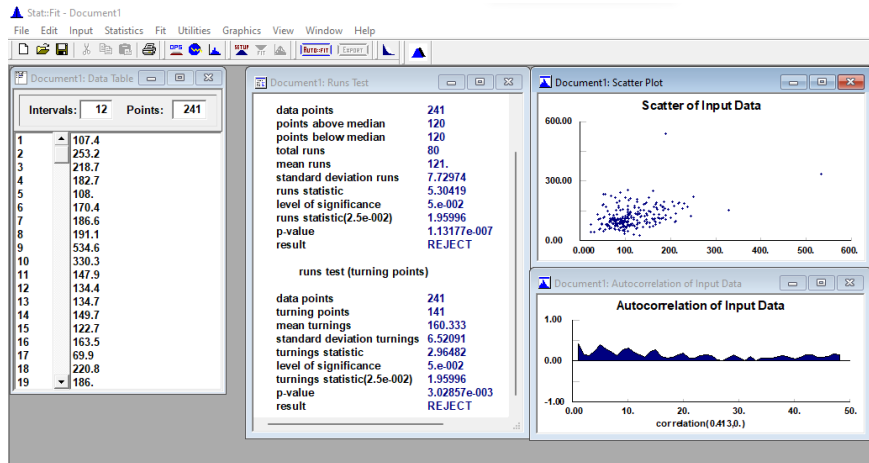
Pruebas de uniformidad y homogeneidad

Variable 1: Tiempo estimado de trayecto en zona cuatro

- Estrategia de análisis 1

La estrategia uno se enfoca en analizar el tiempo total empleado en los diferentes trayectos de la zona cuatro.

Figura 4. Estrategia de análisis 1, tiempo total en zona 4



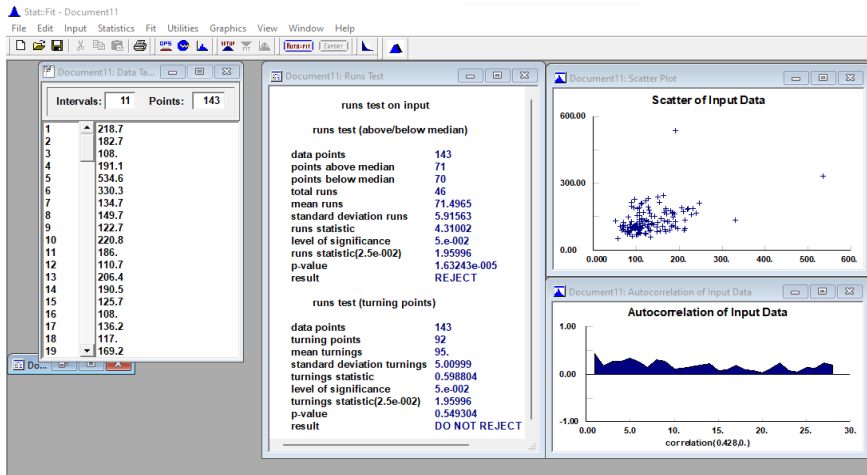
Nota: Resultado: Rechazado

La primera estrategia propuesta para el análisis del proceso de asignación de despachos en la zona cuatro consistía en evaluar el tiempo total empleado en los diferentes trayectos. Sin embargo, tras llevar a cabo las pruebas correspondientes, se concluyó que no existía evidencia de independencia ya que en el Scatter of se evidencia que los datos se encuentran agrupados hacia un mismo punto, lo cual no evidencia su uniformidad e independencia, agregando que las pruebas de runs test son rechazadas.

- Estrategia de Análisis 2

La estrategia dos se centra en un análisis más detallado del tiempo de transcurso por trayecto en las rutas específicas que incluyen Puente Aranda, Soacha e Ind Baja.

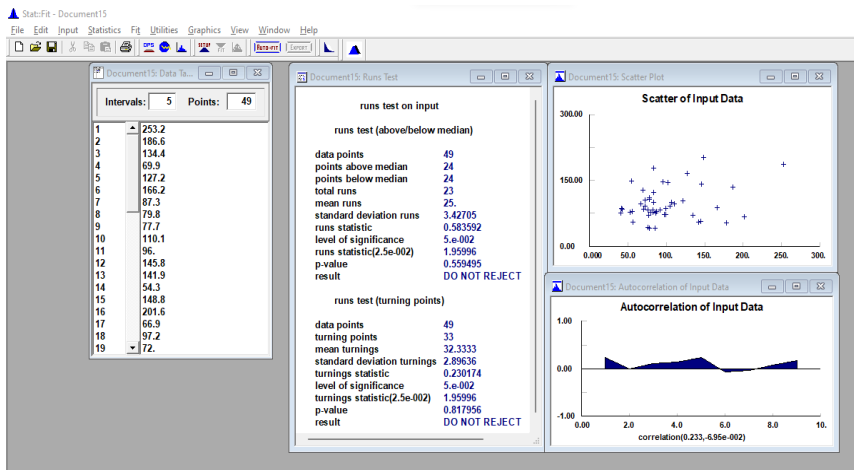
Figura 5. Estrategia de análisis 2, tiempo estimado de trayectos en Ruta



Nota: Resultado: No rechazado

En la segunda estrategia de tiempo estimado de trayectos en la zona Soacha en el scatter of se observan que los datos se encuentran un poco agrupados pero la prueba de tuns test no la rechaza lo que indica que hipótesis sostiene que la serie es aleatoria para el nivel de significancia dado.

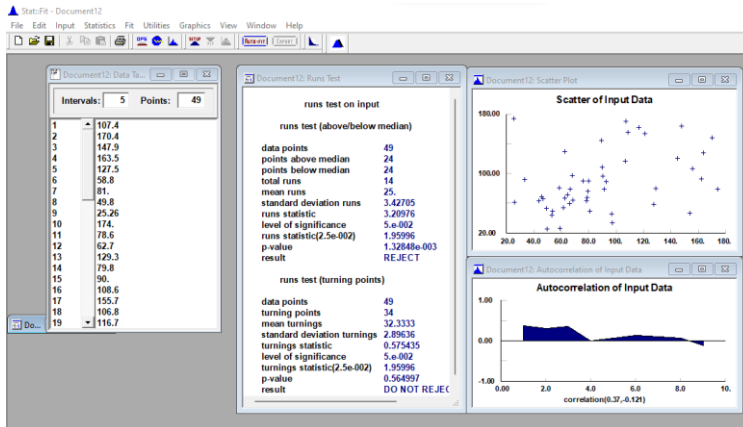
Figura 6. Estrategia de análisis 2, tiempo estimado de trayectos en Ruta Puente Aranda.



Nota: Resultado: No rechazado

En esta estrategia se identifica que el Scatter of los datos se encuentran dispersos lo cual evidencia la uniformidad, en donde la autocorrelación es un dato aproximado a 0 y las pruebas de runs test no las rechaza.

Figura 7. Estrategia de análisis, tiempo estimado de trayectos en ruta Ind Baja.



Nota: Resultado: No rechazado

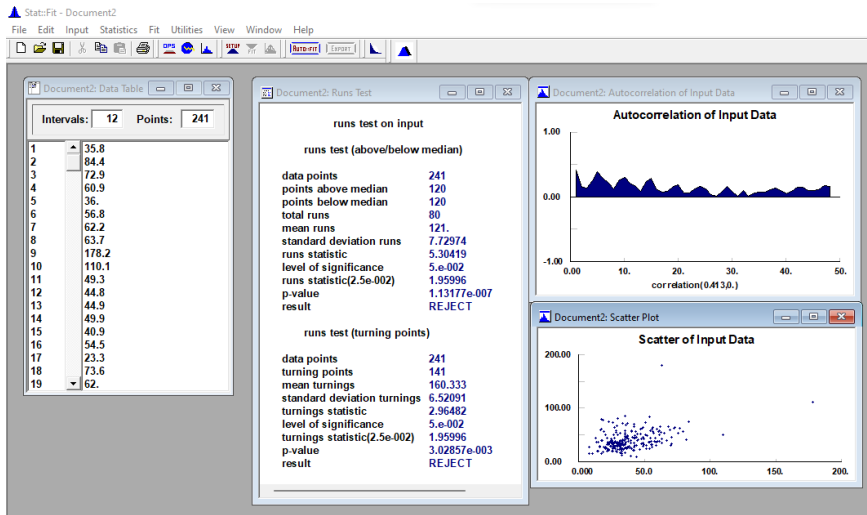
En esta estrategia se observa que los datos tienen una dispersión uniforme, lo cual se evidencia en la gráfica de dispersión (scatter plot). Además, se puede observar que la autocorrelación es cercana a cero y las pruebas de runs test no rechazan la hipótesis nula.

Variable 2: Distancia estimada en trayectos de zona cuatro

- Estrategia de análisis 1:

La estrategia uno de análisis tiene como objetivo examinar la distancia total empleada en los diferentes trayectos de la zona cuatro.

Figura 8. Estrategia de análisis de distancia en trayectos de la zona cuatro.



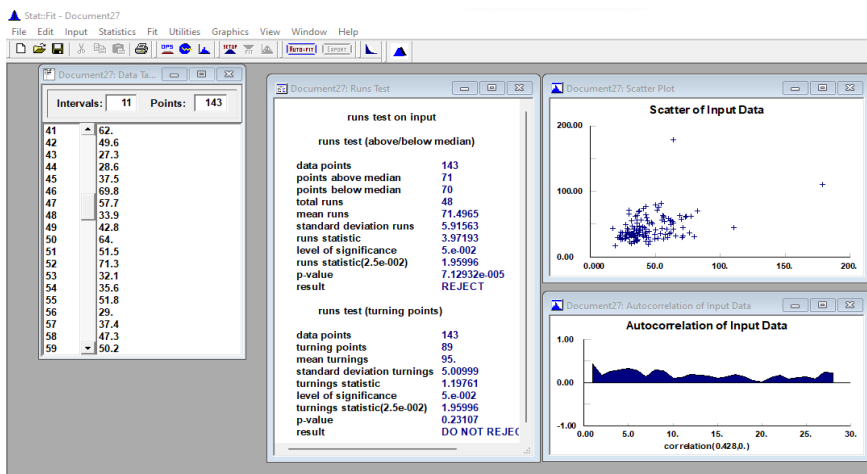
Nota: Resultado: Rechazado.

Inicialmente, se planteó la primera estrategia para analizar el proceso de asignación de despachos en la zona cuatro, la cual consistía en evaluar la distancia total recorrida en los distintos trayectos. Sin embargo, al realizar las pruebas correspondientes se encontró que no había suficiente evidencia de independencia en los resultados del orden agrupado. Por lo tanto, se concluyó que esta estrategia no era adecuada para el análisis ya que en el Scatter of los datos se evidencian agrupados, lo cuales evidencian no uniformidad, de igual forma las pruebas runs test son rechazadas, por lo cual se procedió a evaluar una segunda estrategia.

- Estrategia de análisis 2:

La segunda estrategia de análisis se centra en el estudio de la distancia estimada por rutas que comprenden las zonas de Puente Aranda, Soacha e Ind, las cuales son atendidas por la compañía de transporte de carga y encomiendas Envía Colvanes S.A.S.

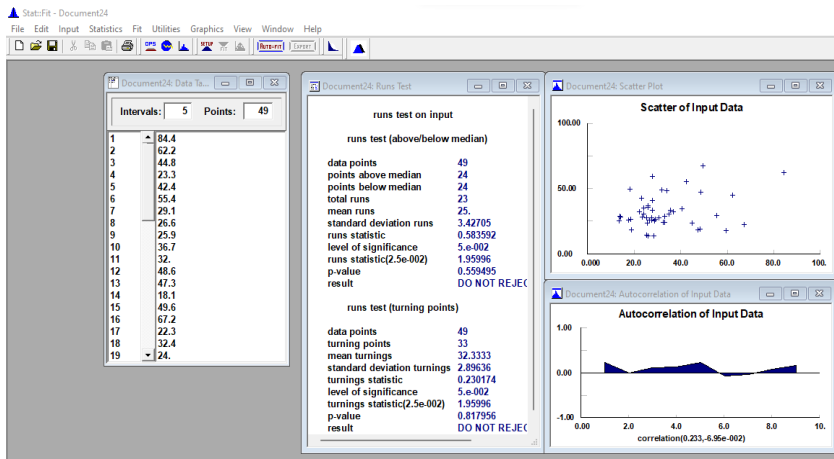
Figura 9. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Soacha.



Nota: Resultado: No rechazado

En la segunda estrategia de distancia estimado de trayectos en la zona Soacha en el scatter of se observan que los datos se encuentran un poco agrupados pero la prueba de tuns test no la rechaza lo que indica que hipótesis sostiene que la serie es aleatoria para el nivel de significancia dado, sin embargo, se comprobará esta hipótesis más adelante en las pruebas de varianza.

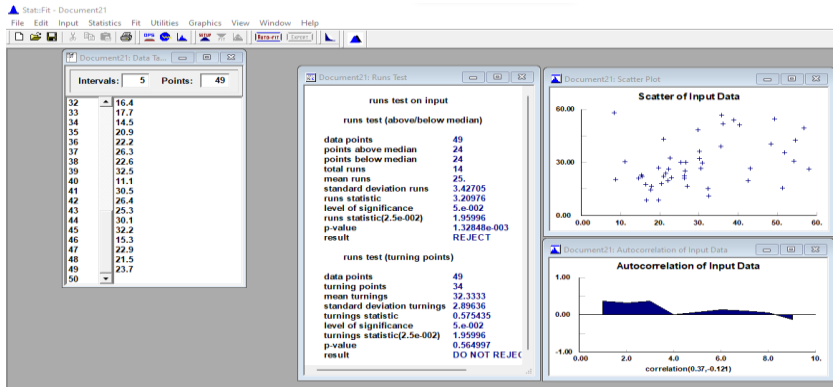
Figura 10. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Puente Aranda.



Nota: Resultado: No rechazado

Se observa en esta estrategia que los datos tienen una dispersión uniforme en el gráfico de dispersión (scatter plot), lo cual indica que no hay patrones o tendencias claras en los datos. Además, se observa que el coeficiente de autocorrelación es cercano a cero, lo que sugiere que no hay una correlación significativa entre las observaciones. Las pruebas de corridas (runs test) no rechazan la hipótesis nula de que los datos son aleatorios y no presentan patrones de correlación.

Figura 11. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Ind Baja.



Nota: Resultado: No rechazado

Se logra identificar en esta estrategia que los datos tienen una dispersión uniforme en el gráfico de dispersión (scatter plot), lo cual indica que no hay patrones o tendencias claras en los datos. Además, se observa que el coeficiente de autocorrelación es cercano a cero, lo que sugiere que no hay una correlación significativa entre las observaciones. Las pruebas de corridas (runs test) no rechazan la hipótesis nula de que los datos son aleatorios y no presentan patrones de correlación.

Para los tipos de estrategias que fueron aprobadas como independientes en los diagramas de dispersión se observa que no hay una tendencia en la solicitud de los pedidos, ni agrupamiento de datos. Son las referencias en las que los datos de la correlación no difieren significativamente de 0 (<0.55) y en los que test de corridas no se rechaza la hipótesis de que los datos sean independientes debido a que el valor del estadístico de prueba es menor al valor de la tabla $Z(2.5,0.05)=1.95$, por tanto se concluye que los datos son independientes, uniformes y homogéneos.

Prueba de independencia

Figura 12. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Soacha

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	143	4731	33,0839161	152,866148		
Columna 2	143	18707,7	130,823077	3318,13658		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	683035,465	1	683035,465	393,566654	1,4716E-55	3,87441022
Dentro de lo	492882,387	284	1735,50136			
Total	1175917,85	285				

Nota: Resultado: No rechazado correspondiente al valor de la probabilidad en tiempo.

Figura 13. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Soacha

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	143	4731	33,0839161	152,866148		
Columna 2	143	6235,9	43,6076923	368,681842		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7918,61542	1	7918,61542	30,365817	8,0281E-08	3,87441022
Dentro de lo	74059,8145	284	260,773995			
Total	81978,43	285				

Nota: Resultado: No rechazado correspondiente al valor de la probabilidad en recorrido.

Figura 14. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Ind Baja.

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	49	2062	42,0816327	212,951531		
Columna 2	49	4346,64	88,7069388	1583,74666		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	53261,0197	1	53261,0197	59,2876644	1,2198E-11	3,94016272
Dentro de los grupos	86241,5131	96	898,349095			
Total	139502,533	97				

Nota: Resultado: No rechazado, correspondiente al valor de la probabilidad en tiempo.

Figura 15. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Ind Baja.

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	49	2062	42,0816327	212,951531		
Columna 2	49	1448,88	29,5689796	175,971851		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3835,87892	1	3835,87892	19,7256277	2,3925E-05	3,94016272
Dentro de los grupos	18668,3223	96	194,461691			
Total	22504,2012	97				

Nota: Resultado: No rechazado correspondiente al valor de la probabilidad en recorrido.

Figura 16. Análisis de varianza del tiempo estimado de trayecto en Puente Aranda.

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	49	2407	49,122449	267,276361		
Columna 2	49	4861,89	99,2222449	1899,32212		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	61494,744	1	61494,744	56,7661655	2,7112E-11	3,94016272
Dentro de lo	103996,727	96	1083,29924			
Total	165491,471	97				

Nota: Resultado: No rechazado, correspondiente al valor de la probabilidad en tiempo.

Figura 17. Análisis de varianza del recorrido de trayecto en Puente Aranda

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	49	2407	49,122449	267,276361		
Columna 2	49	1620,63	33,0740816	211,035791		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6309,97732	1	6309,97732	26,3843488	1,4661E-06	3,94016272
Dentro de lo	22958,9833	96	239,156076			
Total	29268,9606	97				

Nota: Resultado: No rechazado, correspondiente al valor de la probabilidad en recorrido.

En conclusión, tras realizar la prueba de varianza correspondiente, se encontró que ninguna de las variables presentó una varianza significativamente diferente de las demás, lo que sugiere que son independientes entre sí. Esto permite que se puedan aplicar pruebas de bondad y ajuste para analizar si los datos se ajustan a una distribución específica.

Prueba de Bondad y ajuste

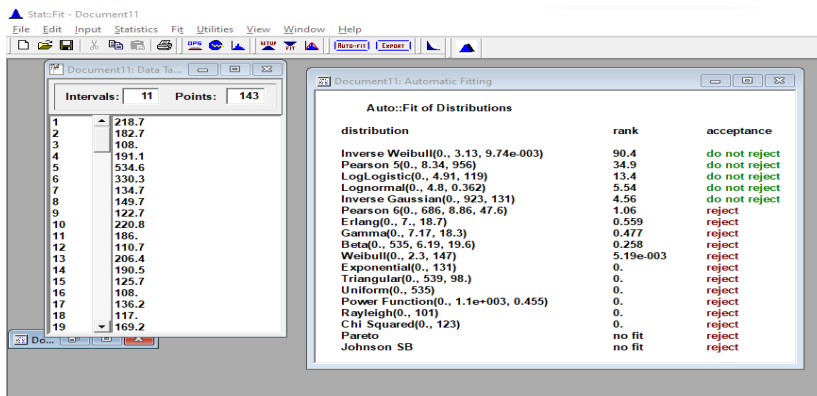
Una prueba de bondad de ajuste permite decimar la hipótesis de que una variable aleatoria sigue cierta distribución de probabilidad y se utiliza en situaciones donde se requiere comparar una distribución observada con una teórica o hipotética, compararla con datos históricos o con la distribución conocida de otra. Las pruebas de bondad y ajuste son:

- Chi Cuadrada
- Kolmogorov- Smirnov
- Anderson Darling

A partir de esta sección se va a jugar con la hipótesis de conocer cuál es la distribución que más se ajusta a los datos de cada trayecto.

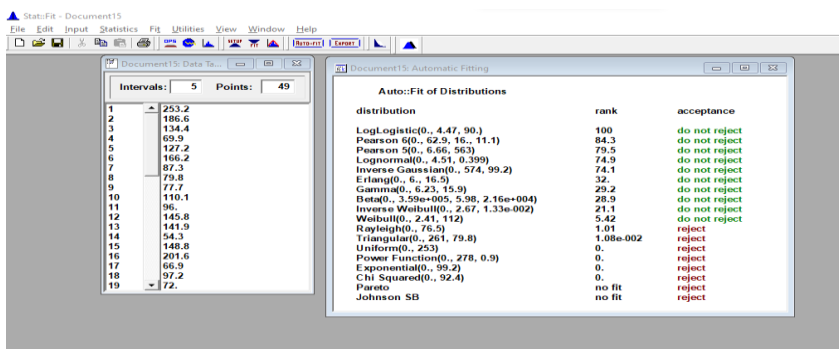
Variable 1: Tiempo estimado de los trayectos en zona cuatro.

Figura 18. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Soacha.



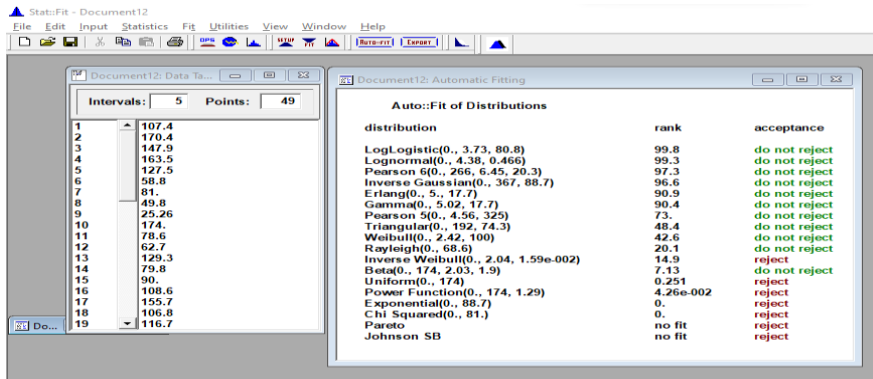
Nota: Mejor resultado Inverse Weibull

Figura 19. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Puente Aranda.



Nota: Mejor resultado Log Logistic.

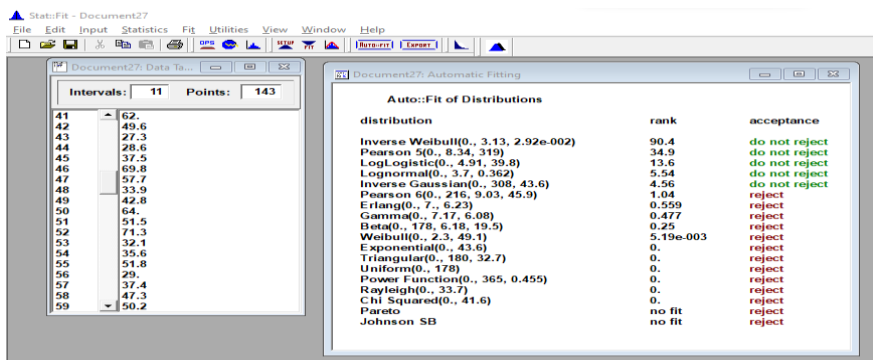
Figura 20. Estrategia de análisis de tiempo estimada de trayectos en Ind. Baja.



Nota: Mejor resultado Log Logistic

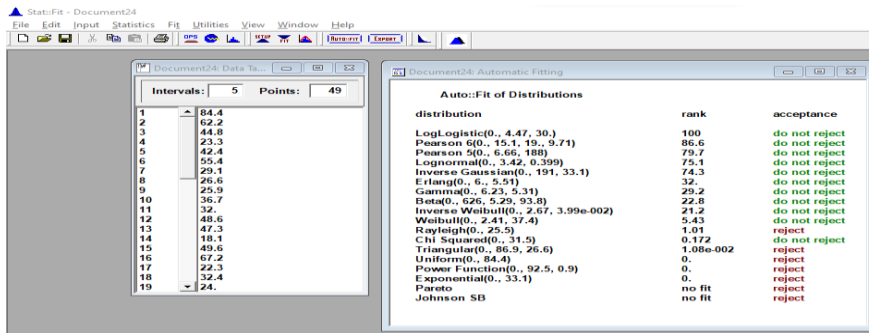
Variable 2: Distancia estimada en trayectos de zona cuatro

Figura 21. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Soacha.



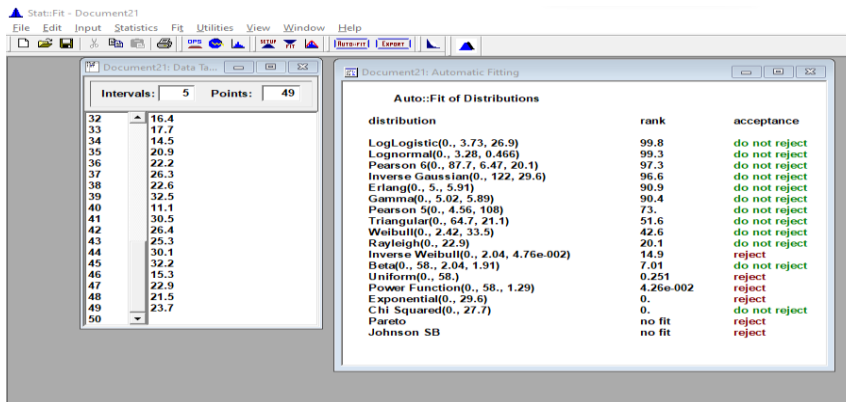
Nota: Mejor resultado Inverse Weibull

Figura 22. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Puente Aranda.



Nota: Mejor resultado Log Logistic

Figura 23. Estrategia de análisis de distancia estimada de trayectos en Ind Baja.



Nota: Mejor resultado Log normal

Después de realizar las pruebas de bondad y ajuste en un conjunto de rutas predeterminadas en la zona cuatro, se puede concluir que los datos se ajustan satisfactoriamente a las distribuciones teóricas seleccionadas. Los resultados obtenidos indican que las pruebas de bondad y ajuste han sido aceptadas, lo que permite garantizar que los datos se comportan de manera aleatoria y que no hay sesgos ni distorsiones que puedan afectar la validez de los resultados. En consecuencia, se puede tener confianza en la fiabilidad de los resultados obtenidos en las rutas analizadas en la zona cuatro y se pueden utilizar para tomar decisiones informadas en relación con la gestión del transporte y logística en dicha área.

Modelo matemático actual de la organización

En el contexto actual, se ha identificado que el modelo actual a representar es un modelo de Problema de Ruteo de Vehículos (VRP) que tiene como objetivo minimizar la distancia total recorrida por los vehículos desde el punto más lejano hasta el más cercano al centro de distribución, en donde para lograrlo se deben cumplir con ciertas restricciones específicas, en donde este modelo se representa matemáticamente de la siguiente forma:

Conjuntos:

N: Puntos de entrega (incluyendo el centro de distribución) {1,2,3 ... n}

K: Vehículo que realiza la ruta. {1... k}

Parámetros:

d_{ij} : Distancia entre el punto i y el punto j, $\forall i, j$.

Variables de decisión:

x_{ijk} : La ruta del cliente i al cliente j, es recorrido por el vehículo K.

Función objetivo:

Minimizar $\sum_{k \in N} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} x_{ijk}$

Restricciones:

1. $\sum_k \sum_j x_{ijk} = 1$
2. $\sum_j^0 x_{0,jk} = 1 \forall k$
3. $\sum_i^{-(0)} x_{ijk} \sum_i^i x_{jik} - x_{jik_1} = 0$
4. $\sum_i^{(N+1)} x_{i,N+1,k} = 1 \forall k$
5. $x_{ijk} = \{0,1\}$

En donde en el anterior modelo matemático, la función objetivo es minimizar la distancia total recorrida (d_{ij}) de la ruta de un cliente i al j realizada por un vehículo k (x_{ijk}). La restricción uno garantiza que cada cliente debe ser visitado una sola vez por cualquier vehículo k . La segunda restricción garantiza que cada vehículo k tenga una única ruta que comienza en el centro de distribución (punto 0). La restricción 3 garantiza que el número de veces que el vehículo k llega al cliente j sea igual al número de veces que sale de ese cliente j , y que el punto final de la visita se convierta en el punto de inicio para la siguiente ruta del vehículo. La restricción 4 asegura que cada vehículo k tenga una única ruta que termine en el centro de distribución (punto $N+1$). La restricción 5 establece que las variables de decisión x_{ijk} sean binarias, es decir, solo pueden tomar los valores 0 o 1.

Modelo actual de la empresa Envía Colvanes S.A.S

A partir de las pruebas realizadas se determina el modelo actual de la organización teniendo en cuenta como variable principal el tiempo que tardan los vehículos en llegar a los diferentes nodos de servicio desde el centro de distribución. Estos datos fueron recolectados según la planilla de la empresa, donde se evidencia que los conductores entregan del más lejano al más cercano. En la Tabla 5 se muestra la distribución de probabilidad para cada una de las variables de estudio con sus respectivos parámetros.

Tabla 5. Distribución de probabilidad de tiempo en trayectos

Zona	Distribución de probabilidad	Descripción de parámetro	Parámetros
Soacha	Pearson 6	(Forma 1, forma 2, escala)	886,8.8,47.6
Ind Baja	Erlang	(Valor medio, parámetro)	5,17.3
Puente Aranda	Gamma	(Forma, escala)	6.23,15.9

Nota: (Elaboración propia)

Posteriormente otra variable a considerar en el modelo es la distancia que se recorre para llegar a los diferentes nodos desde el centro de distribución. En la tabla a continuación se muestran su distribución de probabilidad con sus respectivos parámetros para cada zona.

Tabla 6. Distribución de probabilidad de distancia en trayectos

Zona	Distribución de probabilidad	Descripción de parámetro	Parámetros
Soacha	Log normal	(Media, desviación estándar)	3.7, 0,362
Ind Baja	Erlang	(Valor medio, parámetro)	5, 5.91
Puente Aranda	Pearson 6	(Forma 1, forma 2, escala)	15.1,19,9.71,30

Nota: (Elaboración propia)

En donde en los parámetros anteriores de los modelos estadísticos mencionados hacen referencia a que:

La escala: Hace referencia a los datos numéricos que en realidad son cualitativos. (Oteyza, Carrillo, Hernández , & Lam)

La forma: Describe las características tales como la simetría (o asimetría) que presenta la distribución de los datos, o qué tan aplanada picuda es la forma de la distribución. (Velázquez)

La media: Proporciona un valor de referencia para establecer cómo se centra un conjunto de datos. (Velázquez)


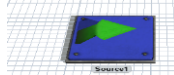
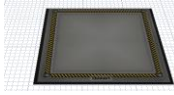


La desviación estándar: Es un conjunto de datos es la raíz cuadrada de la varianza de éstos. (Oteyza, Carrillo, Hernández , & Lam)

Modelo de simulación real de la empresa Envía Colvanes S.A.S

El modelo de simulación se implementó utilizando el Software FlexSim con el módulo GIS de localización geográfica. La elección de este software se debe a que permite generar un modelo digital de toda la red de distribución que permite evaluarlas distancias y tiempos de los diferentes trayectos. Además, permite incorporar la distribución de probabilidad de las rutas del modelo real de Envía Colvanes S.A.S en la elaboración del modelo. A continuación, se presenta una tabla que contiene una breve descripción de los objetos utilizados en el modelo:

Comentado [EC2]: Revisar que se quiere decir

Tabla 7. Componentes de la simulación

Componente	Descripción	Representación
Map	El map es la entidad principal donde se trazarán las coordenadas o ubicaciones de puntos de los diferentes pedidos.	
Source	El flujo de llegadas de las entidades del modelo.	
Queue	Es la cola donde finaliza el proceso de viaje y termina el descargue de la zona asignada con las políticas de enrutamiento.	
Point (Conectores)	Permiten trazar la ruta para darle dirección al vehículo para su correcta distribución.	
TaskExecuter	Se utiliza para ejecutar una secuencia de tareas en el modelo de simulación siguiendo un conjunto específico de distribución específica.	

Nota: (Elaboración propia)

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores se ha diseñado un modelo de simulación que representa el sistema actual de distribución de la empresa Envía Colvanes S.A.S en la zona cuatro de Bogotá. Para la construcción del modelo se realiza la selección de tres rutas diferentes que tienen mayor criticidad de demanda que son trazadas por medio de la herramienta de maps, la cual permite identificar las ubicaciones desde el CEDI hasta las diferentes zonas, y se realizan a través de conectores points que se enlazan por medio de sources que funcionan como transporte. Estos sources determinan hacia dónde se debe dirigir la carga y cómo se debe distribuir en cada zona de entrega y finaliza el proceso por medio de un queue que permitirá identificar que la cantidad de paquetes fue entregada en la zona.

Posteriormente para realizar la simulación se tiene en cuenta parámetros como el tiempo de cargue que varía en una distribución uniforme de 40 a 50 minutos, tiempo de descargue en el cual se considera la distribución de la probabilidad de los diferentes trayectos que se pueden visualizar en la tabla 5 y 6, en donde esta distribución es analizada por trayectos ya que es la representación más realista del modelo, lo cual refleja mejor la dinámica y flujo de la operación real. Esto permite capturar de manera más precisa las interacciones y tiempos asociados a los desplazamientos entre los puntos de la red de distribución, permitiendo una evaluación más completa de escenarios complejos y una toma de decisiones informada para mejorar la eficiencia y efectividad de la distribución. Además, en este parámetro se incluye los tiempos en el que el vehículo ya no se encuentra en movimiento debido a que está en espera en la entrega de paquetes, la cual varía dependiendo de la cantidad promedio de direcciones por ruta y el tiempo de descarga asignada según lo establecido en las planillas de reparto, la cual es representada en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tiempo promedio de descargue por ruta

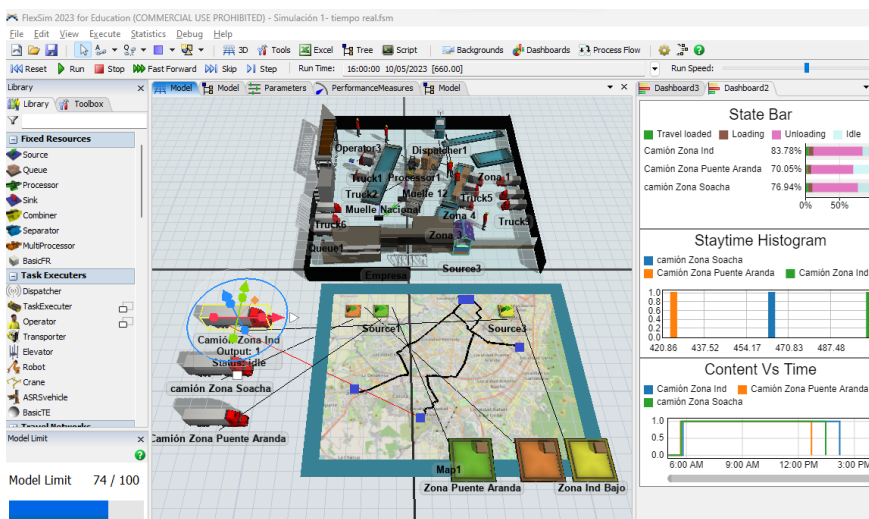
Ruta	Promedio de direcciones	Tiempo de descargue (Minutos)	Tiempo total (minutos)
Ind Baja	41	10	410
Puente Aranda	49	6	294
Soacha	33	10	330

Nota: (Elaboración propia)

Para evaluar la variabilidad de los resultados y obtener un dato más preciso se realizan 8 réplicas que permitan analizar los diferentes escenarios. La cantidad de réplicas se determinó en

función de la capacidad permitida por la licencia utilizada. Estas replicas involucran variables de tiempo de entrega y distancia recorrida en los trayectos, para ello se define 3 parámetros principales que son los diferentes tipos de vehículos, los cuales se evalúan en función de medidas de desempeño como el tiempo promedio del trayecto y tiempo en el sistema, permitiendo obtener una mejor comprensión de la variabilidad del sistema, es importante tener en cuenta que este modelo no considera parámetros externos, como el tráfico y los accidentes. Es fundamental reconocer que estos factores influyen significativamente en el funcionamiento del sistema y pueden generar variaciones en los resultados.

Figura 24. Modelo actual de la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro del tiempo.



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software FlexSim.

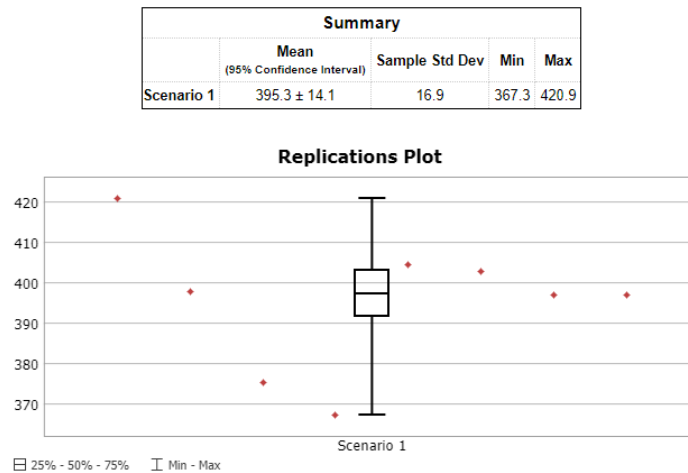
Este modelo se encuentra disponible en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1xA9A1H_XUUD1e4CKEvqo-12Br0xKc1kh. Al acceder al enlace proporcionado, se podrá visualizar el sistema de la figura anterior.

En la imagen mencionada se puede apreciar el tiempo reflejado en el sistema de duración para los diferentes vehículos es de 83,52%, 70,05% y 76,94%, que corresponde para Zona Ind, Puente Aranda y Soacha. Donde indica que cada uno tiene una duración promedio de 494.26 min, 420.86 min y 461.64min que varía aproximadamente desde las 5:40 a las 16:00 horas, en relación con los horarios de salida y llegada de los vehículos de transporte de la compañía.

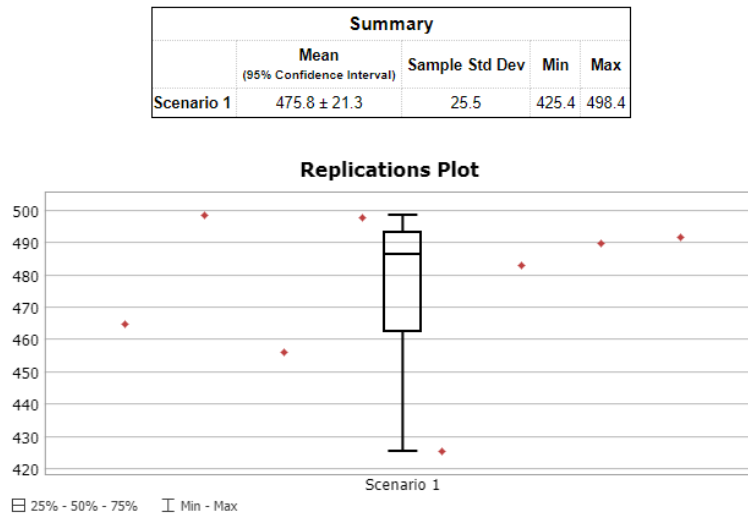
Se puede destacar que el vehículo de la Zona Ind inicia su ruta diaria a las 5:40 horas y finaliza a las 14:40 horas. Por otro lado, el vehículo de la Zona Puente Aranda comienza a operar también a las 5:45 horas, pero culmina su recorrido a las 13:00 horas. Finalmente, el vehículo de la Zona Soacha inicia su ruta a las 5:50 horas y finaliza a las 14:30 horas, en donde es importante destacar que el horario de inicio de ruta para los diferentes vehículos es un valor aproximado, lo que implica que puede haber variaciones menores en su hora de partida.

Figura 25. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona puente Aranda



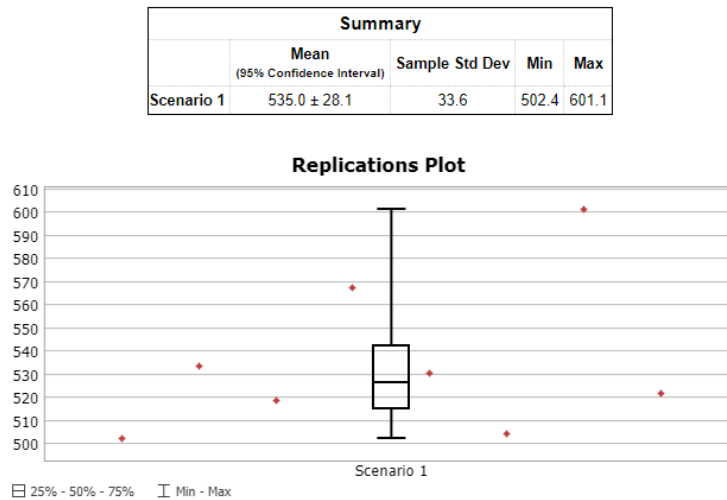
La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Puente Aranda. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 421,398,375,367,404,403,397 y 397. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Puente Aranda es de 395.3 minutos, con una desviación de 14.1 minutos.

Figura 26. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Soacha



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Soacha. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 465,498,456,498,425,483,490,492. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Soacha es de 475.8 minutos, con una desviación de 21.3 minutos.

Figura 27. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Ind.Baja



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Ind.Baja. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 502,534,519,568,531,504,601 y 522. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Ind.Baja es de 535 minutos, con una desviación de 28.1 minutos.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el promedio de los valores obtenidos a través de las réplicas realizadas en las diferentes zonas. Estos promedios brindan una visión general del comportamiento del sistema en cada una de las rutas evaluadas. Mediante este análisis, se

identificarán patrones y tendencias que permitirán comprender mejor el rendimiento y la eficiencia de cada zona en particular. La tabla proporciona una visión resumida de los resultados.

Tabla 9. Tiempos promedios de las réplicas por zonas.

Zona/No. réplica	Zona Soacha	Zona Puente Aranda	Zona Ind Baja
1	465	421	502
2	498	398	534
3	456	375	519
4	498	367	568
5	425	404	531
6	483	403	504
7	490	397	601
8	492	397	522
Promedio	475,9	395,3	535,1

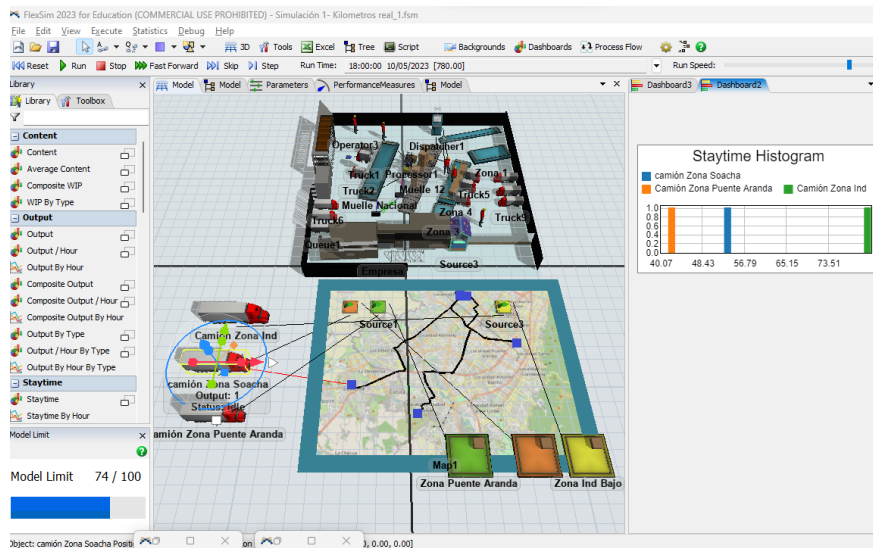
Nota: (Elaboración propia)

En conclusión, este modelo de simulación ha logrado representar de manera efectiva el sistema real en términos de los tiempos de finalización de las rutas. Al comparar los resultados obtenidos con el sistema real, se observa que los tiempos promedio de finalización de las rutas varían entre las 12:00 y las 16:00 horas, lo cual concuerda con la información registrada en la planilla de reparto y lo mencionado por el coordinador nacional de logística de Envía Colvanes S.A.S durante la visita realizada.

Esto indica que el modelo de simulación ha capturado adecuadamente las características y dinámicas del sistema de distribución, permitiendo una representación de los tiempos de entrega. Los resultados obtenidos respaldan la validez y utilidad del modelo en la toma de

decisiones relacionadas con la gestión de la distribución y la optimización de los tiempos del modelo real.

Figura 28. Modelo actual de la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de distancia.



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software FlexSim.

Este modelo se encuentra disponible en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1xA9A1H_XUUD1e4CKEvqo-12Br0xKc1kh. Al acceder

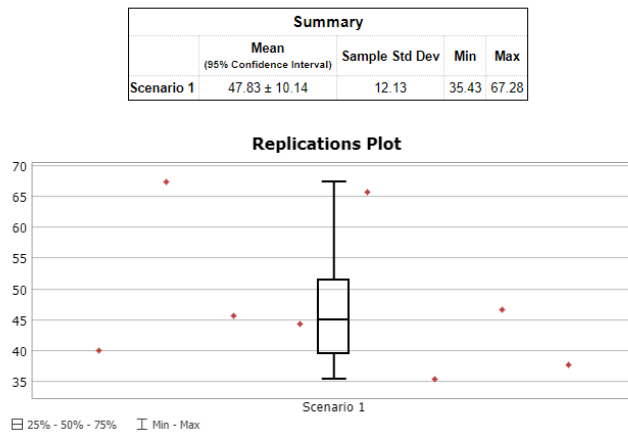
al enlace proporcionado, se podrá visualizar el sistema de la figura anterior.

En la imagen mencionada se identifican los kilómetros recorridos en los diferentes trayectos durante la franja horaria de 5:40 a 16:00 horas, aproximadamente. Basados en los datos obtenidos, se puede afirmar que los kilómetros promedio recorridos por las rutas de Puente

Comentado [j3]: No logre revisar el modelo

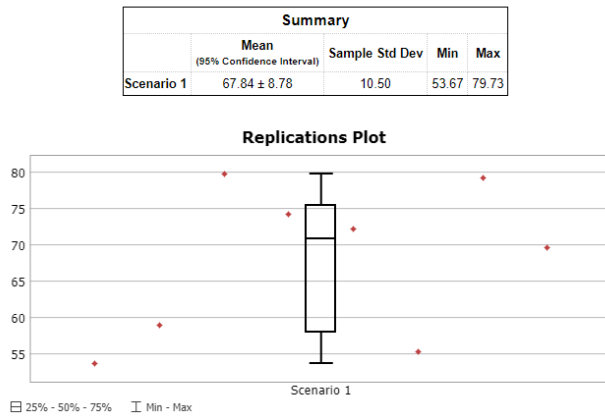
Aranda, Soacha e Ind Baja son de 40.07 km, 52,61 km y 77.69 km, respectivamente. Estos resultados permiten tener una mejor comprensión de las distancias recorridas en cada ruta.

Figura 29. Réplicas de distancia promedio de ruta en Puente Aranda



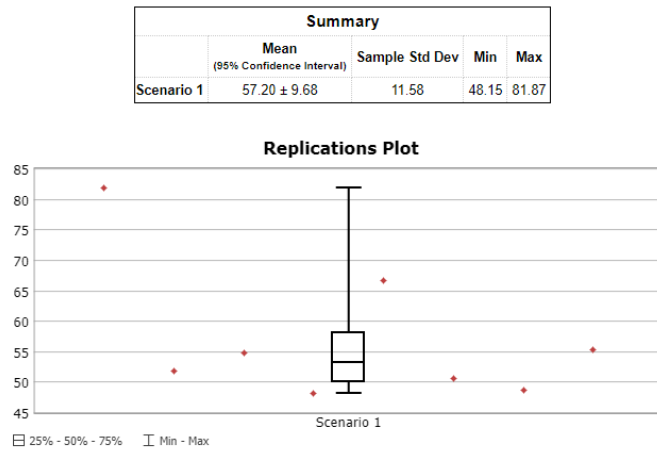
La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Puente Aranda. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 40.1, 67.3, 45.6, 44.3, 65.6, 35.4, 46.7 y 37.6. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de la distancia recorrida de la ruta Puente Aranda es de 47.83 kilómetros, con una desviación de 10.14 kilómetros.

Figura 30. Réplicas de distancia promedio de ruta en Soacha



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Soacha. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 53.7, 58.9, 79.7, 74.3, 72.2, 55.3, 79.2 y 69.6. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de la distancia recorrida de la ruta Soacha es de 67.84 kilómetros, con una desviación de 8.78 kilómetros.

Figura 31. Réplicas de distancia promedio de ruta en Ind Baja.



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Ind. Baja. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 82,52,55,48,67,51,49 y 55. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de la distancia recorrida de la ruta Ind. Baja es de 57.20 kilómetros, con una desviación de 9.68 kilómetros.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el promedio de los valores obtenidos a través de las réplicas realizadas en las diferentes zonas. Estos promedios brindan una visión general del comportamiento del sistema en cada una de las rutas evaluadas. Mediante este análisis, se

identificarán patrones y tendencias que permitirán comprender mejor el rendimiento y la eficiencia de cada zona en particular. La tabla proporciona una visión resumida de los resultados.

Tabla 10. Distancias promedias de las réplicas por zonas.

Zona/No.réplica	Zona Soacha	Zona Puente Aranda	Zona Ind Baja
1	53,7	40,1	82
2	58,9	67,3	52
3	79,7	45,6	55
4	74,3	44,3	48
5	72,2	65,6	67
6	55,3	35,4	51
7	79,2	46,7	49
8	69,6	37,6	55
Promedio	67,9	47,8	57,4

Nota: (Elaboración propia)

En conclusión, este modelo de simulación ha logrado representar de manera efectiva el sistema real en términos de distancia en km recorridos en las diferentes rutas. Al comparar los resultados obtenidos con el sistema real, se observa que las distancias promedio de finalización de las rutas varían entre 47,8 km y 67,9 km, lo cual concuerda con la información registrada en la planilla de reparto y lo mencionado por el coordinador nacional de logística de Envía Colvanes S.A.S durante la visita realizada.

Esto indica que el modelo de simulación ha capturado adecuadamente las características y dinámicas del sistema de distribución, permitiendo una representación precisa de la distancia empleada en las entregas. Los resultados obtenidos respaldan la validez y utilidad del modelo en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de la distribución y la optimización de las distancias del modelo real.

Con el fin de realizar un análisis más completo y preciso de la operación de distribución de la organización, se llevó a cabo un cruce de datos entre las réplicas obtenidas y el consumo de combustible de los vehículos utilizados en las diferentes rutas. Para ello, se utilizó las bases de datos de los galones consumidos por kilómetros en recorrido que reporta la empresa Envía Colvanes S.A.S de cada uno de los vehículos de la flota durante 3 meses. (Ver tabla 11)

Tabla 11. Valor de galones aproximados consumidos en el modelo actual de Envía

Colvanes S.A.S

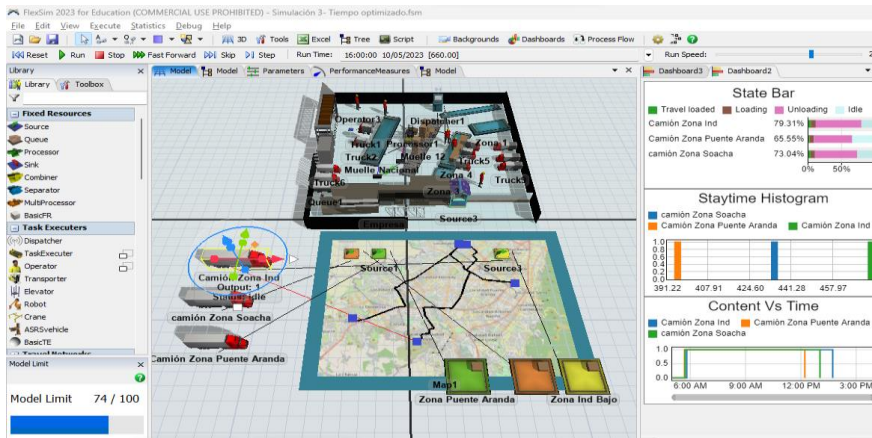
Trayecto	km	Galones	Valor actual de galon	Valor total	Valor a 3 meses
Zona Puente Aranda	35,4	2,245	\$ 11.600	\$ 26.041	\$ 2.005.125
	37,6	2,384	\$ 11.600	\$ 27.659	\$ 2.129.737
	40,1	2,543	\$ 11.600	\$ 29.498	\$ 2.271.342
	44,3	2,809	\$ 11.600	\$ 32.588	\$ 2.509.238
	45,6	2,892	\$ 11.600	\$ 33.544	\$ 2.582.873
	46,7	2,961	\$ 11.600	\$ 34.353	\$ 2.645.179
	65,6	4,160	\$ 11.600	\$ 48.256	\$ 3.715.712
Zona Soacha	67,3	4,268	\$ 11.600	\$ 49.507	\$ 3.812.003
	53,7	3,405	\$ 11.600	\$ 39.502	\$ 3.041.673
	55,3	3,507	\$ 11.600	\$ 40.679	\$ 3.132.300
	58,9	3,735	\$ 11.600	\$ 43.327	\$ 3.336.211
	69,6	4,414	\$ 11.600	\$ 51.198	\$ 3.942.280
	72,2	4,579	\$ 11.600	\$ 53.111	\$ 4.089.549
	74,3	4,712	\$ 11.600	\$ 54.656	\$ 4.208.497
	79,2	5,022	\$ 11.600	\$ 58.260	\$ 4.486.043
Zona Ind Baja	79,7	5,054	\$ 11.600	\$ 58.628	\$ 4.514.364
	48	3,044	\$ 11.600	\$ 35.309	\$ 2.718.814
	49	3,107	\$ 11.600	\$ 36.045	\$ 2.775.456
	51	3,234	\$ 11.600	\$ 37.516	\$ 2.888.740
	52	3,298	\$ 11.600	\$ 38.252	\$ 2.945.381
	55	3,488	\$ 11.600	\$ 40.459	\$ 3.115.307
	55	3,488	\$ 11.600	\$ 40.459	\$ 3.115.307
	67	4,249	\$ 11.600	\$ 49.286	\$ 3.795.011
82	5,200	\$ 11.600	\$ 60.320	\$ 4.644.640	

Nota: (Elaboración propia)

Escenarios de mejora

Se ha llevado a cabo un análisis detallado del modelo real de la organización, centrándose en los parámetros de distancia y tiempo. Para ello, se ha examinado un conjunto de datos de diferentes réplicas mencionadas anteriormente, con el objetivo de identificar posibles áreas de mejora en el sistema actual. Como resultado de este análisis, se ha propuesto una solución en la que los diferentes trayectos sean atendidos en orden de proximidad al CEDI. A continuación, se presentan los escenarios de datos con las réplicas obtenidas, que respaldan esta propuesta de mejora.

Figura 32. Escenario de mejora para la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de tiempo.



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software FlexSim.

Este modelo se encuentra disponible en el siguiente

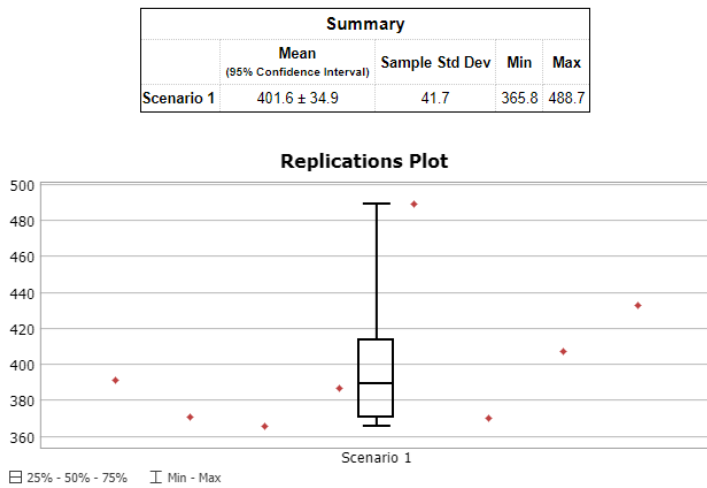
enlace:https://drive.google.com/drive/folders/1xA9A1H_XUud1e4CKEvqo-12Br0xKc1kh. Al acceder al enlace proporcionado, se podrá visualizar el sistema de la figura anterior.

En la imagen mencionada se logra visualizar el tiempo reflejado en el sistema de duración para los diferentes vehículos es de 79,31%, 65,55% y 73,04%, y que corresponde para Zona Ind, Puente Aranda y Soacha. Donde indica que cada uno tiene una duración promedio de 466.31 min, 391.22 min y 432.94 min que se ven reflejados en un rango de horas que varía aproximadamente desde las 5:50 a las 16:00 horas, en relación con los horarios de salida y llegada de los vehículos de transporte de la compañía, se puede destacar que el vehículo de la Zona Ind inicia su ruta diaria a las 5:40 horas y finaliza a las 13:00 horas. Por otro lado, el vehículo de la Zona Puente Aranda comienza a operar también a las 5:50 horas, pero culmina su recorrido a las 12:10 horas. Finalmente, el vehículo de la Zona Soacha inicia su ruta a las 5:45 horas y finaliza a las 14:00 horas, en donde es importante destacar que el horario de inicio de ruta para los diferentes vehículos es un valor aproximado, lo que implica que puede haber variaciones menores en su hora de partida. Después de analizar los datos de la franja horaria mencionada previamente, se puede concluir que los escenarios propuestos para los trayectos, en función de los parámetros de tiempo, permiten una optimización. Concretamente, se ha logrado una mejora del 6% en la zona Puente Aranda y del 3% en la zona Ind Baja. Estos resultados sugieren que la implementación de las propuestas planteadas podría traducirse en una mejora importante en la eficiencia del sistema de distribución.

Mientras que para la zona Soacha, no se encontraron escenarios de mejora significativos que pudieran ser implementados en el sistema actual de distribución. Sin embargo, se sugiere que

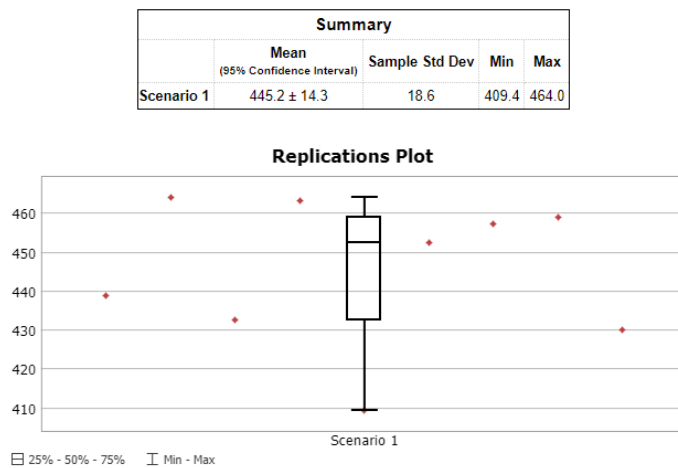
la distribución de los productos se siga realizando en el mismo orden que actualmente lleva a cabo la compañía, como una medida de garantizar la continuidad de las operaciones y mantener la satisfacción del cliente.

Figura 33. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Puente Aranda



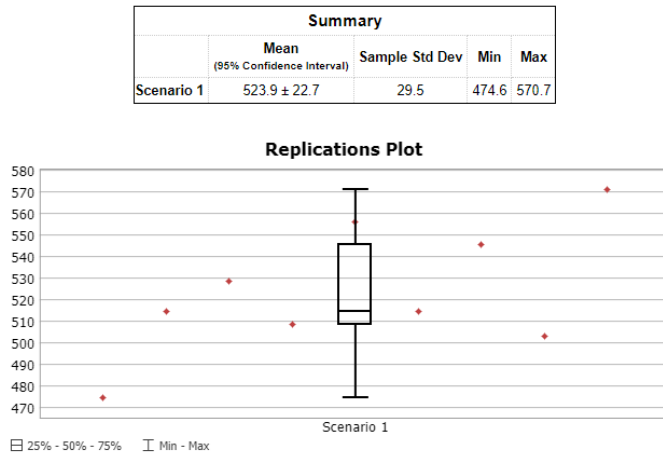
La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Puente Aranda. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 391, 371, 366, 387, 489, 370, 407 y 433. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Puente Aranda es de 401.6 minutos, con una desviación de 34.9 minutos.

Figura 34. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Zona Soacha



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Soacha. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 439,646,433,463,453,457,459 y 430. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Soacha es de 445.2 minutos, con una desviación de 14.3 minutos

Figura 35. Réplicas de tiempo promedio de ruta en Ind.Baja.



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de tiempos en los trayectos de Ind.Baja. Estos datos se presentan en forma de minutos y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 475,515,529,508,515,545,503 y 571. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de tiempo de duración de la ruta Ind.Baja es de 523.9 minutos, con una desviación de 22.7 minutos.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el promedio de los valores obtenidos a través de las réplicas realizadas en las diferentes zonas. Estos promedios brindan una visión general del comportamiento del sistema en cada una de las rutas evaluadas. Mediante este análisis, se identificarán patrones y tendencias que permitirán comprender mejor el rendimiento y la eficiencia de cada zona en particular. La tabla proporciona una visión resumida de los resultados.

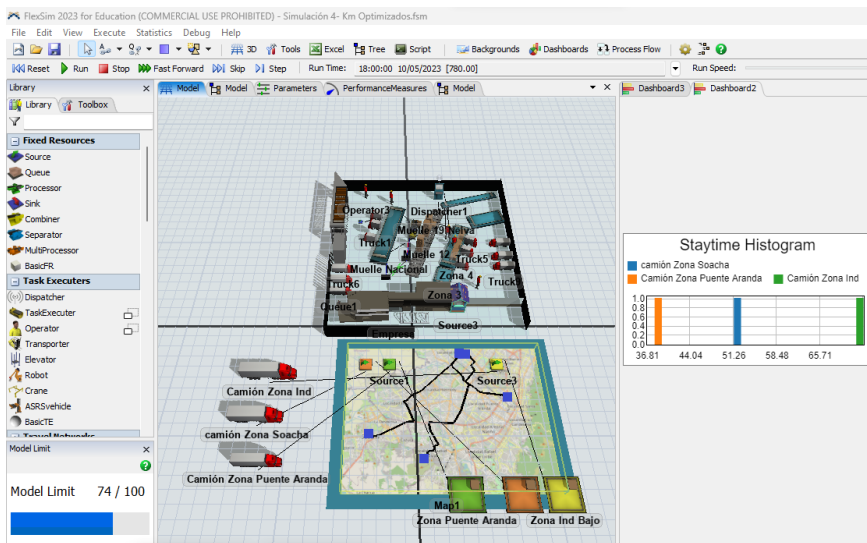
Tabla 12. Tiempos promediados de las réplicas por zonas

Zona/No.réplica	Zona Soacha	Zona Puente Aranda	Zona Ind Baja
1	439	391	475
2	464	371	515
3	433	366	529
4	463	387	508
5	453	489	515
6	457	370	545
7	459	407	503
8	430	433	571
Promedio	449,8	401,8	520,1

Nota: (Elaboración propia)

En resumen, el escenario de mejora propuesto, con el parametro de tiempo, ha demostrado una reducción en las zonas de Puente Aranda e Ind. Baja. Los resultados obtenidos respaldan la implementación de este escenario y subrayan su capacidad para generar mejoras en la eficiencia y rendimiento del sistema de distribución en estas zonas.

Figura 36. Escenario de mejora para la organización Envía Colvanes S.A.S en función del parámetro de distancia.



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software FlexSim.

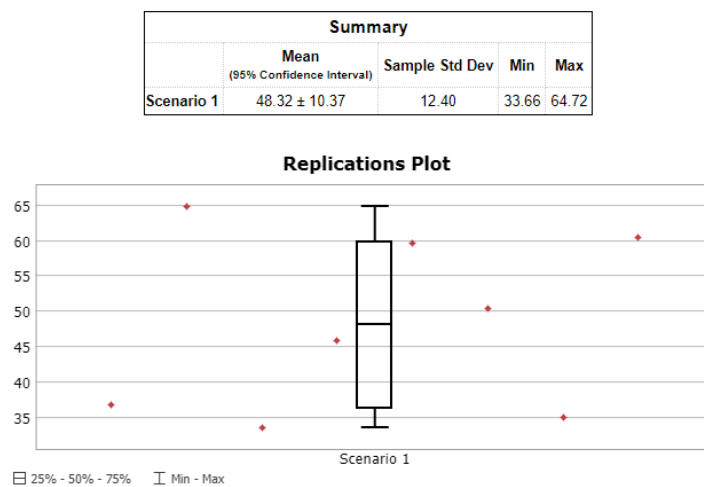
Este modelo se encuentra disponible en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1xA9A1H_XUUD1e4CKEvqo-12Br0xKc1kh Al acceder al enlace proporcionado, se podrá visualizar el sistema de la figura anterior.

En la imagen mencionada, se identifican los kilómetros recorridos en los diferentes trayectos durante aproximadamente la franja horaria de 6:00 a 16:00 horas. Basados en los datos obtenidos, se puede afirmar que los kilómetros promedio recorridos por las rutas de Puente Aranda, Soacha e Ind Baja son de 36.81 km, 51.26 km y 65.71 km, respectivamente. Estos resultados permiten tener una mejor comprensión de las distancias recorridas en cada ruta. Después de analizar los kilómetros de los diferentes trayectos, se puede concluir que los

escenarios propuestos para los trayectos, en función de los parámetros de distancia, permiten una optimización significativa. Concretamente, se logró una mejora del 3% en la zona Puente Aranda y zona Ind Baja del 7%. Estos resultados sugieren que la implementación de las propuestas planteadas podría traducirse en una mejora importante en la eficiencia del sistema de distribución.

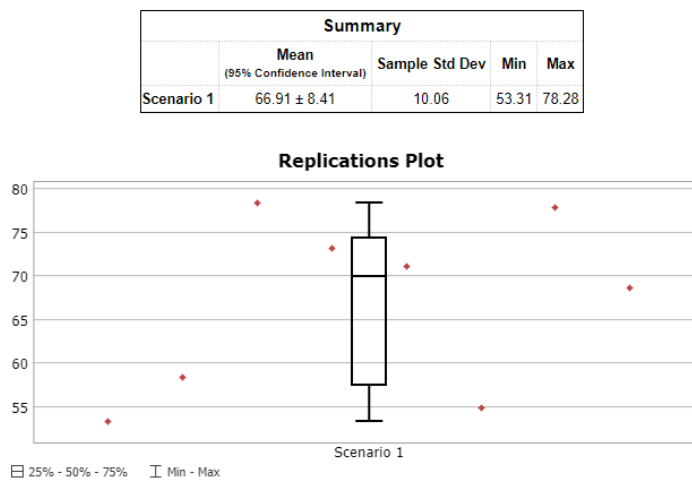
Figura 37. Réplicas de distancia promedio de ruta en Puente Aranda



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Puente Aranda. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 36.8, 64.7, 33.7, 45.9, 59.5, 50.4, 35.1 y 60.5. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la

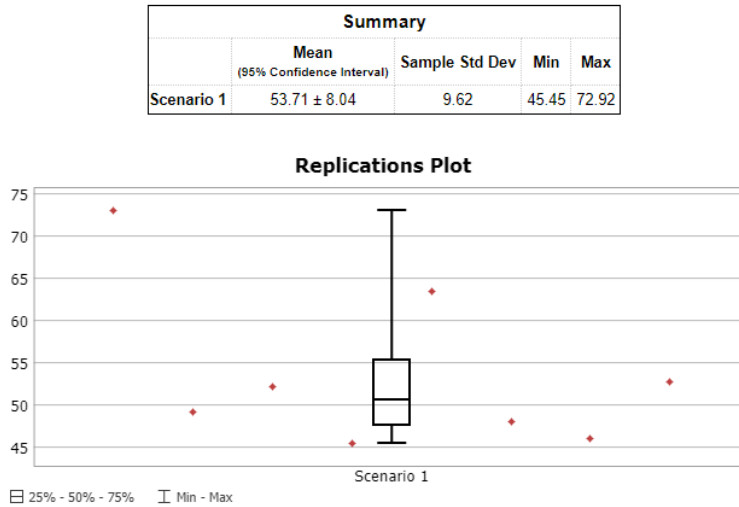
media de la distancia recorrida de la ruta Puente Aranda es de 48.32 kilómetros, con una desviación de 10.37 kilómetros.

Figura 38. Réplicas de distancia promedio de ruta en Soacha



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Soacha. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 36.8,64.7,33.7,45.9,59.5,50.4,35.1 y 60.5. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de la distancia recorrida de la ruta Soacha es de 66.91 kilómetros, con una desviación de 8.41 kilómetros.

Figura 39. Réplicas de distancia promedio de ruta en Ind Baja



La figura anterior muestra los datos obtenidos de diferentes réplicas de distancia en los trayectos de Ind. Baja. Estos datos se presentan en forma de kilómetros y los resultados registrados en cada réplica son los siguientes: 72.9,49.2,52.1,45.5,63.4,48,46 y 52.6. El diagrama de caja representa la distribución de los resultados de las réplicas, y muestra que la media de la distancia recorrida de la ruta Soacha es de 53.71 kilómetros, con una desviación de 8.04 kilómetros.

En conclusión, el análisis de optimización realizado en los diferentes escenarios propuestos ha permitido obtener resultados en cuanto a la mejora del sistema de distribución de la organización. La implementación del parámetro de distancia en los trayectos ha demostrado ser una herramienta efectiva para optimizar las distancias en una ruta de entrega, lo que se

traduce en una mejora en la eficiencia y eficacia del proceso. En general, se puede afirmar que los escenarios propuestos muestran una clara ventaja en comparación con el sistema real y podrían ser considerados como una opción viable para implementar en la operación de la organización.

A continuación, se presenta una tabla que muestra el promedio de los valores obtenidos a través de las réplicas realizadas en las diferentes zonas. Estos promedios brindan una visión general del comportamiento del sistema en cada una de las rutas evaluadas. Mediante este análisis, se identificarán patrones y tendencias que permitirán comprender mejor el rendimiento y la eficiencia de cada zona en particular. La tabla proporciona una visión resumida de los resultados.

Tabla 13. Distancias promediadas de las diferentes réplicas

Zona/No.réplica	Zona Soacha (Min)	Zona Puente Aranda (Min)	Zona Ind Baja (Min)
1	53,3	36,8	72,9
2	58,3	64,7	49,2
3	78,3	33,7	52,1
4	73,1	45,9	45,5
5	71,1	59,5	63,4
6	54,9	50,4	48,0
7	77,7	35,1	46,0
8	68,6	60,5	52,6
Promedio	66,9	48,3	53,7

Nota: (Elaboración propia)

Con el fin de realizar un análisis más completo y preciso de la operación de distribución de la organización, se llevó a cabo un cruce de datos entre las réplicas obtenidas y el consumo de combustible de los vehículos utilizados en las diferentes rutas. Para ello, se utilizó las bases de datos de los galones consumidos por kilómetros en recorrido que reporta la empresa Envía Colvanes S.A.S de cada uno de los vehículos de la flota durante 3 meses. (Ver Tabla 14)

Tabla 14. Valor de galones consumidos en el escenario de mejora propuesto

Trayecto	km	Cantidad galon	valor Galon	Valor total	Valor a 3 meses
Zona Puente Aranda	33,7	2,137	\$ 11.600	\$ 24.790	\$ 1.908.834
	35,1	2,226	\$ 11.600	\$ 25.820	\$ 1.988.132
	36,8	2,334	\$ 11.600	\$ 27.070	\$ 2.084.424
	45,9	2,911	\$ 11.600	\$ 33.764	\$ 2.599.866
	50,4	3,196	\$ 11.600	\$ 37.075	\$ 2.854.754
	59,5	3,773	\$ 11.600	\$ 43.769	\$ 3.370.196
	60,5	3,837	\$ 11.600	\$ 44.504	\$ 3.426.838
	64,7	4,103	\$ 11.600	\$ 47.594	\$ 3.664.734
Zona Soacha	53,3	3,380	\$ 11.600	\$ 39.208	\$ 3.019.016
	54,9	3,481	\$ 11.600	\$ 40.385	\$ 3.109.643
	58,3	3,697	\$ 11.600	\$ 42.886	\$ 3.302.226
	68,6	4,350	\$ 11.600	\$ 50.463	\$ 3.885.638
	71,1	4,509	\$ 11.600	\$ 52.302	\$ 4.027.243
	73,1	4,636	\$ 11.600	\$ 53.773	\$ 4.140.527
	77,7	4,927	\$ 11.600	\$ 57.157	\$ 4.401.080
	78,3	4,965	\$ 11.600	\$ 57.598	\$ 4.435.065
Zona Ind Baja	45,5	2,885	\$ 11.600	\$ 33.470	\$ 2.577.209
	46	2,917	\$ 11.600	\$ 33.838	\$ 2.605.530
	48	3,044	\$ 11.600	\$ 35.309	\$ 2.718.814
	49,2	3,120	\$ 11.600	\$ 36.192	\$ 2.786.784
	52,1	3,304	\$ 11.600	\$ 38.325	\$ 2.951.046
	52,6	3,336	\$ 11.600	\$ 38.693	\$ 2.979.367
	63,4	4,020	\$ 11.600	\$ 46.638	\$ 3.591.100
	72,9	4,623	\$ 11.600	\$ 53.626	\$ 4.129.198

Nota: (Elaboración propia)

Al comparar los precios por kilómetro y galón del sistema actual de la empresa Envía Colvanes S.A.S con el escenario de mejora propuesto, se obtiene un ahorro significativo del 75% en las posibles interacciones. Esta reducción en costos se traduce en ahorros monetarios que varían entre \$99.291 y \$515.442 por trayecto, lo cual representa una mejora significativa en la rentabilidad y eficiencia de la compañía.(Ver Tabla 15)

Tabla 15. Diferencia de costos del modelo actual y el propuesto

Trayecto	Costo total del modelo actual	Costo total del escenario de mejora	Diferencia
Zona Puente Aranda	\$ 2.005.125	\$ 1.908.834	\$ 96.291
	\$ 2.129.737	\$ 1.988.132	\$ 141.605
	\$ 2.271.342	\$ 2.084.424	\$ 186.918
	\$ 2.509.238	\$ 2.599.866	-\$ 90.627
	\$ 2.582.873	\$ 2.854.754	-\$ 271.881
	\$ 2.645.179	\$ 3.370.196	-\$ 725.017
	\$ 3.715.712	\$ 3.426.838	\$ 288.874
Zona Soacha	\$ 3.812.003	\$ 3.664.734	\$ 147.269
	\$ 3.041.673	\$ 3.019.016	\$ 22.657
	\$ 3.132.300	\$ 3.109.643	\$ 22.657
	\$ 3.336.211	\$ 3.302.226	\$ 33.985
	\$ 3.942.280	\$ 3.885.638	\$ 56.642
	\$ 4.089.549	\$ 4.027.243	\$ 62.306
	\$ 4.208.497	\$ 4.140.527	\$ 67.970
Zona Ind Baja	\$ 4.486.043	\$ 4.401.080	\$ 84.963
	\$ 4.514.364	\$ 4.435.065	\$ 79.299
	\$ 2.718.814	\$ 2.577.209	\$ 141.605
	\$ 2.775.456	\$ 2.605.530	\$ 169.926
	\$ 2.888.740	\$ 2.718.814	\$ 169.926
	\$ 2.945.381	\$ 2.786.784	\$ 158.597
	\$ 3.115.307	\$ 2.951.046	\$ 164.262
\$ 3.115.307	\$ 2.979.367	\$ 135.941	
\$ 3.795.011	\$ 3.591.100	\$ 203.911	
\$ 4.644.640	\$ 4.129.198	\$ 515.442	

Nota: (Elaboración propia)

Otro escenario de mejora

En el contexto actual, se ha identificado que el modelo óptimo de entrega de pedidos es un modelo típico de agente viajero, de manera similar, se enfrenta a una situación en la que es necesario buscar la ruta óptima para visitar un conjunto de puntos de interés en el menor tiempo posible, minimizando la distancia recorrida en el trayecto y optimizando el proceso de entrega. En este sentido, se considerará como un posible escenario del problema actual y se representaría matemáticamente de la siguiente forma:

i = Dirección i

j = Dirección j

u_i, u_j = Variables artificiales que garantizan que se muestren una secuencia sin que se repita la cantidad de direcciones.

c_{ij} = distancia

Minimizar $\sum_{i=0}^n \sum_{j \neq i, j=0}^n c_{ij} x_{ij}$

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

Restricciones:

$$\sum_{i \neq 0, i \neq j}^n x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j \neq 0, j \neq i}^n x_{ij} = 1$$

$$u_i - u_j + n_{x_{ij}} \leq n - 1$$

$$1 \leq i \neq j \leq n$$

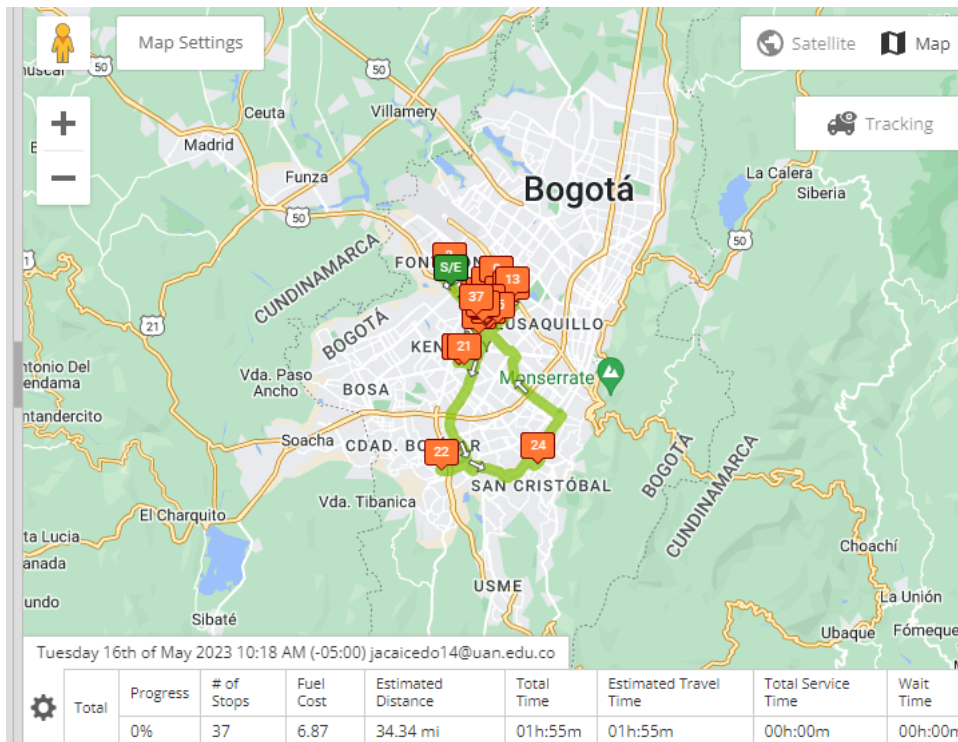
Las dos primeras restricciones aseguran que mi punto de llegada se convierta en mi nuevo punto de partida, garantizando así la correcta distribución. La última restricción establece una secuencia única de direcciones que deben seguir los trayectos, asegurando que cada uno de ellos recorra una sola ruta y evitando la repetición de direcciones.

Ahora bien, se propone desarrollar un escenario mediante el software Route4Me que funciona como un modelo de agente viajero ya que utiliza algoritmos y técnicas para encontrar la mejor ruta posible en un conjunto de destinos que se acopla en el mejoramiento que busca la organización. En este escenario se decide seleccionar 9 rutas al azar, 3 por cada zona para validar los resultados. Baja un criterio de optimización de tiempo y distancia.

Lo anterior con la finalidad de evaluar la posibilidad de realizar proyectos futuros de la adquisición o desarrollo de una plataforma que permita a los conductores conocer desde el inicio la ruta a seguir y conseguir una mejor disminución de kilómetros recorridos y tiempos por ruta.

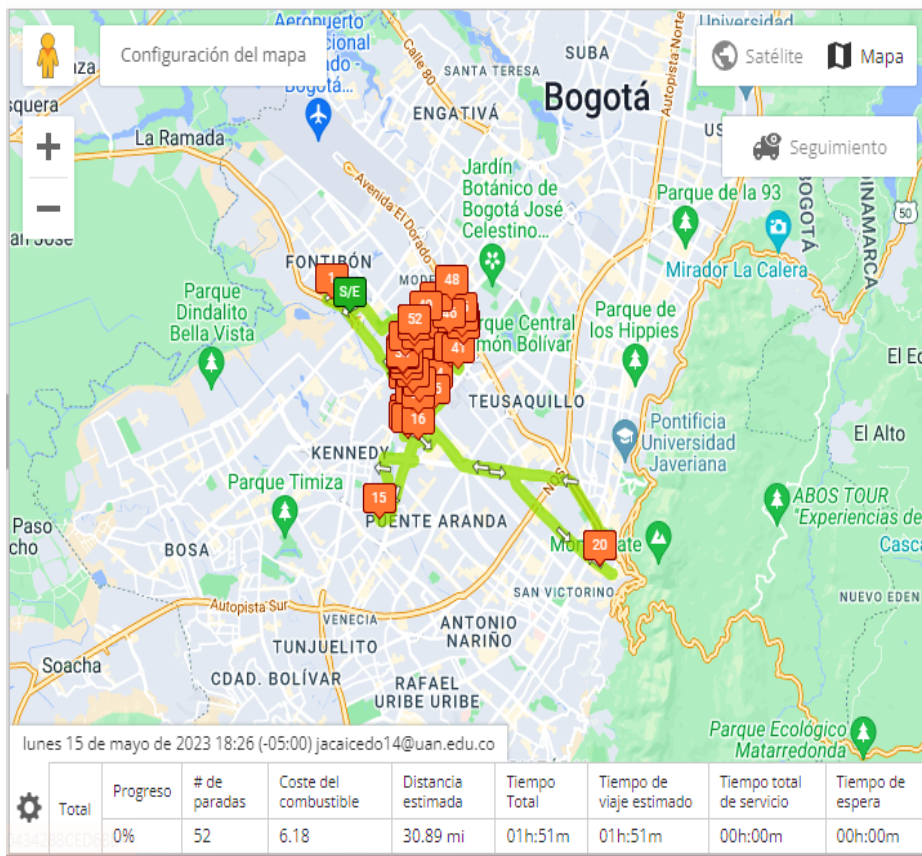
Una de las dificultades encontradas en este aplicativo es que las direcciones se deben agregar manualmente o subir un archivo de Excel con datos limpios y correctos por cada ruta. De lo anterior, que esto solo se lleve a cabo como prueba y comparación de resultados, y no se represente a través de un modelo de simulación convencional. A continuación, se presentan los mapas con las direcciones de entrega y las variables de estudio por ruta. Es importante aclarar que el tiempo registrado no tiene en cuenta las paradas para entregar los paquetes.

Figura 40.Ruta zona Ind- día 1



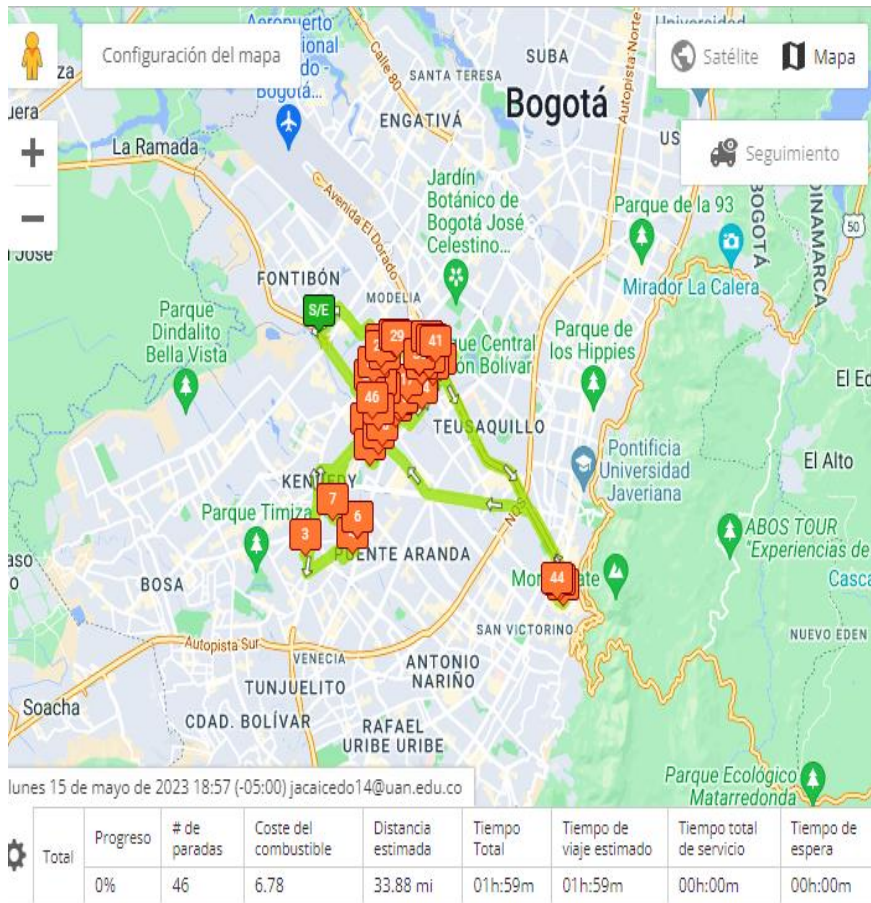
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 41. Ruta Zona Ind -día 2



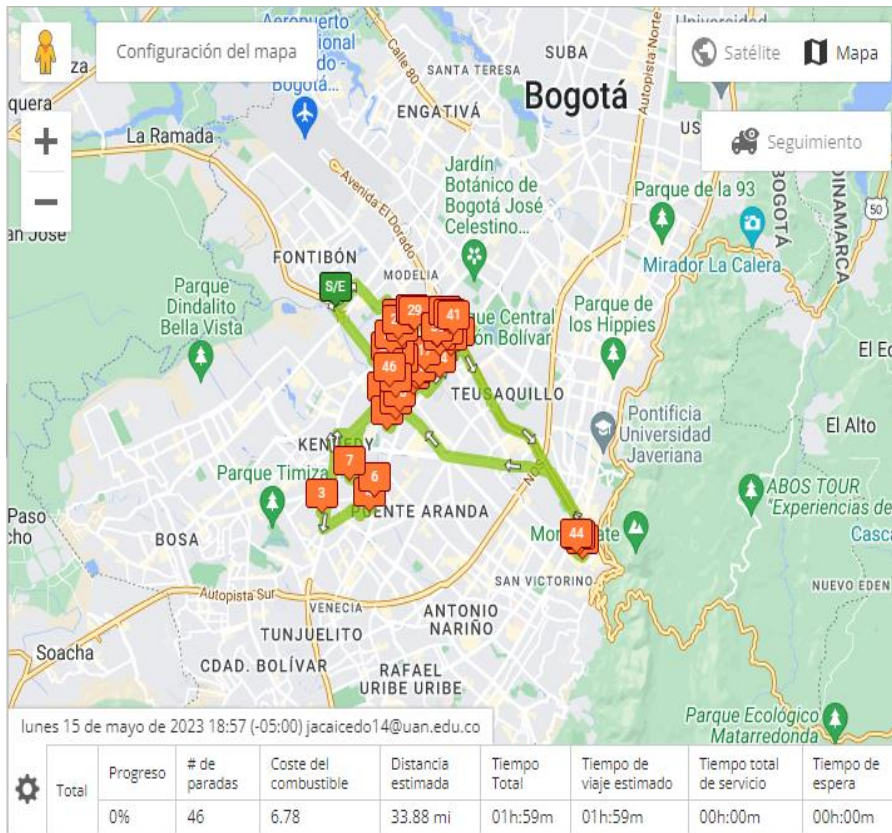
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 42. Ruta Zona Ind- día 3



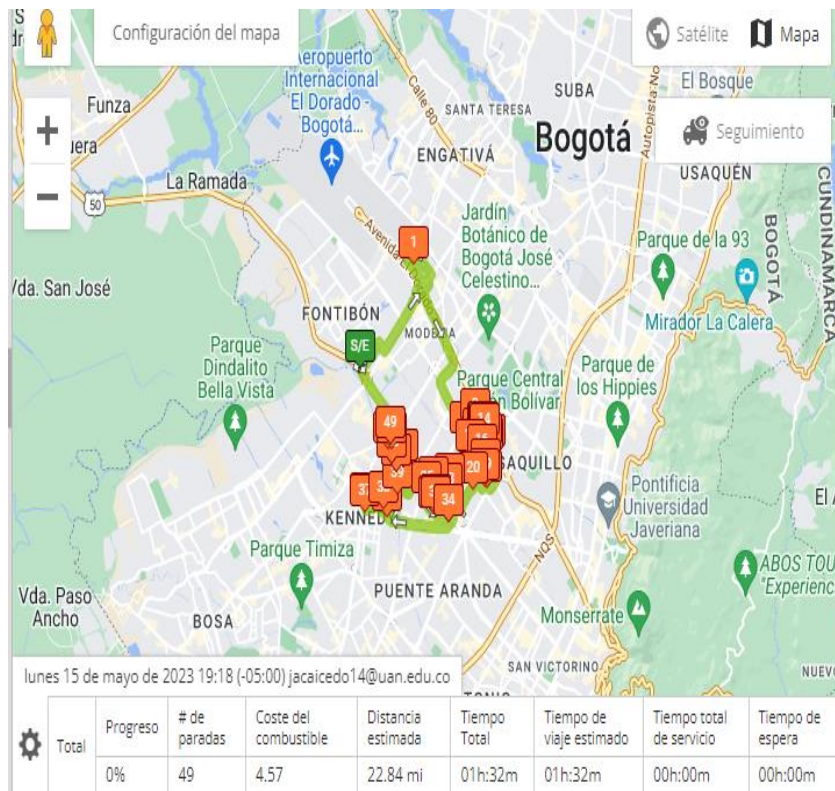
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 43. Ruta Soacha -día 1



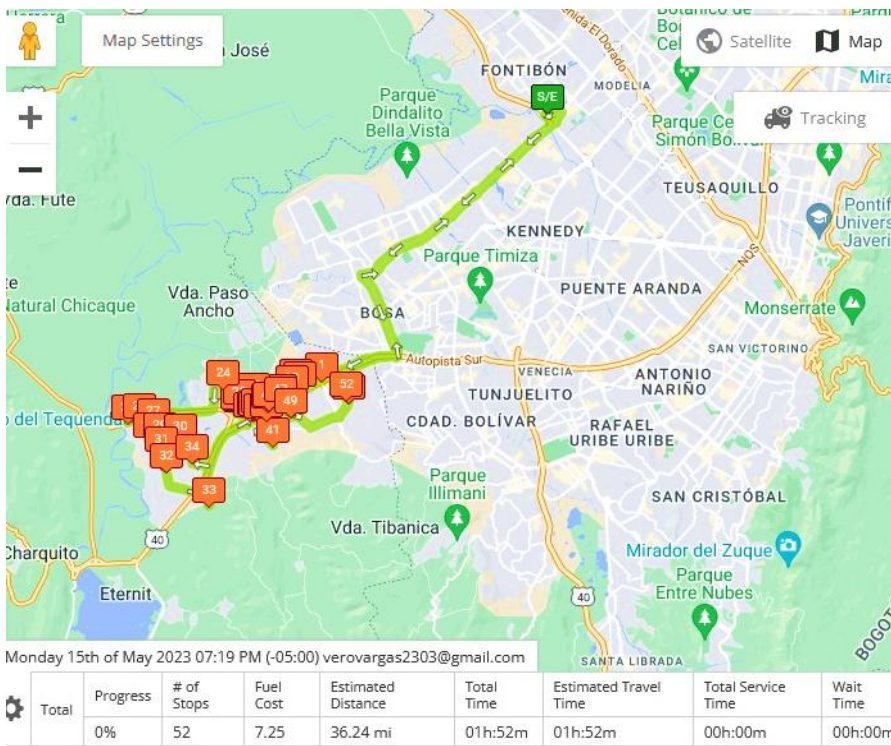
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 44.Ruta Soacha-día 2



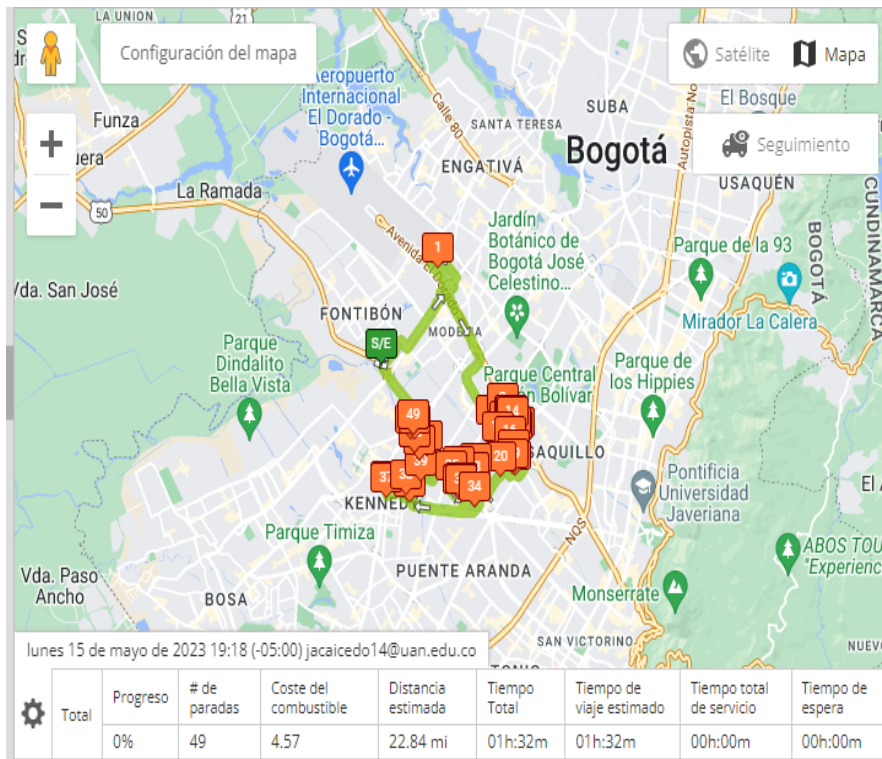
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 45. Ruta Soacha- día 3



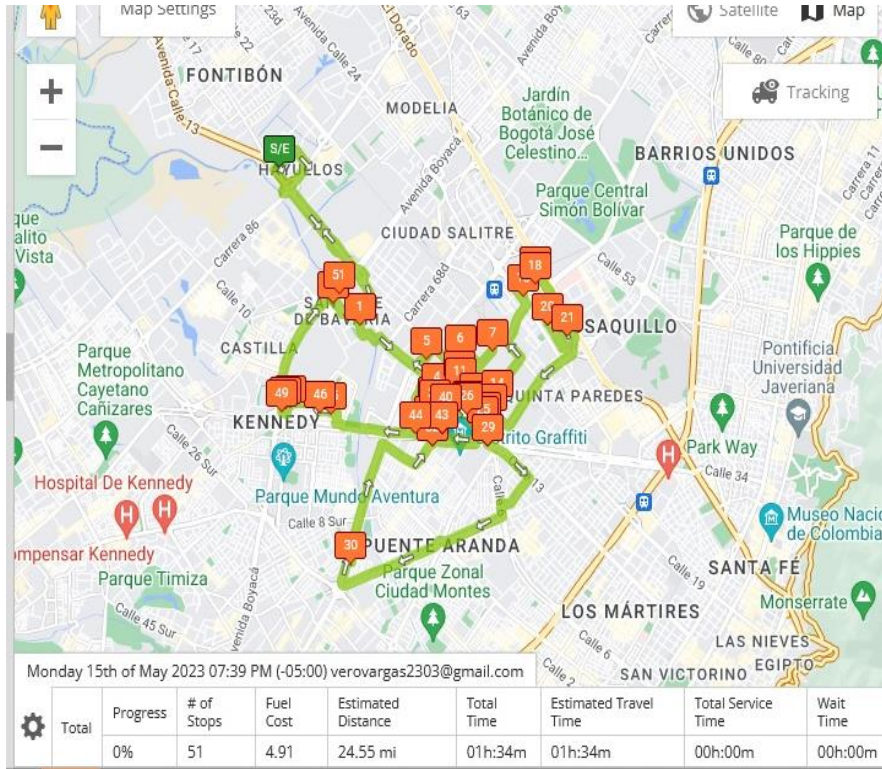
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 46. Ruta Puente Aranda -Día 1



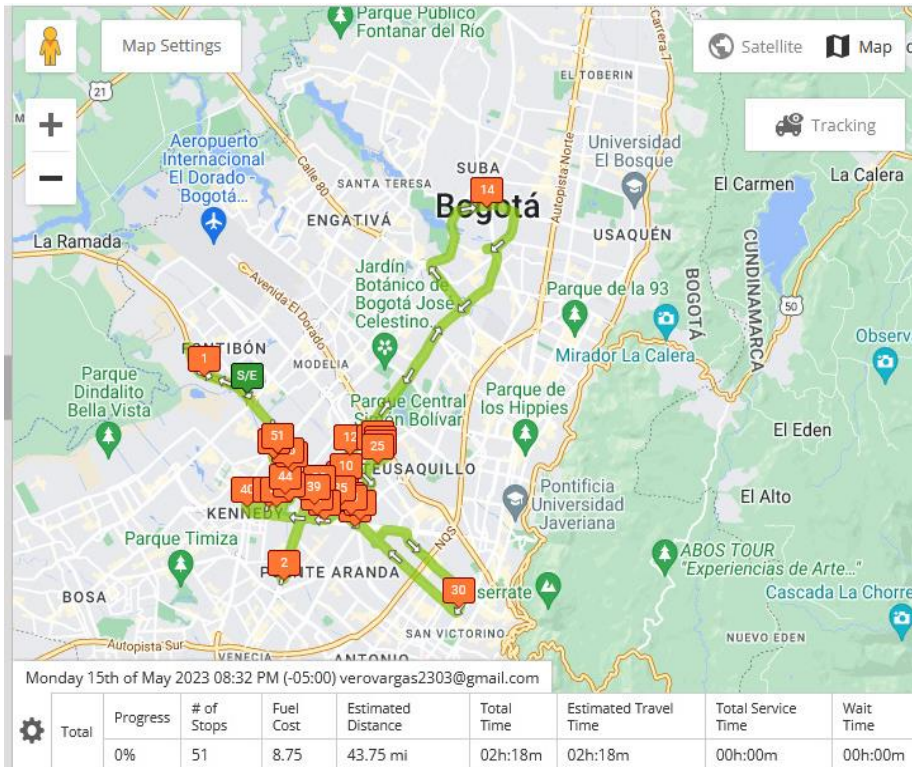
Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 47. Ruta Puente Aranda-día 2



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

Figura 48. Ruta Puente Aranda-día 3



Nota: Modelo desarrollado por medio de la herramienta del software Route4Me.

En las figuras anteriores, al incorporar los tiempos de descarga promedio de la tabla 8, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 16. Tiempo promedio de trayectos

Zona	Paradas	Tiempo	Tiempo total	Tiempo promedio
Ind Baja	37	110	480	563
	52	111	631	
	46	119	579	
Soacha	46	119	579	597
	49	90	580	
	52	112	632	
Puente Aranda	49	92	582	611
	51	94	604	
	51	138	648	

Nota: (Elaboración propia)

En conclusión, el software Route4Me es una herramienta efectiva que utiliza un modelo de agente viajero para encontrar la mejor ruta posible en diferentes muestras de trayectos. Permite a las organizaciones optimizar la planificación y la distribución de sus entregas utilizando parámetros como la distancia y el tiempo. Sin embargo, al comparar el escenario actual con el modelo de mejora propuesto anteriormente, no se observa un cambio considerable en los tiempos de reparto de la organización, por lo que el escenario propuesto de entregar pedidos por aproximación al CEDI es una muy buena alternativa para la empresa.

Aunque el software ofrece beneficios en términos de eficiencia y optimización, es importante tener en cuenta que el análisis se realizó con una muestra limitada de trayectos y días. Para obtener una comprensión más profunda del comportamiento y evaluar adecuadamente su impacto, se sugiere realizar un estudio más exhaustivo con una mayor cantidad de días demandados.

Estudio financiero del proyecto

En el presente estudio financiero se identifica la viabilidad del proyecto, presentando así los gastos generados implicados, tanto monetarios como de tiempo invertido en el desarrollo del presente proyecto y al cual relaciona los rubros que se encuentran en la tabla siguiente, sumando así un total \$ 9.618.930,00 (ver tabla 17)

Tabla 17. Análisis financiero

ANÁLISIS FINANCIERO				
TIPO	DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Equipo	USB 128 GB	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
	Instalación de software(FlexSim)	2	\$ 20.000,00	\$ 40.000,00
	Instalación de software(Promodel)	2	\$ 20.000,00	\$ 40.000,00
	Depresiación de equipo	2	\$ 150.000,00	\$ 3.000.000,00
	Visitas a la empresa	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
Salidas de campo	Otros gastos	3	\$ 42.000,00	\$ 126.000,00
Desarrollo del modelo	Construcción del modelo matemático	1	\$ 500.000,00	\$ 500.000,00
Asesores externos	Directivo de logística	5	\$ 80.000,00	\$ 400.000,00
	Coordinador de logística	5	\$ 80.000,00	\$ 400.000,00
	Ingeniero Vial	5	\$ 80.000,00	\$ 400.000,00
Asesores Internos	Ingeniero Industrial	50	\$ 80.000,00	\$ 4.000.000,00
Costo Software	Adquisición de licencia Software(FlexSim)	1	\$ 592.930,00	\$ 592.930,00
Capacitaciones	Manejo de software	2	\$ 50.000,00	\$ 100.000,00
Total de costos			\$ 1.714.930,00	\$ 9.618.930,00

Nota: (Elaboración propia)

En la tabla 18 se calcula y se identifica el costo del modelo de simulación para la empresa Envía Colvanes S.A.S por un costo \$ 12.504.609,00, implicando una utilidad del 30% el cual se

obtuvo en la sumatoria de parámetros tales como el DTF, la inflación, y los riesgos a los cuales se encuentra expuesto el presente proyecto.

Tabla 18. Costo del modelo

COSTO DE MODELO				
TIPO	DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Valor de adquisición de modelo de simulación	Costo de venta del modelo	1	\$ 12.504.609,00	\$ 12.504.609,00

Nota: (Elaboración propia)

En la tabla 19 se verifica el costo de oportunidad que tiene el presente proyecto implicando los siguientes parámetros, que desempeñarán un papel fundamental en la determinación de su rentabilidad y ganancia

Tabla 19. Costo de oportunidad

COSTO DE OPORTUNIDAD	PORCENTAJE %
DTF	12,9
INFLACIÓN	9,8
TOTAL	22,7
RIESGO DEL SECTOR (DESARROLLO DE SOFTWARE)	1,2
RIESGO DE NOSOTRAS	2,76
UTILIDAD	30%

Nota: (Elaboración propia)

Es importante considerar el DTF, la inflación y el riesgo del sector son factores que pueden afectar significativamente el costo y la rentabilidad de un proyecto o inversión.

El DTF (DTEF - Tasa de Interés de los Bonos de Deuda Externa de Colombia) es un indicador que refleja la tasa de interés que deben pagar los emisores de deuda en Colombia, y, por tanto, afecta directamente el costo de financiamiento de un proyecto o inversión.

La inflación, por otro lado, es un indicador que refleja el aumento de los precios de los bienes y servicios en una economía, lo que puede afectar los costos de producción y los precios de venta de un proyecto o inversión.

El riesgo del sector, por último, es un factor que debe ser considerado al momento de evaluar un proyecto o inversión, ya que puede afectar la demanda y los ingresos de este.

Costo beneficio de ahorro por gasolina

El análisis del costo beneficio para la empresa Envía Colvanes S.A.S, al comparar los precios por kilómetro y galón del sistema actual con el escenario de mejora propuesto de entregar pedidos por aproximación al CEDI (Ver Tabla 15), revela un rango significativo de ahorro trimestral por trayecto. Para realizar un análisis más profundo del costo beneficio para la organización, se examinará la cantidad total de trayectos según la zona, lo cual nos proporcionará una visión más completa del ahorro total por zona en un periodo de 3 meses. Estos datos se encuentran disponibles en la tabla 20, donde se observa que los rangos de ahorro varían entre \$1.404.720 y \$64.430.220 por zona. Esta información demuestra el potencial económico que se puede obtener al implementar este enfoque de entrega más eficiente, lo cual resulta en un ahorro sustancial que puede beneficiar a la empresa.

Tabla 20. Costo beneficio por gasolina

Trayecto	Cantidad de trayectos	Ahorro por trayecto	Valor total de ahorro
Zona Puente Aranda	62	\$ 96.291	\$ 5.970.062
		\$ 141.605	\$ 8.779.502
		\$ 186.918	\$ 11.588.943
		-\$ 90.627	-\$ 5.618.882
		-\$ 271.881	-\$ 16.856.645
		-\$ 725.017	-\$ 44.951.052
		\$ 288.874	\$ 17.910.185
		\$ 147.269	\$ 9.130.683
Zona Soacha	62	\$ 22.657	\$ 1.404.720
		\$ 22.657	\$ 1.404.720
		\$ 33.985	\$ 2.107.081
		\$ 56.642	\$ 3.511.801
		\$ 62.306	\$ 3.862.981
		\$ 67.970	\$ 4.214.161
		\$ 84.963	\$ 5.267.701
		\$ 79.299	\$ 4.916.521
Zona Ind Bajo	125	\$ 141.605	\$ 17.700.610
		\$ 169.926	\$ 21.240.732
		\$ 169.926	\$ 21.240.732
		\$ 158.597	\$ 19.824.683
		\$ 164.262	\$ 20.532.707
		\$ 135.941	\$ 16.992.585
		\$ 203.911	\$ 25.488.878
		\$ 515.442	\$ 64.430.220

Nota: (Elaboración propia)

Conclusiones

- La simulación tiene un rol fundamental en el presente proyecto, esta herramienta permitió analizar, modelar y experimentar diferentes escenarios, evaluando el impacto de diversas variables en el proceso de distribución y toma de decisiones, logrando así identificar posibles mejoras en el sistema.
- El análisis de entrada permite evaluar la calidad de los datos, lo que implica verificar si los datos son precisos, completos, consistentes y confiables. Permite identificar errores, datos faltantes, valores atípicos u otros problemas que podrían afectar la calidad de los datos. Esto es esencial para asegurarse de que los datos utilizados en un análisis o modelo sean confiables y representen correctamente el sistema que se está estudiando.
- El primer escenario de mejora propuesto consiste en la implementación de una estrategia de distribución desde el punto más cercano al CEDI. Esta estrategia ofrece ventajas significativas en términos de tiempos de entrega en las rutas Puente Aranda e Ind Baja. Se ha observado un ahorro trimestral del 6% y 3% respectivamente en estas rutas. Es importante destacar que dicha reducción se refiere al ahorro por cada trayecto realizado y que el impacto total puede ser aún mayor, considerando que son 11 vehículos los que realizan cada trayecto.
- En el escenario dos, se ha identificado otra oportunidad de mejora que conlleva una reducción trimestral del 3% y 7% en los desplazamientos de la ruta Puente Aranda e Ind Baja, respectivamente. Es relevante resaltar que esta reducción representa un impacto significativo en términos de distancia recorrida por cada ruta. Además, cabe destacar que

esta metodología puede ser adaptada a otras zonas en el futuro, lo que ofrece la posibilidad de obtener mejoras similares en otras rutas de la organización.

- El segundo escenario de mejora propuesto consiste en la implementación del software Route4Me, el cual ha mostrado una mejora comparativa en relación con el escenario actual. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este análisis se basó en una muestra limitada de trayectos y días. Además, el software presenta ciertas limitaciones, ya que requiere que las direcciones sean agregadas manualmente o se suba un archivo de Excel con datos limpios y correctos para cada ruta. Esta metodología no sería aconsejable para la empresa, dado que implicaría un proceso diario, siendo poco práctica y eficiente para la empresa.
- El análisis del modelo actual de la organización demuestra que en la zona Soacha se logran desplazamientos más cortos en comparación con los escenarios propuestos de mejora. Esta diferencia se debe principalmente al hecho de que el trayecto en Soacha experimenta un mayor tráfico en comparación con otras rutas.
- Se sugiere a la empresa implementar una caja de flujo detallada que permita evidenciar de manera precisa y transparente los beneficios del escenario de mejoras propuesto. Esta herramienta brindará una visión clara de los flujos de efectivo, tanto entrantes como salientes, y permitirá cuantificar los beneficios económicos generados por el proyecto.
- Se recomienda a la empresa que sensibilice a los conductores acerca de la importancia de seguir rutas de manera lógica y no a su discreción personal. Los hallazgos de este estudio

respaldan la necesidad de implementar un enfoque más estructurado y eficiente en la planificación y ejecución de las rutas de entrega.

Lista de referencias

- García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2006). SIMULACION Y ANALISIS DE SISTEMAS CON PROMODEL. Pearson Educación.
- García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2006). SIMULACION Y ANALISIS DE SISTEMAS CON PROMODEL. Pearson Educación.
- Abad, R. C. (s.f.). Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas. 2002.
- Andes, U. d. (s.f.). BOGOTÁ.
- Arévalo, P. F., & Morales, D. J. (2014). Simulación de una red de acelerómetros para el monitoreo del estado de la malla vial en un sector de la ciudad de bogotá, un enfoque de aplicación de its e iot.
- Ballou. (1999). Logística, Administración de la Cadena de Suministros. .
- Brandon Andrés Ballesteros Barriga; Santiago Cruz Benjumea. (2018). Diseño de un sistema de rutas para el acceso y salida de los estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle en la sede Candelaria . Bogotá .
- Competitividad, I. N. (2021). Infraestructura, transporte y logística.
- Cortes, G. I., & Rincon, A. A. (2015). Diseñar un modelo que permita obtener un plan de rutas que contribuya a minimizar la distancia total de recorrido en la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos en el municipio de Zarzal.
- David Soler García, D. S. (s.f.). Diccionario de logística. 2009.
- Daza, L. R., & Marín, J. C. (2014). Modelo para la simulación de un ruteo logístico interno para una empresa que importa fibra textil desde china.
- Diana Marcela Matiz Avendaño . (2020). Diseño de un sistema de rutas del proveedor transportes y seguros especializados de la empresa salud total eps-s, mediante el modelo matemático de optimización lineal del. Bogotá.
- ELSERVIER. (2022). Un estudio de impacto del diseño de carreteras en accidentes de tránsito con y sin víctimas.
- Envia Colvanes S.A.S. (2020).
- Florez, R. A. (2017). Desarrollo de un Sistema para Elaboración de Rutas de Distribución de las Empresas Adscritas a la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador del Departamento de La Unión.
- Forero, E. L., Oliveros, M. Á., & Velosa, S. M. (2017). Exploración de relaciones causales entre accidentalidad vial y productividad empresarial usando dinámica de sistemas. Pereira.
- Garzón, J. L. (2013). Estudio y simulación de los protocolos de enrutamiento más utilizados en redes vanets .
- Gonzalez, E. C., & Orjuela-Castro, W. A.-J. (2014). Modelo matemático estocástico para el problema de ruteo de vehículos en la recolección de productos perecederos.

- Guasmayan, F. A. (2014). Solucion del problema de ruteo de vehiculos dependientes del tiempo utilizando un algoritmo genetico modificado. Pereira.
- Guzmán, B. H., & Arana, J. P. (2015). Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de zarzal valle del cauca.
- Human Factors as Causes for Road Traffic Accidents in the Sultanate. (2013).
- Jacobo, F. G., & Romero, J. A. (2020). Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos, para la mejora en la linea de producción de tejido industrial seccion c, en la empresa guantes internacionales.
- Jairo Arboleda Zúñiga, John Alexander Gaviria-Gómez, & John Alexander Álvarez-Romero. (2017). Propuesta de ruteo de vehículos con flota heterogénea y ventanas de tiempo aplicada a una comercializadora Pyme de la ciudad de Cali.
- Laguna, J. A., Rosales, A. B., Sánchez, J. E., Cruz, J. A., & Domínguez, A. R. (2018). Asistente automático para diseño de rutas de distribución.
- López, W. D., Hernández, P. I., & Oliveros, J. C. (2019). Diseño de una técnica de simulación-optimización al problema M-MDPDPTW aplicado al sector de hidrocarburos. Bogotá.
- Marín, K. V., & Corredor, J. D. (2018). Propuesta de un modelo de localización de albergues temporales y ruteo de personal especializado, para la atención de una población vulnerable ante un desastre en la región .
- Marquez días, J., Sanmartín Mendoza, P., & Céspedes, J. D. (2013). Modelado y simulación de redes: Aplicación de los Qos con Opnet Modeler. Universidad del Norte.
- Muñoz, G. A., & Suarez, M. B. (2016). Mejoramiento del sistema de programación y ruteo de vehiculos de transporte de carga en el trayecto Bogotá Yopal y municipios alternos caso empresa Autollanos S.A.
- Ocampo, E. M., Londoño, J. F., & Rendón, R. A. (2020). Introducción al problema de enrutamiento de vehículos en la logística de distribución. UTP.
- Orozco, A. M., & Baeza, D. F. (2012). Del videojuego a la realidad: sistema interactivo para la seguridad vial.
- Oteyza, O., Carrillo, H., Hernández , D., & Lam , O. (s.f.). Probabilidad y estadística. Pearson Educación. 2015.
- Parada, J. A., & Savedra, A. M. (2014). Diseño e implementación de rutas de recolección de residuos hospitalarios para la empresa edepsa s.a.s. Bucaramanga .
- Quezada, M. I., & Leon, Y. F. (2019). Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro cantonal SígsigMarcos Israel.
- S.A.S, E. C. (2020).
- S.A.S, E. C. (2020). Envía Colvanes S.A.S.
- S.A.S, E. C. (s.f.). Balance Scorecad.
- Sandoval, J. C., & Villamil, J. D. (2018). Diseño de un simulador de choque frontal de un vehículo para la empresa cinfovial.
- Satria, R. (2020). Spatial Analysis of Traffic Accidents.
- Transeop . (2017).
- Velázquez, A. P. (s.f.). Diplomado Análisis de información Geoespacial / Recordando las medidas de tendencia. Centro de Investigación en Geografía y Geomática.
- Veloza, D. Y. (2022). Ruteo de vehículos vrptwpd para información de valor mediante el uso de algoritmos genéticos.

Witenberg, J. P. (s.f.). Métodos y modelos de investigación de operaciones.

Anexo 1. Distancias y tiempos de trayecto

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	3/01/2022	20	107,4	35,8
2	SPU065	3/01/2022	31	253,2	84,4
3	SPU258	3/01/2022	11	218,7	72,9
4	SPV197	3/01/2022	16	182,7	60,9
5	SPV200	3/01/2022	11	108	36
1	SPT992	4/01/2022	31	170,4	56,8
2	SPU065	4/01/2022	47	186,6	62,2
3	SPU258	4/01/2022	28	191,1	63,7
4	SPV197	4/01/2022	22	534,6	178,2
5	SPV200	4/01/2022	25	330,3	110,1
1	SPT992	5/01/2022	43	147,9	49,3
2	SPU065	5/01/2022	29	134,4	44,8
3	SPU258	5/01/2022	33	134,7	44,9
4	SPV197	5/01/2022	22	149,7	49,9
5	SPV200	5/01/2022	18	122,7	40,9
1	SPT992	6/01/2022	43	163,5	54,5
2	SPU065	6/01/2022	57	69,9	23,3
3	SPU258	6/01/2022	33	220,8	73,6
4	SPV197	6/01/2022	29	186	62
5	SPV200	6/01/2022	10	110,7	36,9
1	SPT992	7/01/2022	43	127,5	42,5
2	SPU065	7/01/2022	47	127,2	42,4
3	SPU258	7/01/2022	29	206,4	68,8
4	SPV197	7/01/2022	26	190,5	63,5
5	SPV200	7/01/2022	24	125,7	41,9
1	SPT992	8/01/2022	13	58,8	19,6
2	SPU065	8/01/2022	48	166,2	55,4
3	SPU258	8/01/2022	16	108	36
4	SPV197	8/01/2022	24	136,2	45,4
5	SPV200	8/01/2022	17	117	39
1	SPT992	12/01/2022	34	81	27
2	SPU065	12/01/2022	25	87,3	29,1
3	SPU258	12/01/2022	34	169,2	56,4
4	SPV197	12/01/2022	36	178,2	59,4

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	22/01/2022	29	90	30
2	SPU065	22/01/2022	23	148,8	49,6
3	SPU258	22/01/2022	19	186	62
4	SPV197	22/01/2022	18	148,8	49,6
5	SPV200	22/01/2022	21	81,9	27,3
1	SPU258	25/01/2022	3	85,8	28,6
1	SPT992	26/01/2022	47	108,6	36,2
2	SPU065	26/01/2022	68	201,6	67,2
3	SPU258	26/01/2022	29	112,5	37,5
4	SPV197	26/01/2022	34	209,4	69,8
5	SPV200	26/01/2022	36	173,1	57,7
2	SPT992	27/01/2022	41	155,7	51,9
3	SPU065	27/01/2022	48	66,9	22,3
4	SPU258	27/01/2022	33	128,4	42,8
5	SPV197	27/01/2022	32	192	64
1	SPV200	27/01/2022	43	101,7	33,9
1	SPT992	28/01/2022	49	106,8	35,6
2	SPU065	28/01/2022	52	97,2	32,4
3	SPU258	28/01/2022	59	154,5	51,5
4	SPV197	28/01/2022	52	213,9	71,3
5	SPV200	28/01/2022	39	96,3	32,1
1	SPT992	29/01/2022	25	116,7	38,9
2	SPU065	29/01/2022	18	72	24
3	SPU258	29/01/2022	16	106,8	35,6
4	SPV197	29/01/2022	22	155,4	51,8
5	SPV200	29/01/2022	17	87	29
2	SPT992	31/01/2022	65	162,3	54,1
1	SPU065	31/01/2022	51	104,7	34,9
3	SPU258	31/01/2022	3	112,2	37,4
4	SPV197	31/01/2022	5	141,9	47,3
5	SPV200	31/01/2022	28	150,6	50,2
1	SPT992	1/02/2022	36	92,7	30,9
2	SPU065	1/02/2022	34	91,5	30,5
3	SPU258	1/02/2022	52	238,5	79,5
5	SPV197	1/02/2022	43	167,1	55,7
4	SPV200	1/02/2022	34	93,6	31,2

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	2/02/2022	36	89,1	29,7
2	SPU065	2/02/2022	40	83,1	27,7
3	SPU258	2/02/2022	42	189,9	63,3
4	SPV197	2/02/2022	34	160,8	53,6
5	SPV200	2/02/2022	38	107,4	35,8
1	SPT992	3/02/2022	53	144,9	48,3
2	SPU065	3/02/2022	55	121,8	40,6
3	SPU258	3/02/2022	44	170,4	56,8
4	SPV197	3/02/2022	42	162,9	54,3
5	SPV200	3/02/2022	59	246,9	82,3
1	SPT992	4/02/2022	46	120,9	40,3
2	SPU065	4/02/2022	51	102,6	34,2
3	SPU258	4/02/2022	51	211,2	70,4
4	SPV197	4/02/2022	25	89,4	29,8
5	SPV200	4/02/2022	48	196,2	65,4
1	SPT992	7/02/2022	58	153,9	51,3
2	SPU065	7/02/2022	53	145,2	48,4
3	SPU258	7/02/2022	36	97,2	32,4
1	SPT992	9/2/2022	46	46,5	15,5
2	SPU065	9/2/2022	53	56,7	18,9
3	SPU258	9/2/2022	41	228,6	76,2
4	SPV197	9/2/2022	28	157,5	52,5
5	SPV200	9/2/2022	37	141	47
1	SPT992	10/2/2022	32	66	22
2	SPU065	10/2/2022	49	55,5	18,5
3	SPU258	10/2/2022	38	114,3	38,1
4	SPV197	10/2/2022	40	110,7	36,9
5	SPV200	10/2/2022	36	128,4	42,8
1	SPT992	11/2/2022	33	59,1	19,7
2	SPU065	11/2/2022	41	78,39	26,13
3	SPU258	11/2/2022	32	112,5	37,5
4	SPV197	11/2/2022	39	136,5	45,5
5	SPV200	11/2/2022	32	120,9	40,3
1	SPT992	12/2/2022	12	25,98	8,66
2	SPU065	12/2/2022	23	40,8	13,6
3	SPU258	12/2/2022	25	129,6	43,2
4	SPV197	12/2/2022	23	85,8	28,6

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
2	SPU065	14/02/2022	66	75,9	25,3
3	SPU258	14/02/2022	33	124,2	41,4
4	SPV197	14/02/2022	38	134,1	44,7
5	SPV200	14/02/2022	38	87,9	29,3
1	SPT992	15/02/2022	46	53,7	17,9
2	SPU065	15/02/2022	43	42,3	14,1
3	SPU258	15/02/2022	52	103,2	34,4
4	SPV197	15/02/2022	26	89,4	29,8
5	SPV200	15/02/2022	39	88,2	29,4
1	SPT992	16/02/2022	46	49,2	16,4
2	SPU065	16/02/2022	50	83,7	27,9
3	SPU258	16/02/2022	53	126,9	42,3
4	SPV197	16/02/2022	42	127,8	42,6
5	SPV200	16/02/2022	41	100,8	33,6
1	SPT992	17/02/2022	36	53,1	17,7
2	SPU065	17/02/2022	52	177,9	59,3
3	SPU258	17/02/2022	28	106,8	35,6
4	SPV197	17/02/2022	33	126,9	42,3
5	SPV200	17/02/2022	27	100,8	33,6
1	SPT992	18/02/2022	37	43,5	14,5
2	SPU065	18/02/2022	38	52,8	17,6
3	SPU258	18/02/2022	29	114	38
4	SPV197	18/02/2022	37	121,5	40,5
5	SPV200	18/02/2022	22	70,5	23,5
1	SPT992	21/02/2022	65	62,7	20,9
2	SPU065	21/02/2022	58	77,1	25,7
3	SPU258	21/02/2022	54	109,5	36,5
4	SPV197	21/02/2022	55	107,1	35,7
5	SPV200	21/02/2022	49	93,6	31,2
1	SPT992	22/02/2022	41	66,6	22,2
2	SPU065	22/02/2022	41	70,2	23,4
3	SPU258	22/02/2022	36	100,5	33,5
4	SPV197	22/02/2022	36	99	33
5	SPV200	22/02/2022	33	96,6	32,2
1	SPT992	23/02/2022	47	78,9	26,3
2	SPU065	23/02/2022	50	83,7	27,9
3	SPU258	23/02/2022	56	104,7	34,9

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	24/02/2022	45	67,8	22,6
2	SPU065	24/02/2022	72	99,6	33,2
3	SPU258	24/02/2022	58	109,2	36,4
4	SPV197	24/02/2022	31	73,8	24,6
5	SPV200	24/02/2022	39	81,3	27,1
1	SPT992	25/02/2022	43	97,5	32,5
2	SPU065	25/02/2022	64	85,5	28,5
3	SPU258	25/02/2022	32	82,5	27,5
4	SPV197	25/02/2022	39	79,8	26,6
5	SPV200	25/02/2022	36	99,6	33,2
1	SPT992	26/02/2022	24	33,3	11,1
2	SPU065	26/02/2022	18	41,4	13,8
3	SPU258	26/02/2022	29	104,7	34,9
4	SPV197	26/02/2022	24	93	31
5	SPV200	26/02/2022	22	100,5	33,5
1	SPT992	28/02/2022	75	91,5	30,5
2	SPU065	28/02/2022	59	86,7	28,9
3	SPU258	28/02/2022	53	102,6	34,2
4	SPV197	28/02/2022	38	120,6	40,2
5	SPV200	28/02/2022	45	112,2	37,4
1	SPT992	1/03/2022	57	79,2	26,4
2	SPU065	1/03/2022	48	75,6	25,2
3	SPU258	1/03/2022	36	99,6	33,2
4	SPV197	1/03/2022	26	68,7	22,9
5	SPV200	1/03/2022	41	107,4	35,8
1	SPT992	2/03/2022	56	75,9	25,3
2	SPU065	2/03/2022	50	82,5	27,5
3	SPU258	2/03/2022	32	78,6	26,2
4	SPV197	2/03/2022	30	71,1	23,7

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	24/02/2022	45	67,8	22,6
2	SPU065	24/02/2022	72	99,6	33,2
3	SPU258	24/02/2022	58	109,2	36,4
4	SPV197	24/02/2022	31	73,8	24,6
5	SPV200	24/02/2022	39	81,3	27,1
1	SPT992	25/02/2022	43	97,5	32,5
2	SPU065	25/02/2022	64	85,5	28,5
3	SPU258	25/02/2022	32	82,5	27,5
4	SPV197	25/02/2022	39	79,8	26,6
5	SPV200	25/02/2022	36	99,6	33,2
1	SPT992	26/02/2022	24	33,3	11,1
2	SPU065	26/02/2022	18	41,4	13,8
3	SPU258	26/02/2022	29	104,7	34,9
4	SPV197	26/02/2022	24	93	31
5	SPV200	26/02/2022	22	100,5	33,5
1	SPT992	28/02/2022	75	91,5	30,5
2	SPU065	28/02/2022	59	86,7	28,9
3	SPU258	28/02/2022	53	102,6	34,2
4	SPV197	28/02/2022	38	120,6	40,2
5	SPV200	28/02/2022	45	112,2	37,4
1	SPT992	1/03/2022	57	79,2	26,4
2	SPU065	1/03/2022	48	75,6	25,2
3	SPU258	1/03/2022	36	99,6	33,2
4	SPV197	1/03/2022	26	68,7	22,9
5	SPV200	1/03/2022	41	107,4	35,8
1	SPT992	2/03/2022	56	75,9	25,3
2	SPU065	2/03/2022	50	82,5	27,5
3	SPU258	2/03/2022	32	78,6	26,2
4	SPV197	2/03/2022	30	71,1	23,7
5	SPV200	2/03/2022	26	91,5	30,5
1	SPT992	4/03/2022	58	90,3	30,1
2	SPU065	4/03/2022	64	82,2	27,4
3	SPU258	4/03/2022	52	101,4	33,8
4	SPV197	4/03/2022	23	66,9	22,3
5	SPV200	4/03/2022	33	90,6	30,2

Trayecto	No.placa	Día entrega	Direcciones	Tiempo (Minutos)	Distancia(km)
1	SPT992	7/03/2022	62	96,6	32,2
2	SPU065	7/03/2022	52	77,4	25,8
3	SPU258	7/03/2022	44	96,9	32,3
4	SPV197	7/03/2022	46	94,5	31,5
5	SPV200	7/03/2022	47	106,5	35,5
1	SPT992	8/03/2022	46	45,9	15,3
2	SPU065	8/03/2022	99	106,5	35,5
3	SPU258	8/03/2022	61	120,9	40,3
4	SPV197	8/03/2022	30	73,5	24,5
5	SPV200	8/03/2022	41	111	37
1	SPT992	9/03/2022	52	68,7	22,9
2	SPU065	9/03/2022	72	99,6	33,2
3	SPU258	9/03/2022	52	94,5	31,5
4	SPV197	9/03/2022	37	100,2	33,4
5	SPV200	9/03/2022	35	98,7	32,9
1	SPT992	10/03/2022	52	64,5	21,5
2	SPU065	10/03/2022	56	72,6	24,2
3	SPU258	10/03/2022	41	103,5	34,5
4	SPV197	10/03/2022	33	90,6	30,2
5	SPV200	10/03/2022	15	62,1	20,7
1	SPT992	11/03/2022	45	71,1	23,7
2	SPU065	11/03/2022	69	91,5	30,5
3	SPU258	11/03/2022	56	107,1	35,7
4	SPV197	11/03/2022	46	90,6	30,2