

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RUTEO PARA EL TRANSPORTE DE MEDICAMENTOS POR PARTE DE LA IPS-ONCOLÓGICA

DEVELOPMENT OF A ROUTING SYSTEM FOR THE  
TRANSPORTATION OF MEDICINES BY THE ONCOLOGY IPS

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ROTEIRO PARA O  
TRANSPORTE DE MEDICAMENTOS PELA IPS ONCOLOGIA

**Jóse Nicolás Riaño Abril<sup>a</sup>**  
**Juan Manuel Vargas Lozano<sup>b</sup>**  
**Ever Ángel Fuentes Rojas<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial,  
Universidad Libre, josen-rianoa@unilibre.edu.co

<sup>b</sup> Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial,  
Universidad Libre, juanm-vargas@unilibre.edu.co

<sup>c</sup> Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial,  
Universidad Libre, ever.fuentes@unilibre.edu.co

**Resumen**— Hoy en día el mundo está en constante movimiento, por lo cual es indispensable trabajar con los mejores métodos de traslado de productos que comúnmente distribuyen las empresas como bienes y servicios, analizando la situación se establece un acuerdo con una IPS oncológica para el desarrollo de un objetivo general que dé como solución un sistema de ruteo que envíe sus artículos en el menor tiempo posible; principalmente el diagnóstico efectuado se dispone a evaluar aquellos modelos de ruteo que se adapten a los parámetros donde se estableció como ideal la "Metodología TSP", consecuente a esto se utiliza una base de datos para realizar la ruta con mayor beneficio, a esta se atribuyen restricciones como una distancia máxima de recorrido por día, además de un máximo de entregas diarias, por tanto, se somete el programa a cambios que modifican los tiempos de envío para adaptarse y ser un sistema óptimo; para esto se aumentaron los tiempos promedios entre un punto de entrega y otro para las diferentes localidades en las que se hacen envíos, finalmente se presentaría un estudio de costos para afirmar o negar si este sistema de transporte sea el adecuado para la empresa al trabajar con su propio vehículo.

**Palabras clave:** —Costos, diagnóstico, métodos, sistema de ruteo, transporte.

**Abstract**— Today the world is in constant motion, which is why it is essential to work with the best methods of transferring products that companies commonly distribute as goods and services, analyzing the situation, an agreement is established with an oncological IPS for the development of a general objective that gives as a solution a routing system that will send your articles in the shortest possible time; Mainly, the diagnosis carried out is available to evaluate those routing models that adapt to the parameters where the "TSP Methodology " was established as ideal, consequently a database is used to make the route with the greatest benefit to it, restrictions are attributed as a maximum distance of travel per day in addition to a maximum of daily deliveries, Therefore the program is subjected to changes that modify the shipping times to adapt and be an optimal system for this, the average times between a delivery point and another for the different locations where shipments are made, finally a cost study would be presented to affirm or deny whether this transport system is adequate for the company when working with its own vehicle.

**Keywords:**— routing system, transport, costs, diagnostics, methods.



**Resumo**— Hoje o mundo está em constante movimento, para o que é imprescindível trabalhar com os melhores métodos de transferência de produtos que as empresas comumente distribuem como bens e serviços, analisando a situação se estabelece um convênio com um IPS oncológico para o desenvolvimento de um objetivo geral que dá como solução um sistema de roteamento que enviará seus artigos no menor tempo possível; Principalmente, o diagnóstico realizado está disponível para avaliar aqueles modelos de roteamento que se adaptam aos parâmetros onde o “Metodologia TSP” foi estabelecido como ideal, conseqüentemente, um banco de dados é utilizado para fazer a rota que mais lhe beneficia, as restrições são atribuídas como um distância máxima de viagem por dia além de um máximo de entregas diárias, portanto o programa está sujeito a alterações que modificam os tempos de envio para se adaptar e ser um sistema ideal para isso, os tempos médios entre um ponto de entrega e outro para as diferentes localidades no caso de embarques, por fim, seria apresentado um estudo de custos para afirmar ou negar se esse sistema de transporte é adequado para a empresa quando se trabalha com veículo próprio.

**Palavras-chave:**— sistema de encaminhamento, transporte, custos, diagnósticos, métodos.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de ruteo son amplios y diversos debido a la importancia de tener los productos que distribuyen las empresas en el menor tiempo posible, como lo han demostrado grandes organizaciones a nivel mundial llámese Amazon, Mercado libre, Ebay, Shope entre otras, y las entidades del sector salud no son ajenas a esta situación, por lo cual se hace un acuerdo con una IPS-Oncológica que posee la necesidad de mejorar la movilización de sus medicamentos por medio de un transporte encargado de los artículos que suministra a sus pacientes. En la revisión de antecedentes se resalta que la etapa inicial es el diagnóstico que permite recolectar la información sobre las características bajo las que se trabaja, la carga a transportar, el número de puntos de entrega, la capacidad medida en peso y el costo de servicio de transporte por vehículo [1] además de encontrar aquellos problemas o causas que alteren el sistema de transporte en las organizaciones.

Procediendo a la revisión de datos y recopilación de los resultados del análisis, el siguiente objetivo estaría relacionado con el desarrollo del enrutamiento del sistema a través de un modelo específico entre los que se tienen TSP, VRP y Programación Lineal; sin embargo, es necesario tener unas métricas como la identificación del problema, distancias entre los nodos, tiempos del sistema, restricciones, esto se puede establecer mediante diferentes específicas como la caracterización del modelo y su matriz de distancia, asignación de los nodos, ruteo

de los vehículos específicos [2], según los artículos dedicados a la investigación de esta área. Se sintetiza la información para su respectiva aplicación en un programa que contribuya en la formulación matemática y permita generar cambios que evalúen las repercusiones entorno al tiempo de la modelación de las rutas, en los principales softwares se tiene Excel, Solver u Optimorute.com que funciona bajo el modelo TSP, con estas consideraciones se procede a estructurar las diferentes rutas bajo el modelo seleccionado.

Al tener el sistema de ruteo ya estructurado se valida a través de la variación de diferentes factores que permitan establecer el porqué es óptimo este modelo de enrutamiento establecido, estos cambios se denominan variabilidad de parámetros como tiempos de entrega y tiempos de recolección del producto por parte de los clientes.

Por último, en proyectos dirigidos como propuestas para la organización, es indispensable manejar un análisis de costos que incluya: los costos diarios de mantener el vehículo en movimiento, el valor mensual de cada empleado en el área de transporte, conceptos sobre los costos fijos y variables para el medio de transporte además del valor del combustible en relación con la distancia trabajada por el automotor encargado de la distribución [3].

## II. METODOLOGÍA

En el desarrollo del sistema es necesario establecer una serie de pasos que

determinen las metas del proceso para lo cual se plantearon 5 objetivos de trabajo que permiten concluir cuál es la mejor opción a tomar bajo los términos estructurados por los autores.

### A) Diagnóstico

El diagnóstico de una entidad es crítico para la resolución de los problemas que se presentan, a continuación se presentan las herramientas utilizadas en el proyecto:

1) *VSM*: Conocido como un mapa de flujo de valor, identifica las actividades del proceso a auditar dentro del sistema de la organización, tiene la intención de identificar las tareas que no crean valor durante el proceso en cuestión, además de presentar un análisis de tiempo trabajado en las actividades a establecer. [4].

2) *Matriz de Vester*: Reúne la información específica gracias a entrevistas a los actores del sistema, donde se determinan las causas que influyen en el actuar de la empresa, se establecen las causas que actúan sobre todas las demás, también se puede entender como un formato de doble entrada en donde se ubican problemas identificados previamente, para luego inspeccionar el nivel de causalidad entre ellos [5].

3) *Diagrama causal*: Muestra el ciclo de causas que generan una consecuencia perjudicial para un sistema, dando conocimiento de qué ciclos hay que romper para ayudar a la organización, estos modelos suelen tener una forma de

diagrama, concretamente de influencias o causal [6].

### B) Características del sistema y modelos posibles a utilizar

Debido al diagnóstico realizado y haciendo una recolección de información se determinaron las características del sistema:

- Transporte específico de medicamento por el horario de la mañana de 8 a. m. a 11 a. m.
- Transporte específico de medicamento por el horario de la tarde de 2 p. m. a 4 p. m.
- Transporte de medicamentos a usuarios particulares entre los horarios de 8 a. m. a 5 p. m.
- Localizaciones de los clientes ya establecidos sin cambios repentinos.
- Medio de transporte intercalado entre el auto de la IPS, un taxi para las distintas entregas y una empresa de terceros que presta estos servicios.

Con las características del sistema recolectadas se hace una investigación sobre los modelos de ruteo que se adapten mejor a estas y que presenten los resultados óptimos, consecuente con esto se aceptan 4 modelos: VRPTW-Modelo de ventanas de tiempo, TSP- Agente viajero, Programación lineal (Ruta más corta) y CRP- Capacity Resource Planning

### C) Simulación del modelo

Determinando el modelo óptimo para la organización el cual fue el Agente Viajero o TSP se prevé que con este programa de enrutamiento se desarrolle un recorrido de todos los puntos posibles en un día, el trayecto que se quiere establecer está enfocado a solo hacer una visita a cada uno de los puntos reconocidos en el estudio.

Se selecciona un programa que trabaje bajo las características del sistema TSP a través de un análisis de diferentes softwares y se elige la aplicación web Optimoroute.com con la que se desarrolla el proyecto de investigación para la IPS-Oncológica.

Se analizan dos escenarios que representan la realidad de la entidad con los datos obtenidos en el estudio como el promedio de tiempos del medio de transporte entre un punto y otro, además de recolectar la información sobre la demora del cliente al recoger su producto, esto para tener un tiempo medio para cada usuario y establecer la ruta.

### D) Variabilidad del modelo

Se generaron los casos para el aumento o disminución de clientes por localidad en el cual se buscaría la tendencia haciendo una proyección de datos desde enero del 2020 a mayo del 2020 contrastándola con el mismo período para el año 2021.

Otra situación que se analiza es la variación de los tiempos de recepción de medicamentos, en este se evaluaría

el sistema al aumentar los minutos en la recepción del medicamento en promedio y se establecería como afecta al sistema que se plantea inicialmente.

### E) Análisis de costos

Se realiza un análisis de costos para determinar la efectividad del proyecto, se clasifican en costos fijos y variables y se evalúan los cambios que impactan el valor total de su implementación.

Trabajando en este análisis económico se evalúan los costos que representan el tener a los trabajadores tanto conductor como auxiliar de transporte por el valor de su salario, además de los diferentes valores de mantener un automóvil en constante movimiento al trabajar 6 días a la semana, 8 horas al día teniendo un desplazamiento de 80 km diarios o 38 entregas máximas a hacer por día.

Con esto en consideración se hace el análisis para el valor mensual, diario y el costo por kilómetro recorrido con el auto actual de la organización.

Frente a los resultados obtenidos se les plantea como opción comprar un vehículo nuevo con características específicas como un valor de compra de 50 millones, una diferencia de máximo 5 años entre el vehículo y el año actual, ser un automóvil que trabaje con combustible Diésel.

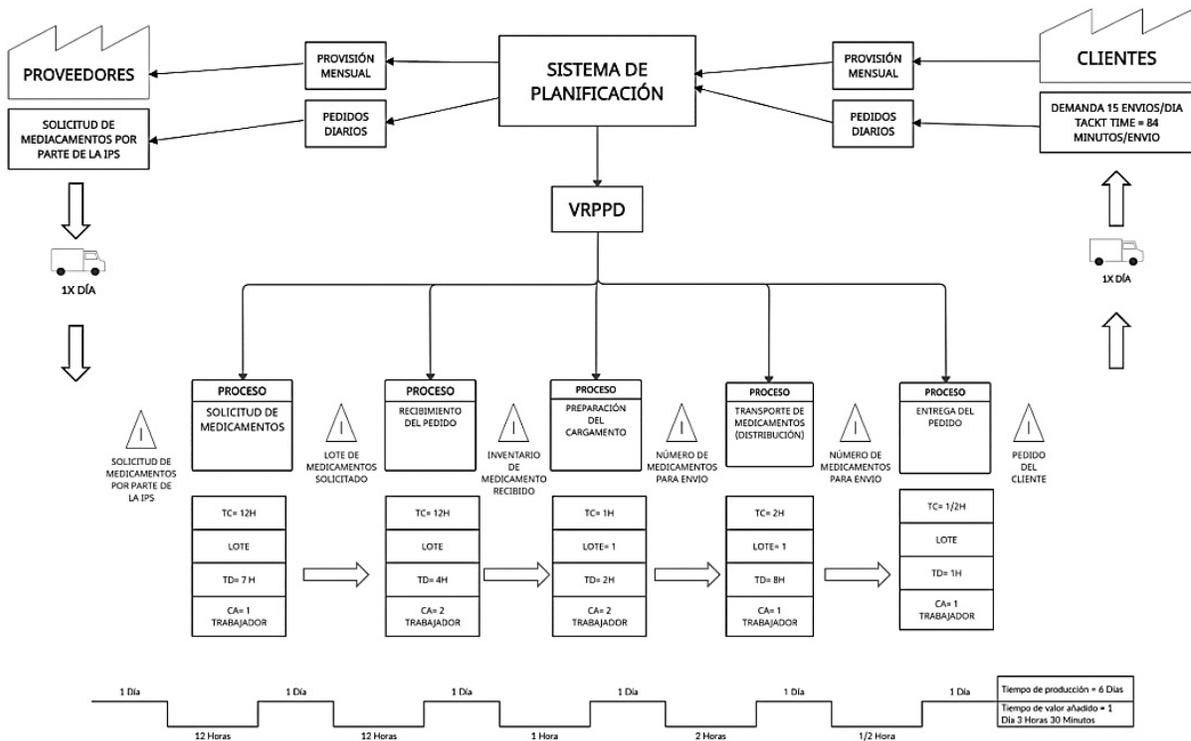
Bajo los datos arrojados con la propuesta se tiene una tercera opción que sería considerada por parte de la organización en cuanto a la contratación de una

empresa para el transporte, se tiene que entender que hay unos términos y condiciones bajo la resolución 1403 del 2007 [7] para el correcto traslado de medicamentos oncológicos que tiene la distribución de productos o IPS.

### III. DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN

#### A) Diagnóstico de la IPS- Oncológica

1) VSM: Se visualiza el proceso de distribución de medicamentos desde la solicitud hasta el envío y entrega de estos, donde la duración está medida semanalmente, lo cual permite conocer de manera más detallada cómo se manejan los tiempos por procedimiento y los recursos que la IPS está utilizando en cada uno de estos.



**Figura 1.** Modelo VSM  
Fuente: Autores

2) *Matriz de vester:* Se determinaron 9 causas esenciales en el problema de cómo mejorar la distribución de medicamentos para la organización en la cual se

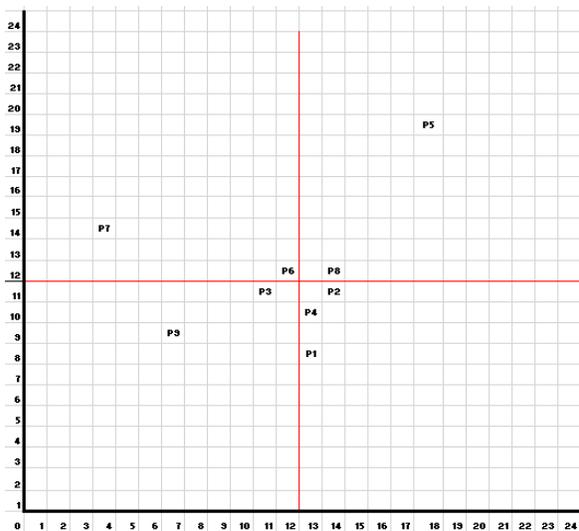
desarrolló el proyecto, a estas razones se les realiza una ponderación para ver su influencia sobre los demás motivos.

**Tabla 1.** Causas identificadas

PROBLEMAS SELECCIONADOS		Total activos	Total pasivos
P1	Falta de un sistema estandarizado para el transporte desde almacén hasta el medio de transporte	13	8
P2	Tiempos discontinuos en la entrega de medicamentos con tiempos exactos de distribución debido al cliente	14	11
P3	Tiempos de carga de los bienes al transporte no estandarizados	11	11
P4	Compromiso decreciente del conductor	13	10
P5	Ausencia de un sistema de ruteo estandarizado para la distribución de medicamentos de la IPS-Oncológica en Bogotá	18	19
P6	Variabilidad en el uso de servicios para el transporte de medicamentos	12	12
P7	Falta de capacitación para el conductor encargado de las entregas de medicamentos	4	14
P8	Uso parcial de recursos para el transporte	14	12
P9	Riesgos de pérdida accidentes y hurto	7	9
TOTAL PROMEDIOS		12	12

Fuente: Autores

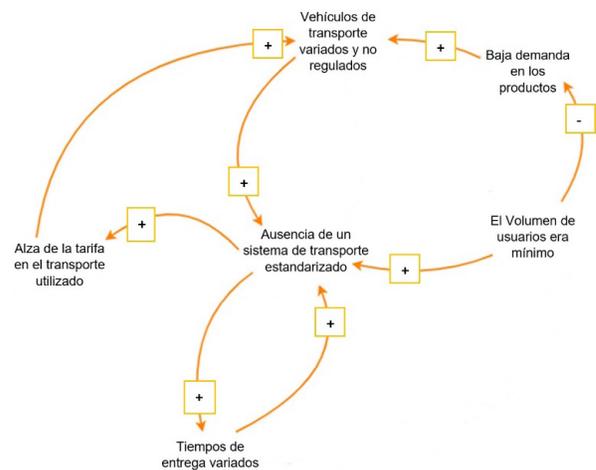
Se pueden destacar 4 donde se prioriza la ausencia de un sistema de ruteo estandarizado para la distribución de medicamentos de la IPS en Bogotá, y las otras 3 siendo, variabilidad en el uso de servicios para el transporte de medicamentos, uso parcial de los recursos para el transporte y por último tiempos discontinuos en la entrega de medicamentos con tiempos exactos de distribución debido al cliente.



**Figura 2.** Matriz de resultados  
Fuente: Autores

Con estas causas se dio a entender la situación actual de la IPS-Oncológica y que se debe proponer para solucionar esta situación.

3) *Diagrama causal:* Este diagrama muestra gracias a información recolectada mediante entrevistas, los ciclos de causas que generan la ausencia de un sistema de ruteo como se determinó en la Matriz de Vester II.B.



**Figura 3.** Diagrama causal para la IPS  
Fuente: Autores

Se identificaron 3 ciclos: Tiempos variados de entrega, variación en la tarifa de transporte y cambios constantes en la demanda; los cuales afectan el sistema de transporte actual para la IPS-Oncológica.

#### IV. MODELOS DE RUTEO PARA POSIBLE APLICACIÓN

##### A) Modelos de ruteo

Bajo las características determinadas para el modelo de ruteo se establecieron 4

modelos los cuales sentarán los parámetros para el funcionamiento del sistema.

1) *VRPTW*: Modelo caracterizado por manejar una gran cantidad de nodos y medios de transporte, además de trabajar con cambios de ruta, lo que genera ventanas de tiempo en las cuales se pueda entregar el pedido o el cliente pueda recibir ese producto.

2) *TSP*: Modelo desarrollado mediante la idea de entregar al cliente su producto encontrando cuál de todos los usuarios es el más cercano al punto de salida, se repite esta metodología hasta evaluar cada nodo.

3) *Programación lineal (ruta más corta)*: Este modelo es generado mediante la toma de decisiones sobre ciertos factores cuantificables, el cual busca dentro de todos los nodos el punto más cercano y que ruta tiene para llegar a este mismo en el menor tiempo posible tanto ida como vuelta [8].

4) *CRP*: Trabaja con un modelo MRP que establece un control de recursos, manteniendo un método de visualización de errores mediante unos márgenes determinados por supuestos y datos reales, con la finalidad de una retroalimentación de datos. [9]

## **B) Selección del modelo**

Se realiza una tabla de comparación entre los modelos escogidos teniendo en cuenta

los posibles programas para desarrollar el sistema de ruteo, se seleccionó el modelo TSP para la situación actual de la IPS- Oncológica ya que es el que mejor se adapta.

## **V. SISTEMA DE RUTEO DESARROLLADO**

### **A) Restricciones del modelo**

1) *Horario*: Se opera el vehículo de transporte que está entre las 8:00 y las 17:00 de cada día exceptuando domingo.

2) *Vehículo*: No se rige bajo el decreto 840 del 2019 porque no es un transporte designado al movimiento de cargas [10] y podría transitar por toda la ciudad según la ruta establecida.

3) *Tiempo específico*: Se determina un tiempo promedio de 4 minutos para el cargue del vehículo teniendo en cuenta la demora al esperar que el cliente tome su medicamento.

4) *Número máximo de entregas por día*: Con la información encontrada en el sistema de ruteo se logró determinar como límite superior 38 entregas, de igual manera se establece una distancia máxima de 80 kilómetros a recorrer diariamente.

5) *Tiempo de carga para el vehículo*: Se tendrá un tiempo establecido de 20 minutos para cargar el vehículo e iniciar su ruta.

## B) Estudio Previo para la Realización del Sistema de Ruteo

1) *Tiempos de traslado entre un punto y otro:* Es necesario en un sistema de ruteo asignar todas las variables para la toma de datos y tener en cuenta las situaciones cotidianas de un servicio de transporte,

con esto se realiza un estudio para verificar los tiempos promedios que demora el vehículo en trasladarse de un punto A un punto B, tomando un número de nodos al azar y generando una ruta con el modelo TSP para determinar los valores para el sistema.

**Tabla 2.** Promedio de tiempos por localidades

Media de Medias (en minutos)						Media de medias para las localidades (en minutos)
Usaquén	2.88	Teusaquillo	4.93913	Suba	4.535294	
SantaFé	18.06667	San Cristóbal	8.8	Rafael Uribe Uribe	15.35	
Puente Aranda	3.866667	Los Mártires	6.8	Kennedy	6.71	
Fontibón	4.188889	Engativá	5.2	Ciudad Bolívar	14.8	
Chapinero	5.957143	Barrios Unidos	9	Antonio Nariño	8	
						7.928157

Fuente: Autores

Establecidos estos valores se determina el tiempo a tener en cuenta para cada una de las entregas y de esta manera poder trabajar bajo unas métricas entorno a la cotidianidad. El estudio demostró que los resultados de las primeras entregas partiendo desde el punto de cargue del vehículo en la IPS tienen un promedio de tiempo mayor al establecido, por lo cual se usa esta nueva variable para determinar la cantidad de puntos a repartir en un día.

Con esto en cuenta se realiza un estudio para determinar otra de las variables, la cual se establecerá como el tiempo que los usuarios invierten en recoger su pedido y hacer que el trabajador parta a su nueva entrega.

2) *Tiempos de recolección del producto por parte del cliente:* En conocimiento con los tiempos anteriores, se busca dar

complemento a las mediciones realizadas para obtener una duración promedio de la entrega de los medicamentos a los clientes.

Este estudio tomó como muestra una serie de candidatos seleccionados de manera aleatoria entre las edades de 20 a 50 años, los cuales de manera voluntaria accedieron a ser partícipes para la toma de tiempos.

El muestreo se realiza en un conjunto cerrado con edificios de 5 pisos donde se solicita a los miembros que bajen de un respectivo piso hasta la entrada para recibir los medicamentos.

Para el proceso se toman como referencia a 8 participantes, con lo cual se obtiene una tabla con los tiempos recopilados por cada uno de los pisos.

**Tabla 3.** Tiempos redondeados de trayecto en conjuntos cerrados

Persona	Tiempos (minutos)				
	Piso 5	Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1
Persona 1	4	3	3	2	1
Persona 2	3	2	2	1	1
Persona 3	2	3	2	2	2
Persona 4	3	3	2	1	1
Persona 5	3	3	3	2	1
Persona 6	3	3	2	2	1
Persona 7	3	3	2	2	1
Persona 8	3	3	3	1	2
Promedio	3	3	2	2	1

Fuente: Autores

**Tabla 4.** Tiempos redondeados de recolección de medicamentos

Tiempo firma y recibido de producto								
Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5	Persona 6	Persona 7	Persona 8	Promedio
2	1	1	1	1	1	1	2	1

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos en las etapas anteriores se totalizan y el promedio de tiempos que se obtiene es una demora total de 3 minutos para la recolección de los medicamentos en los puntos de entrega.

### C) Estructura del modelo y solución

Una vez analizada la información teniendo en cuenta las restricciones de tiempos, se procede a desarrollar la implementación con los datos del proyecto.

Inicialmente se enlistan los diferentes clientes que hacen parte de la IPS, a los cuales se les hace envío de medicamentos de los tratamientos específicos y las entregas a clientes particulares, para ilustrar esta idea se generan tablas que permiten conocer quiénes hacen parte de este proceso y un recuento del promedio de estos.

Con la primera parte se registra un promedio total de 2 minutos que se complementa con un análisis de tiempo para la firma y recolección del producto en la entrada.

**Tabla 5.** Puntos medios por localidad

Total Clientes Particulares por localidad		
Localidad ID	Descripcion	Promedio Clientes en la zona
Particular 1	Antonio nariño	9
Particular 2	Soacha	2
Particular 3	Usme	6
Particular 4	Ciudad Bolivar	11
Particular 5	Santa Fe	8
Particular 6	Los martires	6
Particular 7	Rafael Uribe Uribe	13
Particular 8	Bosa	12
Particular 9	San cristobal	13
Particular 10	Puente aranda	27
Particular 11	Barrios unidos	29
Particular 12	Kennedy	66
Particular 13	Fontibon	49
Particular 14	Teusaquillo	52
Particular 15	Engativa	79
Particular 16	Chapinero	121
Particular 17	Suba	231
Particular 18	Usaquen	175
Total Promedio Clientes		909

Fuente: Autores

Debido a la gran cantidad de puntos que generan los diferentes clientes particulares para su ruteo, se implementaron capas

sobre las localidades, una vez se encuentra el tiempo y el recorrido dentro

de cada una de las zonas se determina un punto medio.

Tabla 6. Metodología del vecino más cercano

08-26-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	IPS-Oncológica	Clinica	1200	12	Alpharma	Suba	3400
2	Clinica	Chapinero	2700	13	Suba	Usaquen	7100
3	Chapinero	Hospital San	3700	14	Usaquen	Barrios	8800
4	Hospital San	Santa Fe	3100	15	Barrios	Rafael Uribe	1800
5	Santa Fe	Los martires	3800	16	Rafael Uribe	San	5000
6	Los martires	Antonio	3200	17	San	Usme	10200
7	Antonio	Puente	3700	18	Usme	Ciudad	10900
8	Puente	Kennedy	5500	19	Ciudad	Bosa	5000
9	Kennedy	Fontibon	7600	20	Bosa	Soacha	6600
10	Fontibon	Engativa	9000	21	Soacha	Teusaquillo	20900
11	Engativa	Alpharma	6500	22	Teusaquillo	IPS-Oncológica	6600
	<b>Total</b>	<b>Minimal</b>	<b>Traveling</b>	<b>Distance</b>	<b>or Cost</b>	<b>=</b>	<b>136300</b>
	<b>(Result</b>	<b>from</b>	<b>Nearest</b>	<b>Neighbor</b>	<b>Heuristic)</b>		

Fuente: Autores

Utilizando la tabla sobre la metodología del TSP en el que se ubica de manera correspondiente los diferentes puntos de la ruta para dar un mapeo general del trayecto total que deberá seguir el vehículo repartidor para hacer las entregas en cada zona y la programación del envío.

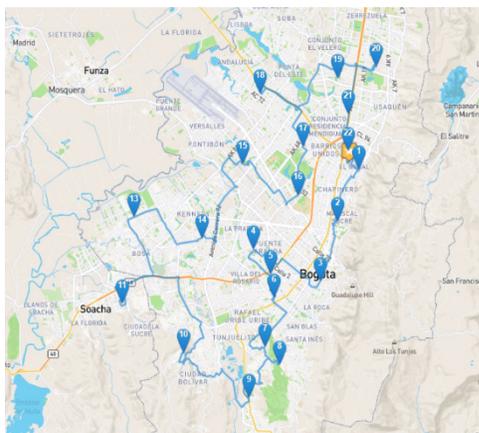


Figura 4. Ruta General para la IPS  
Fuente: Autores

## VI. VARIABILIDAD EN EL SISTEMA

Con la premisa anteriormente presentada, se desea visualizar las variaciones en los tiempos tanto de traslado entre un punto y otro, como en la demora de recolección de medicamentos por parte de los clientes dentro del sistema establecido para la IPS, estas circunstancias generan cambios en las rutas con una efectividad de entrega reducida o aumentada dependiendo el caso.

### A) Variación en tiempo de recepción de medicamentos

Con la finalidad de presentar esta variabilidad se hace un cambio en los tiempos de traslado aumentando un minuto en la media de traslado y de igual manera para la demora de recolección de medicamentos por parte del cliente.

**Tabla 7.** Media de a medias con un factor de tiempo más 1 minuto

Media de Medias	
3.88	Usaquén
5.93913	Teusaquillo
5.535294	Suba
19.06667	Santafé
9.8	San Cristóbal
16.35	Rafael Uribe Uribe
4.866667	Puente Aranda
7.8	Los Mártires
7.71	Kennedy
5.188889	Fontibón
6.2	Engativá
15.8	Ciudad Bolívar
6.957143	Chapinero
10	Barrios Unidos
9	Antonio Nariño
9	media de medias para las localidades

Fuente: Autores

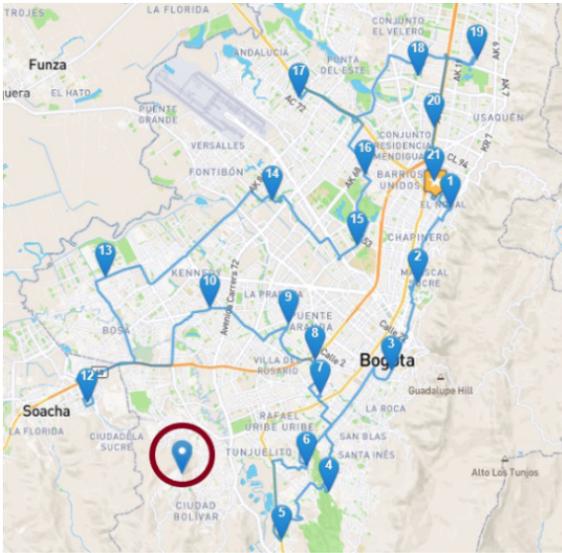
**Tabla 8.** Media de tiempos de recogida aumentado un minuto

Persona	Tiempo Recepción	Tiempos (minutos)					Promedio Total
		Piso 5	Piso 4	Piso 3	Piso 2	Piso 1	
Persona 1	3	5	4	3	2	2	2
Persona 2	3	5	5	2	4	2	2
Persona 3	3	5	3	3	4	3	3
Persona 4	2	4	4	4	4	2	2
Persona 5	3	3	5	4	4	2	2
Persona 6	2	3	5	3	4	2	2
Persona 7	2	5	3	2	4	2	2
Persona 8	2	3	5	2	2	2	2
Promedio	3	4	4	3	4	2	3

Fuente: Autores

Con este cambio, se realiza el ruteo nuevamente mediante el programa

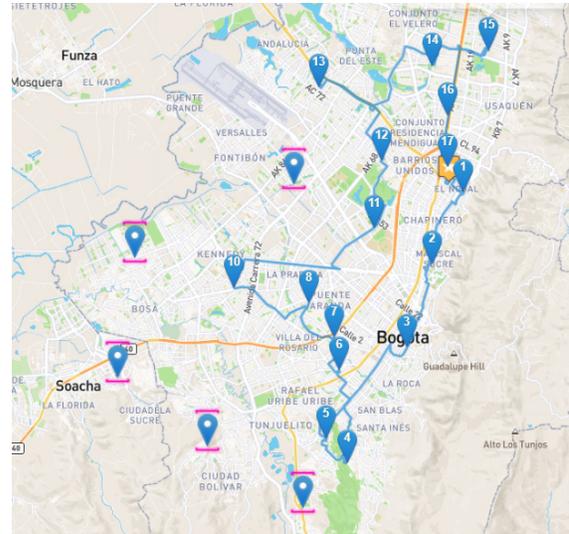
Optimoroute y se observa que disminuye la cantidad de zonas a trabajar.



**Figura 5.** Ruteo general con aumento en promedio de tiempos.

Fuente: Autores

Bajo esta perspectiva se plantea el aumento de 3 minutos en el promedio de entregas entre el punto A y B, además de optar por este mismo aumento en el promedio de recepción del medicamento, con esto en consideración se vería un gran cambio en la cantidad de zonas a las cuales se les haría entrega en el menor tiempo posible y tendrían que ser abastecidas con otro medio de transporte adicional para la organización.



**Figura 6.** Ruteo general con aumento en promedio de tiempos para la recolección y traslado de medicamentos.

Fuente: Autores

## B) Aumento de número de clientes por localidad

Con la información recolectada sobre los clientes para las diferentes localidades, se encuentra una relación directa entre el aumento y disminución de clientes lo cual afecta de manera significativa el correcto desarrollo del sistema de ruteo.

Basados en el número de clientes sobre todo particulares, varía la obtención de un punto medio, debido al volumen de nodos encontrados en una sola capa, por esto se realiza un análisis de datos y una proyección [11] que permita determinar en cuáles localidades se obtendrá un aumento o una reducción de los clientes con respecto a sus solicitudes a la IPS.

**Tabla 9.** Proyección de número de clientes y probabilidad de cambio

Localidad	2020	2021	Proyección	Probabilidad
Antonio Nariño	6	4	2	BAJA
Barrios Unidos	21	15	9	BAJA
Bosa	11	7	3	BAJA
Chapinero	132	80	28	ALTA
Ciudad Bolívar	5	8	11	ALTA
Engativá	81	58	35	ALTA
Fontibón	68	29	-10	BAJA
Kennedy	53	35	17	ALTA
Los Mártires	7	2	-3	BAJA
Puente Aranda	15	18	21	ALTA
Rafael Uribe Uribe	8	8	8	BAJA
San Cristóbal	12	7	2	BAJA
Santa Fe	5	5	5	BAJA
Soacha	4	0	-4	BAJA
Suba	271	159	47	ALTA
Teusaquillo	68	38	8	BAJA
Usaquén	359	229	99	ALTA
Usme	5	2	-1	BAJA
<b>Totales</b>	<b>1131</b>	<b>704</b>	<b>277</b>	

Fuente: Autores

## VII. COSTOS DEL SISTEMA

### A) Costos fijos

1) *Salarios*: Pago mensual determinado por el contrato con el fin de que presenten un servicio a la empresa. El costo de los salarios se divide entre el conductor y el auxiliar que representan un equipo para el transporte de medicamentos [12].

2) *Seguros*: La empresa pagaría dos tipos de seguros de póliza todo riesgo y Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT) [3].

3) *Revisión tecno mecánica*: Revisión obligatoria que tiene que hacer cada año el vehículo en los Centros de Diagnóstico Automotriz (CDA) [3] legalmente constituidos y autorizados por el Ministerio de Transporte, estos entregan una verificación que es de carácter obligatorio.

### B) Costos variables

1) *Combustible*: Actualmente, el vehículo de la empresa opera con combustible corriente o gasolina ya que es un Renault Stepway modelo 2013 [13].

2) *Mantenimiento preventivo*: Revisión periódica del funcionamiento de los sistemas del vehículo, donde se encuentran la lubricación del motor, neumáticos, sistema de frenado, sistema eléctrico y accesorios [14].

3) *Mantenimiento correctivo*: Este es realizado a las diferentes partes del sistema que presenta el vehículo para los casos en que hay fallas y es necesaria su reparación.

### C) Costos para el funcionamiento del sistema

Con las especificaciones establecidas se gestionan los costos de mantener este sistema en funcionamiento, se decide trabajar bajo unos valores mensuales.

**Tabla 10.** Valor mensual

COSTOS	VALOR	PERÍODOS
Gasolina	\$ 460.200,00	Mensual
Revisión tecno mecánica	\$ 23.333,33	Mensual
Salario del trabajador	\$ 4.451.218,27	Mensual
Neumáticos	\$ 83.333,33	Mensual
Mantenimiento correctivo	\$ 333.333,33	Mensual
Mantenimiento preventivo	\$ 125.000,00	Mensual
Lavado	\$ 120.000,00	Mensual
Auxiliar	\$ 2.251.014,39	Mensual
Aceites y lubricantes	\$ 100.000,00	Mensual
Póliza de riesgo	\$ 116.666,67	Mensual
Depreciación	\$ 700.000,00	Mensual
SOAT	\$ 32.512,50	Mensual
<b>Valor total Mensual</b>	<b>\$ 8.796.611,82</b>	<b>Mensual</b>
<b>Valor total Anual</b>	<b>\$ 105.559.341,86</b>	<b>Anuales</b>

Fuente: Autores

Mediante el análisis al valor mensual se genera una tabla de costos diarios con la finalidad de presentar el valor diario de tener este vehículo en funcionamiento el cual es de \$295.580,39.

El valor diario para el funcionamiento del automóvil representa una información relevante con la que se realiza un análisis de costos para el valor por hora trabajada y el valor por kilómetro recorrido que son respectivamente de \$36.947,55 y \$3.694,75.

El análisis del valor por hora trabajada muestra a la organización el rubro que sería necesario para mantener en funcionamiento diariamente el vehículo al transportar los medicamentos por toda la ciudad de Bogotá.

#### **D) Costos para el funcionamiento del sistema según la propuesta**

Se establecen parámetros para un nuevo vehículo con el objetivo de reducir costos como de aumentar la cantidad de entregas posibles:

- Ser de placa blanca para poder hacer entregas diarias sin restricciones ligadas al número final de la placa.
- Motor de 1.100 c.c. encargado para carga, el cual disminuye su costo de gasolina por kilómetro recorrido.
- El automóvil tendrá una mejor rentabilidad al ser un motor a Diésel.

- Ser modelo no mayor a 5 años de diferencia con el año actual.

- Tener un mantenimiento preventivo regulado.

- El Vehículo tendrá un valor máximo de \$50'000.000.

Con el nuevo vehículo se trabaja bajo los mismos estándares que el auto actual de la organización, esto en términos del valor de la revisión tecno mecánica, el valor de los neumáticos, los presupuestos planteados para el mantenimiento preventivo como correctivo, el lavado del auto, aceites, lubricantes y por último, sus respectivos seguros, ya que estos tienen el valor más bajo ante la ley.

Se presenta como propuesta un cambio en los salarios del personal responsable del proceso con la finalidad de contratar el personal especializado para el transporte de medicamentos.

Bajo esta nueva propuesta habría una reducción del 31,25% en los costos para el nuevo sistema de ruteo al trabajar con el nuevo vehículo, lo cual sería un valor de \$72'570.579 al haber optimizado los valores del salario para los nuevos trabajadores encargados del transporte.

Según la propuesta para la organización enfocada a manejar su propio medio de transporte, el valor total al contar con 2 nuevos vehículos estará en \$145'141,159 por año, con ello se logra incrementar el número de entregas diarias.

### E) Proyección anual sobre los costos de los vehículos trabajados

Se presenta una proyección sobre los costos al transcurrir 11 años que permite ver el aumento de estos mismos al utilizar

este sistema de transporte en el cual se trabajará con alguna de las alternativas propuestas a la organización como lo son el vehículo Renault Stepway, los nuevos dos vehículos o la alternativa de un solo vehículo.

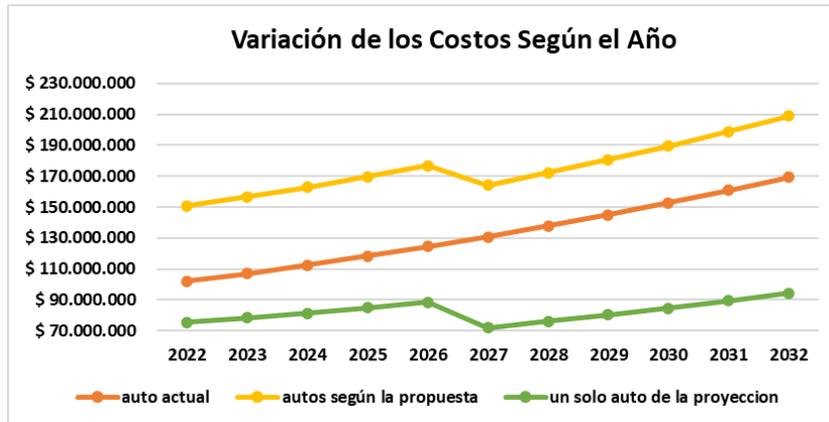


Fig. 7 Proyección anual de costos según el vehículo  
Fuente: Autores

Tabla 11. Proyección anual de los costos según el vehículo

AÑO	AUTO ACTUAL	AUTO SEGÚN LA PROYECCIÓN PARA DOS AUTOS	AUTO SEGÚN LA PROYECCIÓN PARA UN AUTO
2022	\$ 101,984,949	\$ 150,741,978	\$ 75,370,989
2023	\$ 107,100,093	\$ 156,678,847	\$ 78,339,423
2024	\$ 112,522,146	\$ 162,971,928	\$ 81,485,964
2025	\$ 118,269,522	\$ 169,642,593	\$ 84,821,297
2026	\$ 124,361,740	\$ 176,713,499	\$ 88,356,749
2027	\$ 130,819,491	\$ 164,208,667	\$ 72,104,337
2028	\$ 137,664,708	\$ 172,153,536	\$ 76,076,772
2029	\$ 144,920,637	\$ 180,575,098	\$ 80,287,553
2030	\$ 152,611,923	\$ 189,501,954	\$ 84,750,981
2031	\$ 160,764,685	\$ 198,964,420	\$ 89,482,214
2032	\$ 169,406,613	\$ 208,994,635	\$ 94,497,322

Fuente: Autores

### F) Información sobre la contratación de terceros

Por otra parte, se habla de un servicio de terceros que pueda otorgarles una

alternativa distinta, pero se debe entender que estos podrían no ser responsables monetariamente de la mercancía al ser hurtada o dañada en su proceso de transporte, hay la posibilidad de que las

empresas paguen solo un porcentaje del valor del producto.

Haciendo una valoración del costo de las empresas dedicadas a esta área, la de menor valor tendría un precio mensual de un promedio de \$2.700.000, para los transportes de la IPS-Oncológica, esto se sabe debido a la información que se recolectó sobre las mensualidades pagadas por la entidad a terceros, ya que en la actualidad se tiene contratado este servicio.

Se debe establecer que no se trabajará en base al modelo TSP por parte de los terceros, ya que habría una metodología diferente bajo los estándares de dicha organización contratada, por estas razones al momento de hacer un respectivo análisis de costos esta opción no es tomada por parte de los autores.

### **G) Contextualización normativa para el servicio de transporte por terceros**

Se establece que, bajo la normativa reglamentada en Colombia para el transporte de medicamentos oncológicos, se debe tener un sistema estructurado bajo la resolución 1403 del 2007, la cual dicta que para las farmacéuticas que distribuyan estos medicamentos, se debe cumplir con un servicio de transporte por medio directo de la organización o gracias a un servicio de terceros que cumpla con la normativa o el manual establecido anteriormente [7].

La organización es la responsable en casos de accidentes relacionados con

los medicamentos si son transportados con este medio, también se debe dar a entender al ente de transporte los aspectos señalados en el Código de Comercio y en las normas especiales, las características de los medicamentos y las condiciones para el almacenamiento, embalaje, cargue, ubicación en el medio de transporte y entrega técnica al destinatario [7].

## **VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

La información que puede ser arrojada por el desarrollo de un sistema de ruteo es amplia y se ha de tener un conocimiento básico para interpretar los resultados, con esto en mente se tienen en cuenta criterios básicos, los cuales están dirigidos a evaluar el tiempo y la cantidad de entregas posibles por día, debido a que se trabaja con el número obligatorio de horas por semana y un estimado de 38 entregas diarias máximas para trabajar de manera *óptima* al contar con solo un vehículo en movimiento.

Mediante el análisis presentado en la variabilidad en el sistema se establece que pequeños cambios en los promedios de tiempo tanto para el traslado entre un punto y otro, como la toma del medicamento por parte del cliente, genera cambios que afectan significativamente el servicio al cliente, ya que se pasa de 38 posibles entregas diarias a 30, como se observó en el estudio.

El análisis de costos se enfoca en la propuesta de trabajar con un nuevo vehículo bajo métricas de un menor

consumo de combustible para un día de trabajo de 8 horas, todo esto en búsqueda de poder aumentar a futuro la cantidad de entregas y el número de vehículos, al haber bajado el valor en un 31,25% del presentado con el medio de transporte que se tiene en la actualidad.

Con la gran cantidad de puntos o clientes a visitar es necesaria una programación periódica de los nodos que son constantes y proveerlos lo más pronto posible teniendo en cuenta el ruteo por localidad establecido.

## IX. DISCUSIÓN

En el artículo Modelamiento de distribución de productos cárnicos con un TSP con teoría de grafos [15], permite inferir que el enfoque del problema del agente viajero con apoyo de grafos concede la forma de encontrar el recorrido de la ruta con menor distancia, impactando en la eficiencia y agilidad de la distribución. Al hacer la revisión de la aplicación de esta perspectiva en una empresa de cárnicos rindió beneficios importantes en términos de la reducción del tiempo de recorrido, lo que facilita su uso en otros proyectos, lo cual atribuye un sustento reconocible sobre las funciones del modelado para la simplificación de desplazamientos de los vehículos y minimizando las duraciones de estos en cada entrega de los medicamentos por cada localidad, evidenciando que la eficacia de cada una de las tareas realizadas y proyectadas se completan de manera satisfactoria dando respuesta con los requisitos solicitados por la IPS en estudio.

## X. CONCLUSIONES

A través de la información recolectada mediante el análisis de costos, se puede entender que habría un aumento de precio significativo ya que comenzaría a tener un papel importante el transporte de medicamentos a cargo de la organización, debido a esta situación se plantea una opción para tener unos valores menores de uso al comprar vehículos de menor costo, que sean mucho más rentables, además de esto se tiene la visión a largo plazo, al hacer que la entidad pueda atender su mercado y que el servicio crezca, haciendo que el costo del mismo fuera controlado de la mejor manera posible y genere utilidad como rentabilidad a través del tiempo.

Mediante el modelo que se estableció como óptimo para el transporte de medicamentos se determinó un nuevo alcance para lo que sería el número de clientes atendidos en toda Bogotá, gracias al utilizar este sistema de entregas entre los clientes más cercanos conocido como TSP se dio de manera satisfactoria la cantidad de 38 posibles entregas diarias con un solo vehículo y ser ampliable a futuro por cada uno de los automóviles que se quisieran adquirir.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos la ayuda y colaboración a aquellos compañeros de aula los cuales nos dieron su apoyo y conocimiento para la realización de este proyecto, a cada uno de los funcionarios de la entidad involucrados en las revisiones y

toma de datos, que con su ardua labor y colaboración para la correcta elaboración de este trabajo se pudo conseguir sacar adelante, y por último, pero no menos importante para nuestras familias y seres queridos que nos dieron fuerzas y alientos para continuar a pesar de los muchos obstáculos que aparecieron en el camino.

## REFERENCIAS

- [1] Reyes Morales, N. (2016). "Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW". *Industrial Data*, 19(2), 118. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12847>
- [2] Escobar, D. F., Gaviria, J. E., & Orejuela, J. P. (2018). "Three-phase method for the solution of school bus routing". *Revista Espacios*, 39(50), 6. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n50/18395006.html>
- [3] Alfonso Muñoz G., Bello Suárez M., "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.". [online]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/10348>.
- [4] Delgado Álvarez, N., Covas Barela, D., & Martínez Curbelo, G. (2018). "Aplicación del mapa de flujo de valor (value stream map-VSM) a la gestión de cadenas de suministros de productos agrícolas: un caso de estudio". *Identidad Bolivariana*, 2(1), 119-135. <https://doi.org/10.37611/ib201119-135>
- [5] Montabal, m. L. (2018, 5 abril). "Integración de la teoría del pensamiento poderoso OTSM – triz con la herramienta de análisis de escenarios futuros wheel y la matriz de vester. Caso de estudio: monitoreo de incendios forestales en el territorio nacional utilizando sistemas de drones de sobrevuelo". Universidad Técnica Federico Santa María. <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/24615>
- [6] Aguilar, N. (2017, 10 febrero). Modelado matemático de diabetes basado en diagramas causales. Repositorio Institucional de La Universidad de Málaga. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/12984>
- [7] "Resolución Número 1403 de 2007", Ministerio de la Protección Social, Bogotá, D.C., Colombia, [Res.], Resolución 1403, 14/05/2007.
- [8] Abril, K. A. (2019, 16 agosto). Método de programación lineal para maximizar los ingresos de una empresa del sistema integrado de transporte público en la ciudad de Bogotá. Universidad Militar. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/31776>
- [9] Arango M. D., Cano J. A., Álvarez K. C. (2012), "Modelos de sistemas mrp cerrados integrando incertidumbre", *Revista EIA*, Núm. 18, pp. 61-76, from:

<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n18/n18a06.pdf>

- [10] "Decreto 840 de 2019" Alcalde Mayor de Bogotá, D. C., Colombia, [Dec.], Decreto 840, 27/12/2020.
- [11] Cristancho-Fajardo, C. (2021). Proyecciones de población mediante indicadores sintomáticos con aplicaciones a nivel departamental en Colombia.
- [12] Santamaría Vilca, J. (2021). Análisis de costos unitarios para evaluar la rentabilidad de una retroexcavadora caterpillar 420F2 de la contrata Roman SAC en la Compañía Minera Summa Gold Corporation.
- [13] Rueda, N. S. (2021). Gestión de Costos de Producción en la Estructuración de una Estrategia Competitiva.
- [14] Quiñones Rozo, J. C. (2021). Plan de mantenimiento preventivo para los vehículos, maquinaria y equipos de la empresa Compañía de Ingeniería Sanitaria SAS.
- [15] Gómez-Montoya, R. A., Zuluaga-Mazo, A., & Espinosa-Oviedo, J. E. (2015). Modelamiento de distribución de productos cárnicos como un TSP (Traveling Salesman Problem) con teoría de grafos. *Clío América*, 9(17), 8-16.