Modelo para la programación de rutas diarias de una empresa dedicada a la fabricación y venta de productos alimenticios

AUTOR

YURY MILENA HEREDIA AVELLA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA GERENCIA EN LOGISTICA INTEGRAL

Director:

CESAR DAVID ARDILA GAMBOA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL

BOGOTÁ, 29 JUNIO 2020

MODELO PARA LA PROGRAMACIÓN DE RUTAS DIARIAS DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN Y VENTA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

AUTOR
YURY MILENA HEREDIA AVELLA
Ingeniera Industrial
U9501002@unimilitar.edu.co

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Logística Integral

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
JUNIO, 2020

MODELO PARA LA PROGRAMACIÓN DE RUTAS DIARIAS DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN Y VENTA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

MODEL FOR THE PROGRAMMING OF DAILY ROUTES OF A COMPANY DEDICATED TO THE MANUFACTURE AND SALE OF FOOD PRODUCTS

Milena Heredia Avella
Especialización en Gerencia logística
U9501002@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo trata acerca de la red de distribución actual de una empresa dedicada a la producción y venta de productos alimentos, con el fin de analizar un modelo de transporte que permita organizar el ruteo y asignación de vehículos alineados a las necesidades de la cadena de abastecimiento de la compañía, y a mitigar los sobrecostos en transporte y mejorar el nivel de servicio.

La compañía realiza la asignación diaria de rutas a cada vehículo pero no cuenta con software o programas de análisis de ruteos que permitan validar con precisión distancias entre puntos de ventas, así como tampoco se tiene en cuenta la capacidad de carga de los vehículos con los que dispone actualmente. Adicional se presenta la aplicación de un modelo de transporte el cual puede aplicarse a la operación de la compañía, generando un aprovechamiento de la flota de transporte actual y una optimización en el nivel de servicio respecto a las entregas en los puntos de venta.

Palabras claves: Distribución, modelo de transporte, ruteo, cadena de abastecimiento, nivel de servicio, capacidad.

ABSTRACT

This work deals with the current distribution network of a company dedicated to the production and sale of food products, in order to analyze and propose a transport model that allows organizing the routing and allocation of vehicles aligned to the needs of the company's supply chain, and to mitigate transportation cost overruns and improve the level of service.

The company makes the daily assignment of routes to each vehicle but it is not supported by programs or routing analysis that allow the distances between points of sale to be analyzed accurately, nor is the load capacity of the vehicles it has available at present. Additionally, a proposal for transport models is presented, which can be applied to the operation of the company, generating use of the current transport fleet and optimizing the level of service with respect to deliveries at points of sale.

Key words: Distribution, transport model, routing, supply chain, service level, capacity.

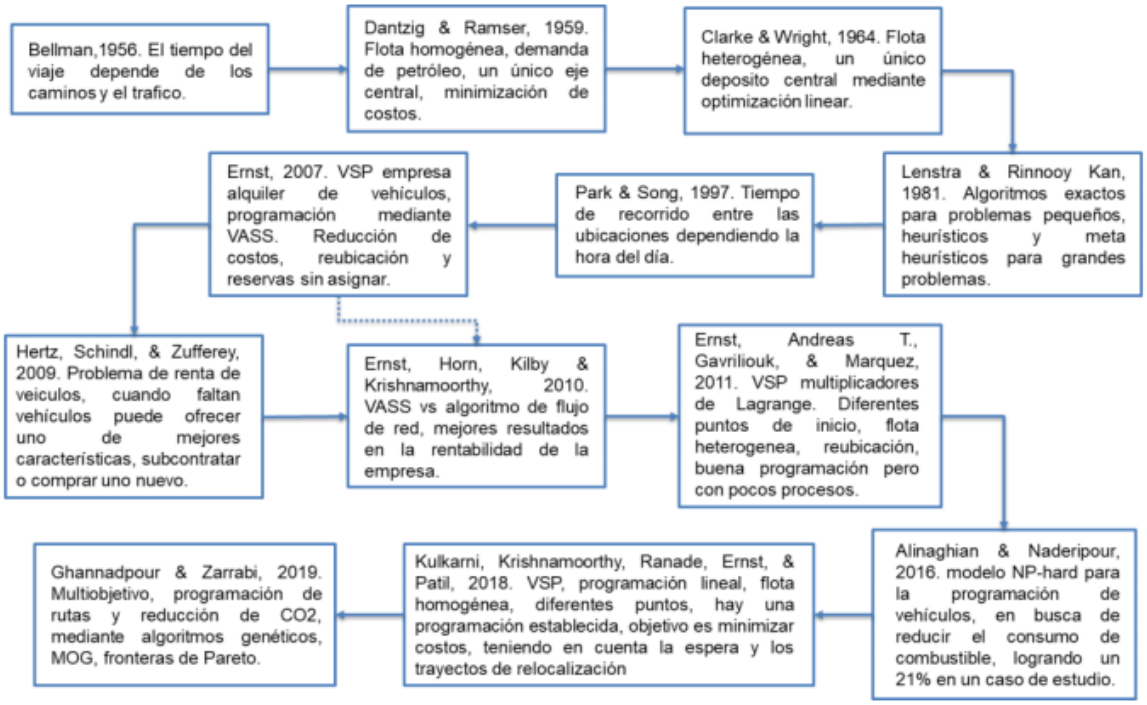
INTRODUCCIÒN

La planeación del número de vehículos y rutas asignadas para cada uno de ellos, es una de las labores más importantes estrategias de una compañía, ya que representa gran parte del costo logístico de la cadena de abastecimiento, que alcanza un 35.2% y específicamente en el sector Industrial representa un 46.2% del costo logístico según [1] Encuesta Nacional Logística (2018), y a su vez puede jugar un papel importante en el nivel de servicio de la compañía y la fidelización de los clientes.

El problema de enrutamiento de vehículos, data aproximadamente en el año 1959, gracias a Dantzig y Ramser, quienes fueron los primeros en abordar y realizar una formulación matemática sobre el problema de entrega de gasolina a las estaciones de servicio y 5 años después Clarke y Wright propusieron el primer algoritmo matemático para resolverlo, el popular algoritmo de Ahorro [2] (Daza y Montoya 2009).

Para contextualizar un poco el tema de ruteo de vehículos, a continuación se presenta un breve mapa conceptual (Véase Figura 1), que permite interpretar el avance obtenido a lo largo del tiempo de los problemas de ruteo.

Figura 1. Antecedentes y literatura a lo largo del tiempo, del problema de ruteo.



Fuente: [3] Bernal López. (2019).Antecedentes y revisión de literatura Recuperado de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32612/BernalLopezNicolas2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

El transporte finalmente es el responsable de mover los productos que se fabrican o almacenan en una compañía hacia centros de acopio o puntos de venta, e incluso al cliente final, y de la una buena planeación de transporte se puede brindar un buen servicio y contar con un alto nivel de indicadores de desempeño, en cuanto al servicio brindado.

Debido a esto, surge la necesidad de realizar un análisis del esquema actual de la red de distribución y transporte de la compañía a estudiar en este trabajo, y de brindarle una visión de sus estatus actual y una propuesta que pueda resultarle útil y factible para la optimización de su red de transporte y distribución.

El estudio tratado en este trabajo se realizó en una compañía del sector de alimentos con más de 20 años en el mercado a nivel Nacional, el cual cuenta actualmente con aprox. 342 puntos de venta a nivel Colombia, de los cuales solo 130 puntos de venta en Bogotá y alrededores, serán tenidos en cuenta para el presente estudio.

La compañía actualmente tiene su flota propia de vehículos y cuenta con 3 aliados estratégicos para tercerear transporte. Hoy en día la compañía maneja un esquema de entregas diarias a todos los puntos de venta a nivel Bogotá en sus referencias congeladas, que depende directamente de los puntos de venta que realizan o no un pedido al CEDI (Centro de distribución).

Se muestra a continuación la Tabla 1 donde se relacionan el número de vehículos y la capacidad de carga de cada uno de ellos, y Anexo 1 donde se ve el esquema de entregas designadas por ruta (para el año 2020).

Tabla 1. Número de vehículos y capacidad de carga en toneladas.

CANTIDAD DE VEHICULOS	CAPACIDAD CARGA (TN)
8	1
8	1.5
8	2.1
8	2.2

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

En Anexo 1, representa el esquema que se realizó al iniciar el año 2020, en donde se puede observar 4 de las rutas con los puntos de venta asignados y los horarios de promesa de entrega, cada ruta corresponde a 1 vehículo.

Sin embargo la realidad es otra, ya que no todos los puntos de venta realizan pedido para entrega diaria, por lo que hoy en día, se realiza un listado de los puntos (véase la Tabla 2), se entrega al jefe de almacén del CEDI y en colaboración con otro anfitrión (conductor), se dividen en 4 o 5 rutas apróx. Esta asignación de rutas se basa en el conocimiento y experticia del conductor, quien agrupa los puntos por cercanía, y facilidades de entrega

Tabla 2. Listado de puntos de venta que realizaron pedido de productos de productos congelados.

PEDIDOS PARA FECHA DE ENTREGA 15 MAYO 2020					
	PUNTO DE VENTA		PUNTO DE VENTA		PUNTO DE VENTA
1	bta.allegro.HEC	25	bta.colinacampestre2.HEC	49	bta.javeriana.HEC
2	bta.bazaaralsacia.HEC	26	bta.conecta26.HEC	50	bta.jumbo170.HEC
3	bta.bazaarchia.HEC	27	bta.diverplaza.HEC	51	bta.jumbocalle80.HEC
4	bta.belaire.HEC	28	bta.elrestrepo.HEC	52	bta.jumbocra30.HEC
5	bta.bima.HEC	29	bta.essocampin.HEC	53	bta.jumbohayuelos.HEC
6	bta.calle109.HEC	30	bta.essochia.HEC	54	bta.jumbosancayetano.HEC
7	bta.calle116.CG	31	bta.essomargaritas.HEC	55	bta.lago.HEC
8	bta.calle122.HEC	32	bta.exitocalle170.HEC	56	bta.losabuelos.HEC
9	bta.calle38.HEC	33	bta.exitocolina.HEC	57	bta.metropolis.HEC
10	bta.calle71.HEC	34	bta.exitocountry.HEC	58	bta.palatino.HEC
11	bta.calle85.HEC	35	bta.exitofontibon.HEC	59	bta.parque97.HEC
12	bta.can.HEC	36	bta.floresta.CG	60	bta.pepesierra.HEC
13	bta.capitalcenter.HEC	37	bta.fontanar.HEC	61	bta.plaza127.HEC
14	bta.capitaltower.CG	38	bta.galerias.HEC	62	bta.plazacentral.CG
15	bta.capitaltower.HEC	39	bta.granestacion.HEC	63	bta.plazaimperial.HEC
16	bta.cedritos139.HEC	40	bta.greenoffice.HEC	64	bta.plazamericas.HEC
17	bta.cedritos151.HEC	41	bta.hayuelos.CG	65	bta.portal80.HEC
18	bta.centenario.HEC	42	bta.hayuelos.HEC	66	bta.salitre.CG
19	bta.centroandino.HEC	43	bta.homecenter170.HEC	67	bta.sanrafael.HEC
20	bta.centromayor2.HEC	44	bta.homecenter80.HEC	68	bta.santafe.CG
21	bta.chia1.HEC	45	bta.hotelcontinental.HEC	69	bta.santafe.HEC
22	bta.chia2.HEC	46	bta.hsbarbara.HEC	70	bta.sopo.HEC
23	bta.cinternacional.HEC	47	bta.iserra100.HEC	71	bta.texaco7deagosto.HEC
24	bta.titanplaza.HEC	48	bta.titan.CG	72	bta.Leños Santafe

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos

En el presente artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: 1.aborda en la primer parte el problema de ruteo de vehículos, 2. se realiza un breve diagnóstico

de la compañía, en cuanto a su red logística actual, 3. se realiza la aplicación de uno de los modelos mencionados en donde se considera las necesidades y restricciones actuales que tiene la compañía.

Finalmente ajustado a los requerimientos actuales de la compañía, se concluye el trabajo con las ventajas que le trae a la compañía la implementación del método seleccionado, y se sugieren algunos indicadores que permitirán medir el avance que se tenga de la propuesta a implementar.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

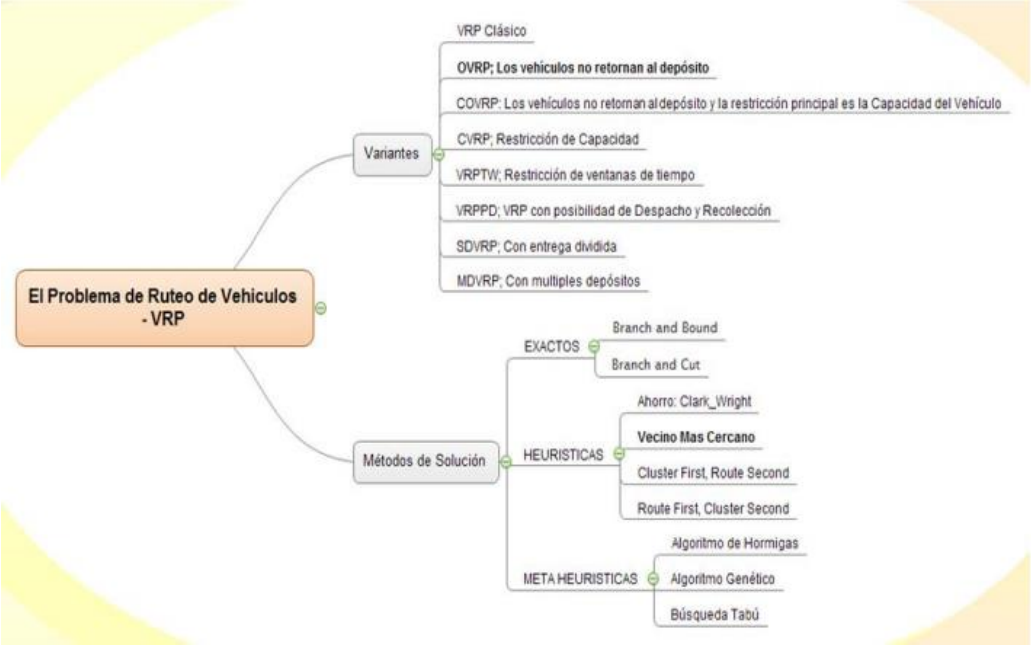
1.1 Problema de asignación de rutas

Muñoz y Sotero, 2009 afirman que:

> El problema del asignación de rutas (VRP) es el nombre dado a todas las clases de problemas en donde un conjunto de rutas para una serie de vehículos tienen como origen uno o varios depósitos que se encuentran ubicados geográficamente, y deben atender un número de clientes o ciudades. [4] (p.54)

Sumado a esto, las compañías pueden tener ciertas condiciones especiales que las caractericen o diferencien de las demás, como lo puede ser, el tener o no flota propia de vehículos, restricciones de capacidad máxima o mínima de carga y adicional si hay franjas horarias restrictivas para las entregas. Estas diferencias, permiten el utilizar diferentes métodos de solución, y a su vez permite clasificar las necesidades de la compañía como uno de los 8 problemas de ruteo de vehículos más conocidos (Véase Figura 2).

Figura 2. Mapa conceptual VRP

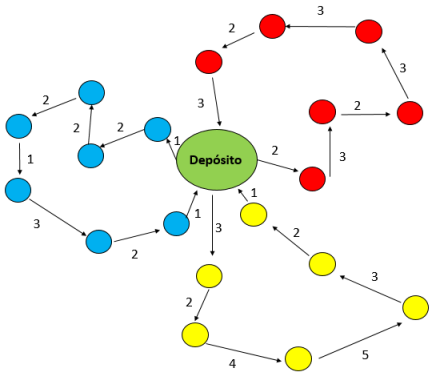


Fuente: [5] Ramírez Rodríguez. (2016).Mapa conceptual VRP (Figura).Recuperado de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2985/1/RamirezRodriguezLuisErnesto.pdf

Complementando lo anterior los problemas de ruteo de vehículos tienen como principales componentes, los camiones o vehículos, clientes, y centros de distribución [6] (Moya Navarro,2016).

El *Vehicle Routing Problem* (VRP), básicamente consiste en un problema que requiere diseñar un conjunto de rutas con uno o más puntos de origen, que se dirigen hacia un grupo de clientes o ciudades. [7] (Laporte. 1992). Donde cada vehículo tiene una capacidad limitada, y cada uno de los clientes o ciudades tienen una demanda que debe ser satisfecha por un único vehículo, lo que quiere decir que los vehículos solo se encontraran en el punto de origen.(Véase Figura 3).

Figura 3. Esquema VRP



Fuente. Autor.

El VRP, tiene como principal objetivo minimizar costos en distancia y en número de vehículos, teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

- Los clientes deben ser visitados una única vez
- Todos los vehículos inician y finalizan en el mismo punto, que se creería la planta de producción o centro de distribución.
- La demanda total de los clientes, debe ser menor a la sumatoria de la capacidad de los vehículos disponibles. [**8**] (Ramírez Rodríguez, 2019).

Existen muchas variaciones al problema básico de ruteo dependiendo el objetivo buscado: minimizar el número total de vehículos necesarios para proveer todos los puntos de la red, minimizar los costos fijos asociado con el uso de vehículos, minimizar el costo total del transporte, balancear las rutas por tiempo de viaje o carga de vehículo, minimizar las multas asociadas a los niveles de servicios requeridos por los clientes. [9] (Morales, 201, p.14)

Uno de los principales problemas que presentan las compañías que distribuyen productos perecederos, es la afectación de la calidad de los mismos, debido a los largos tiempos de los viajes y en general a una no adecuada ni equitativa planeación de las rutas, y vehículos. [10] (Galarcio, Buelvas, Nisperuza, López, y Hernandez, 2017).

Se define entonces que debido a la problemática actual de la compañía y a las condiciones y restricciones existentes, se desarrolla en el presente trabajo el método del vecino más cercano con capacidad limitada.

1.2 Diagnóstico de la compañía

Como se mencionó en la introducción la compañía realiza actualmente asignación de rutas bajo criterios de conocimiento y experticia del conductor, apoyado de la lista diaria de puntos a atender, por lo tanto se realizó un análisis de los dos últimos 3 meses, respecto al número de vehículos despachados por mes, el total de distancia recorrida, y el peso promedio de la carga transportada por vehículo, posterior a eso se calcula la eficiencia del vehículo (%) respecto a la carga promedio, y este análisis se realiza para cada una de las 4 referencias de vehículos con los que cuenta la compañía actualmente (Véase tablas 2, 3 y 4).

Evidentemente la tabla 3, tabla 4, tabla 5 y tabla 6,permite observar la problemática actual de ineficiencia de los vehículos respecto a carga y desigualdad en número de vehículos despachados mensualmente, lo que permite considerar que diariamente hay un desequilibrio en el número de vehículos asignados y enrutados VS carga y distancias asignadas.

Tabla 3. Análisis de los últimos tres meses respecto a vehículos con capacidad de carga de 1 tonelada.

MES	Nº VEHÌCULOS DESPACHADOS	PESO TRANSPORTADO (Kg)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (Km)	PROMEDIO KG POR VEHICULO	EFICIENCIA PROMEDIO (CAPACIDAD DE VEHICULO)
MARZO	179	148,563	12,659	829.96	83%
ABRIL	81	41,558	7,422	513.06	51%
MAYO	113	64,052	10,321	566.83	57%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos

Tabla 4. Análisis de los últimos tres meses respecto a vehículos con capacidad de carga de 1.5 toneladas.

MES	Nº VEHÌCULOS DESPACHADOS	PESO TRANSPORTADO (Kg)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (Km)	PROMEDIO KG/CARRO	EFICIENCIA PROMEDIO (CAPACIDAD DE VEHICULO)
MARZO	179	148,563	12,659	829.96	55%
ABRIL	81	41,558	7,422	513.06	34%
MAYO	113	64,052	10,321	566.83	38%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

Tabla 5. Análisis de los últimos tres meses respecto a vehículos con capacidad de carga de 2.1 toneladas.

MES	Nº VEHÌCULOS DESPACHADOS	PESO TRANSPORTADO (Kg)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (Km)	PROMEDIO KG/CARRO	EFICIENCIA PROMEDIO (CAPACIDAD DE VEHICULO)
MARZO	179	148,563	12,659	829.96	40%
ABRIL	81	41,558	7,422	513.06	24%
MAYO	113	64,052	10,321	566.83	27%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

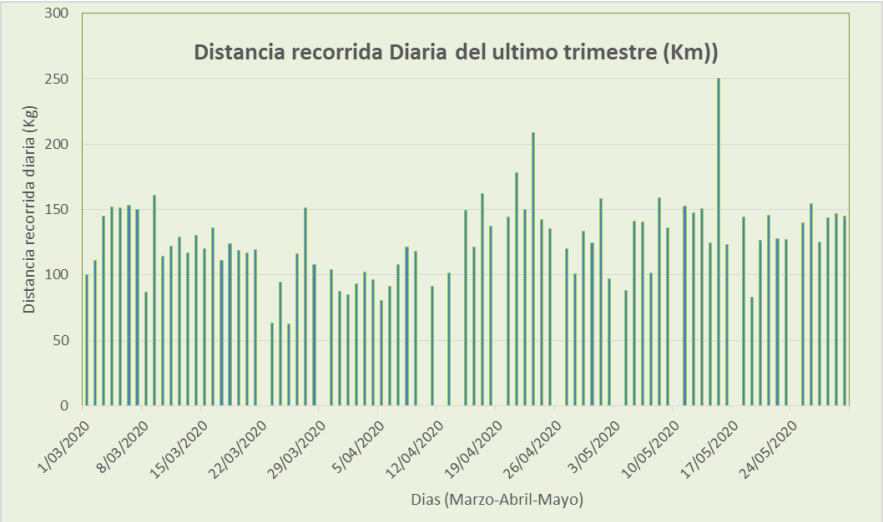
Tabla 6. Análisis de los últimos tres meses respecto a vehículos con capacidad de carga de 2.2 toneladas.

MES	Nº VEHÌCULOS DESPACHADOS	PESO TRANSPORTADO (Kg)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (Km)	PROMEDIO KG/CARRO	EFICIENCIA PROMEDIO (CAPACIDAD DE VEHICULO)
MARZO	179	148,563	12,659	829.96	38%
ABRIL	81	41,558	7,422	513.06	23%
MAYO	113	64,052	10,321	566.83	26%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

La gráfica1 y gráfica 2, permiten observar el comportamiento desigual y poco nivelado de la carga diaria despachada y de la distancia diaria recorrida por los vehículos.

Grafica 1. Distancia recorrida Diaria del último trimestre.



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

Grafica 2 Peso Diario del último trimestre Kg).

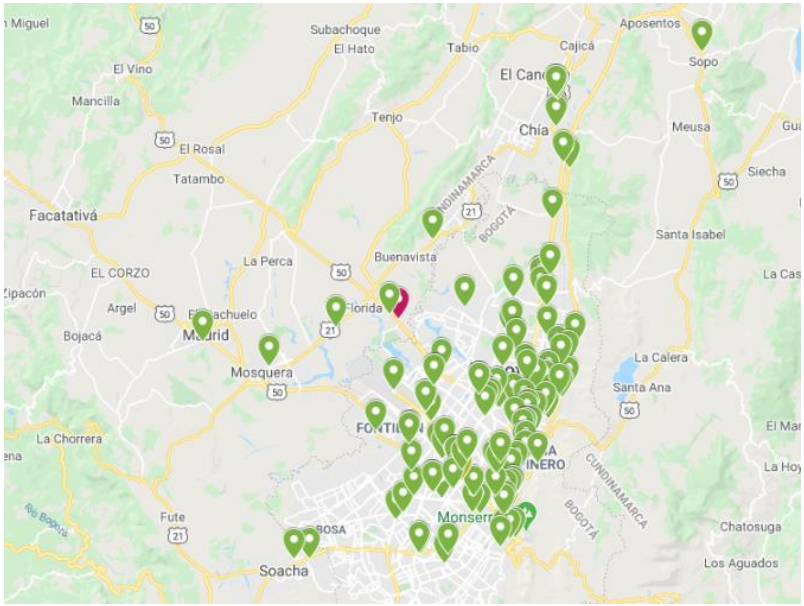
Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que **“**El algoritmo de vecino más cercano genera rutas uniendo vértices, puntos o nodos, teniendo en cuenta la arista con la menor distancia o costo de un punto al resto de puntos” [11] (Zuñiga, B. C., & Mendoza, A. M., 2018 p. 293), se da solución a la problemática planteada anteriormente de la siguiente manera:

2.3.1 Se realiza la ubicación de los puntos de venta en la aplicación Google Maps y se obtiene la latitud y longitud de los puntos, como se observa en la figura 4.

Figura 4. Ubicación de los puntos de venta en la aplicación mapas de Google Maps.



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos, mediante aplicación Google Maps

2.3.2 Se exporta la información y se obtiene la latitud y longitud de los puntos de venta registrados en la aplicación (Véase figura 5).

Figura 5. Elaboración propia con Información exportada desde Google Maps

CEDI	#icon-1899-C2185B-nodesc	-74.138243,4.7429451,0
Parque La Colina	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0665288,4.7326583,0
Éxito Colina	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0650948,4.7350543,0
EXITO 170	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0449858,4.7548434,0
SANTAFE 1	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0462687,4.7626019,0
SANTAFE 2	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0462687,4.7626019,0
SANTAFE CG	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0462687,4.7626019,0
SANTAFE L&C	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0462687,4.7626019,0
HOMECENTER 170	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.046389,4.756138,0
CEDRITOS 151	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0424338,4.7320255,0
ESSO LAS MARGARITAS	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0285067,4.7204146,0
CEDRITOS 139	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0354259,4.7189383,0
San Rafael	#icon-1899-7CB342-nodesc	-74.0622507,4.7229714,0

Fuente: Elaboración propia con Información exportada desde Google Maps

2.3.3 Posterior a eso se traslada la información a la matriz de distancias, y se crea una tabla cuadrada donde se registra la distancia entre puntos de venta y desde el CEDI, para este trabajo se ejemplifica con 15 puntos de venta, como lo muestra la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de distancias

	CEDI	Parque La Colina	Éxito Colina	EXITO 170	SANTAFE 1	SANTAFE 2	SANTAFE CG	SANTAFE L&C	HOMECENTER 170	CEDRITOS 151	ESSO LAS MARGARITAS	CEDRITOS 139	San Rafael	San Rafael CG	Bulevar Niza	PLAZA 127
CEDI	0.0	8.0	8.2	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.3	10.7	12.4	11.7	8.7	8.7	8.2	9.8
Parque La Colina	8.0	0.0	0.3	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0	3.4	2.7	4.4	3.8	1.2	1.2	2.3	3.0
Éxito Colina	8.2	0.3	0.0	3.1	3.7	3.7	3.7	3.7	3.1	2.5	4.4	3.7	1.4	1.4	2.6	3.2
EXITO 170	10.4	3.4	3.1	0.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.2	2.6	4.2	4.1	4.0	4.0	5.5	5.4
SANTAFE 1	10.4	4.0	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.4	5.1	5.0	4.7	4.7	6.2	6.3
SANTAFE 2	10.4	4.0	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.4	5.1	5.0	4.7	4.7	6.2	6.3
SANTAFE CG	10.4	4.0	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.4	5.1	5.0	4.7	4.7	6.2	6.3
SANTAFE L&C	10.4	4.0	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.4	5.1	5.0	4.7	4.7	6.2	6.3
HOMECENTER 170	10.3	3.4	3.1	0.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.0	2.7	4.4	4.3	4.1	4.1	5.6	5.5
CEDRITOS 151	10.7	2.7	2.5	2.6	3.4	3.4	3.4	3.4	2.7	0.0	2.0	1.6	2.4	2.4	3.9	3.2
ESSO LAS MARGARITAS	12.4	4.4	4.4	4.2	5.1	5.1	5.1	5.1	4.4	2.0	0.0	0.8	3.8	3.8	4.8	3.5
CEDRITOS 139	11.7	3.8	3.7	4.1	5.0	5.0	5.0	5.0	4.3	1.6	0.8	0.0	3.0	3.0	4.0	2.7
San Rafael	8.7	1.2	1.4	4.0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.1	2.4	3.8	3.0	0.0	0.0	1.5	1.8
San Rafael CG	8.7	1.2	1.4	4.0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.1	2.4	3.8	3.0	0.0	0.0	1.5	1.8
Bulevar Niza	8.2	2.3	2.6	5.5	6.2	6.2	6.2	6.2	5.6	3.9	4.8	4.0	1.5	1.5	0.0	1.7
PLAZA 127	9.8	3.0	3.2	5.4	6.3	6.3	6.3	6.3	5.5	3.2	3.5	2.7	1.8	1.8	1.7	0.0

Fuente: Elaboración propia con Información exportada desde Google Maps

2.3.4 Después de tener organizada la matriz anterior, se traslada la información de distancia a la macro programada con el método Heurístico vecino más cercano, donde se debe contemplar el peso promedio de cada punto de venta y se debe asegurar la configuración de la capacidad del vehículo. Para el ejercicio se trabajó con 15 puntos de venta, y con capacidad de vehículo de 750 kilos, con el fin de poder ejemplificar el resultado de la asignación a más de un vehículo, adicional se relacionan en la Tabla 8. las demandas promedio de los 15 puntos de venta (Kg).

Tabla 8. Demanda promedio de carga (Kg) por PDV

PUNTO DE VENTA	DEMANDA (Kg)
Parque La Colina	100
Éxito Colina	80
EXITO 170	90
SANTAFE 1	100
SANTAFE 2	80
SANTAFE CG	70
SANTAFE L&C	100
HOMECENTER 170	80
CEDRITOS 151	90
ESSO LAS MARGARITAS	100
CEDRITOS 139	80
San Rafael	100
San Rafael CG	100
Bulevar Niza	80
PLAZA 127	100

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos

Tabla 9. Número de vehículos requeridos y asignación de puntos de venta por vehículo

VEHICULO	ORDEN DE ENTREGA	NOMBRE PUNTO DE VENTA	PESO CARGA (Kg)	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	EFICIENCIA DEL VEHICULO %
1	ORIGEN	CEDI	0	28.83	99%
	1	Parque La Colina	100		
	2	Éxito Colina	80		
	3	San Rafael	100		
	4	San Rafael CG	100		
	5	Bulevar Niza	80		
	6	PLAZA 127	100		
	7	CEDRITOS 139	80		
	8	ESSO LAS MARGARITAS	100		
	9	CEDI	0		
		TOTAL (Kg)	*740*		
2	ORIGEN	CEDI	0	25.48	99%
	1	HOMECENTER 170	80		
	2	EXITO 170	90		
	3	SANTAFE 1	100		
	4	SANTAFE 2	80		
	5	SANTAFE CG	70		
	6	SANTAFE L&C	100		
	7	CEDRITOS 151	90		
	9	CEDI	0		
		TOTAL (Kg)	*610*		

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa del sector de alimentos, resultado obtenido macro Heurística vecino más cercano.

El método propuesto permite a la compañía asignar diarimente los vehiculos requeridos y los puntos de venta a entregar por vehiculo, ajustado a la operacion de la compañia con solicitudes de pididos aleatorios diariamente, y teniendo un mejor aprovechamiento de la eficiencia de los vehiculos en cuanto a su capacidad de carga.

Ademas es importante que la compañía realice diariamente este analisis de la mano con vehiculos disponibles, considerando la capacidad de cada uno de ellos, y la demanda (Kg) de cada uno de los puntos de venta.

3. CONCLUSIONES

- Dadas las restricciones de número de vehículos, de capacidad de carga y de los puntos de venta de la compañía, se seleccionó el método heurístico del vecino más cercano con restricción en la capacidad de carga, que le brinda una asignación diaria, de puntos de venta por vehículo y adicional le consolida la distancia total recorrida por cada uno de los vehículos asignados.

- Teniendo en cuenta que la compañía tiene un problema actual de sobre costos en transporte, debido al bajo aprovechamiento de los vehículos en cuanto a capacidad de carga, se identificó un aprovechamiento que oscila entre el 23% y 83% promedio, y con la metodología aplicada en el trabajo le permitirá incrementar esa eficiencia a un 90%, recomendando utilizar los vehículos de carga de 1.5 toneladas, teniendo en cuenta que cada punto de venta puede realizar pedido máximo de 100 kilos, lo que permitiría cargar 15 puntos por vehículo, siendo este el numero promedio de puntos que tiene contemplado la compañía entregar por ruta, para dar cumplimiento a los acuerdos de entrega mencionados en la Figura 2.

  Sin embargo en caso de que la compañía quiera utilizar otro tipo de vehículo para la asignación diaria de rutas, debe estipularlo en Visual Basic, en la restricción de capacidad de vehículo.

- Aplicando la metodología heurística propuesta se reducen principalmente los kilómetros recorridos por cada vehículo, ya que se está optimizando su eficiencia, y por tanto los costos en combustibles y otros consumibles del vehículo van a reducir considerablemente, minimizando así la participación del costo de transporte en el costo logístico total de la compañía.

- Además de optimizar la distancia recorrida, la metodología implementada incide directamente en los tiempos de entrega, lo que permite a la compañía incrementar su indicador de nivel de servicio, debido a que los pedidos serán entregados en menor tiempo.

- Teniendo en cuenta que los puntos de venta de la compañía no realizan pedidos diariamente, se sugiere hacer una revisión de la estadística de despacho por punto, para poder generar frecuencias de entrega con el fin de optimizar aún más la red logística.

- Se resalta la importancia de hacer seguimiento a la ejecución de la herramienta planteada, ya que es indispensable que se asigne a una persona para la ejecución y análisis de la misma, con el fin de identificar oportunidades de mejora y llevar a la compañía a una mejora continua.

ANEXO *1.* Esquema de rutas diarias, operación en CEDI (Centro de distribución) de productos congelados.

TREN DE CARNES BOGOTÁ LOGÍSTICA

RUTA 1
Cargue 05:45

	PDV	Orden	Hora
1	PARQUE LA COLINA	1	7:00:00
2	PARQUE LA COLINA LYC	2	7:30:00
3	ÉXITO COLINA	3	8:10:00
4	COLINA II	4	8:30:00
5	ÉXITO 170	5	8:50:00
6	SANTA FE CG	6	9:10:00
7	SANTA FE I	7	9:30:00
8	SANTA FE II	8	9:50:00
9	SANTA FE LYCG	9	10:10:00
10	HOMECENTER 170	10	10:30:00
11	CEDRITOS 151	11	10:50:00
12	ESSO MARGARITAS	12	11:10:00
13	CEDRITOS 139	13	11:30:00
14	SAN RAFAEL CG	14	11:50:00
15	SAN RAFAEL	15	12:10:00
16	BULEVAR	16	12:30:00
17	ALLEGRO	17	13:30:00

RUTA 2
Cargue 05:45

	PDV	Orden	Hora
1	ÉXITO FONTIBÓN	1	7:10:00
2	LA FELICIDAD	2	7:30:00
3	PLAZA DE LAS AMÉRICAS	3	7:50:00
4	CENTOR MAYOR I	4	8:10:00
5	CENTRO MAYOR II	5	8:30:00
6	CALIMA	6	8:50:00
7	CALIMA LYCG	7	9:10:00
8	JUMBO CRA 30	8	9:30:00
9	AMÉRICAS	9	9:50:00
10	CENTENARIO	10	10:10:00
11	PLAZA CENTRAL CG	11	10:30:00
	PLAZA CENTRAL	12	10:50:00
	MARTES, JUEVES Y SÁBADO		
13	PLAZA CENTRAL BS	13	11:10:00
	MARTES Y SÁBADO		
14	VENTURA TERREROS (SOACHA)	14	12:40:00
	MARTES		
15	INOCENTRO	15	13:00:00
16	MERCURIO	16	13:20:00
	JUEVES		
17	CASA BLANCA	14	12:40:00
18	ECOPLAZA (MOSQUERA)	15	13:20:00
19	PARQUE SANTA LUCÍA (FUNZA)	16	14:00:00

RUTA 3
Cargue 06:15

	PDV	Orden	Hora
1	JUMBO 170	1	7:30:00
2	CARDIO INFANTIL	2	7:50:00
3	BELAIRE	3	8:10:00
4	PALATINO	4	8:30:00
5	TEXACO 123	5	8:50:00
6	ÉXITO COUNTRY	6	9:10:00
7	UNICENTRO I	7	9:30:00
8	UNICENTRO II	8	9:50:00
9	TORRE CUSEZAR	9	10:10:00
10	SANTA ANA CG	10	10:30:00
11	SANTA ANA LYCG	11	10:50:00
12	HACIENDA STA BARBARA	12	11:10:00
13	CALLE 109	13	11:30:00
14	PEPE SIERRA	14	11:50:00
15	CALLE 116 CG	15	12:10:00
16	CALLE 122	17	12:50:00
17	PLAZA 127	18	13:10:00
	MARTES, JUEVES Y SÁBADO		
18	CALLE 116 BS	16	13:10:00

RUTA 4
Cargue 06:15

	PDV	Orden	Hora
1	CENTRO EMPRESARIAL 106	1	7:30:00
2	PARQUE 97	2	7:50:00
3	CAFAM	3	8:10:00
4	CAFAM II	4	8:30:00
5	FLORESTA CG	5	8:50:00
6	ISERRA 100	7	9:30:00
7	GREEN OFFICE	8	9:50:00
8	ESSO CALLE 100	9	10:10:00
9	CALLE 100	10	10:30:00
10	CALLE 93	11	10:50:00
11	CALLE 93 CG	12	11:10:00
12	CALLE 90	13	11:30:00
13	CALLE 85	14	11:50:00
14	CENTRO ANDINO	16	12:40:00
15	ATLANTIS CG	17	13:20:00
16	ATLANTIS	18	13:40:00
	MARTES, JUEVES Y SÁBADO		
17	FLORESTA BS	6	9:10:00
18	CALLE 83 (ZONA T) BS	15	12:20:00

Fuente: Elaboración de la empresa del sector de alimentos.

BIBLIOGRAFIA

[1] Departamento Nacional de Planeación. (2018).Indic adores ENL 2018 https://onl.dnp.gov.co/es/Publicaciones/Paginas/Encuesta-Nacional-Log%C3%ADstica-2018.aspx

[2] Daza, J. M., Montoya, J. R., & Narducci, F. (2013). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases (solving the capacitated vehicle routing problem using a twophase metaheuristic procedure). *Revista EIA*, *6*(12), 23-38.

[3] Bernal López. (2019).Antecedentes y revisión de literatura Recuperado de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32612/BernalLopezNicolas2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4] Muñoz, E. A. B., & Sotero, J. H. C. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El hombre y la máquina*, (32), 52-67.

[5,8] Ramírez Rodríguez, L. E. Una Solución al Problema de Ruteo de Vehículos Abierto (Ovrp), Implementando la Heurística del Vecino más Cercano

[6] Navarro, M. M. (2016). OPTIMIZACIÓN DEL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS MEDIANTE PROGRAMACIÓN ENTERA MIXTA: UNA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA ENCONTRAR LA SOLUCIÓN ÓPTIMA DEL PROBLEMA. *Gaudeamus*, (1), 41-67.

[7] Laporte, G. (1992). The Traveling Salesman Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. European Journal of Operational Research, 59(2), 231-248.

[8] Ramírez Rodríguez, L. E. Una Solución al Problema de Ruteo de Vehículos Abierto (Ovrp), Implementando la Heurística del Vecino más Cercano

[9] Morales Silva, O.M. MODELO DE RUTEO DE VEHICULOS

[10] Galarcio, J. D., Buelvas, M., Nisperuza, P., López, J., & Hernandez, H. (2017). Una nueva metaheurística aplicada al problema de ruteo de vehículos capacitados (cvrp) para la distribución de productos perecederos. *Ingeniería e Innovación*, *5*(1).

[11] Zuñiga, B. C., & Mendoza, A. M. (2018). Propuesta de un modelo de ruteo de vehículos abierto en una institución prestadora de servicios de salud. *Entramado*, *14*(2), 288-298.