

Proyecto de grado en modalidad de aplicación

## Desarrollo de una herramienta para mejorar el proceso de planeación de la distribución de productos del Banco de Alimentos de Bogotá a poblaciones con vulnerabilidad alimentaria.

Erika Lizeth Barbosa Cruz <sup>1a,c,e</sup>, María Angélica Castelblanco Castellanos <sup>2a,c,e</sup>,  
Juan Manuel Delgado Jaramillo <sup>3a,c,f</sup>, Olga Lucía Sierra Miranda  
<sup>4a,c,e</sup> Jose Alejandro Páez Rodríguez <sup>b,c</sup>.  
Nicolas Rincón Garcia <sup>d,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>d</sup>Profesor, Co-director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

<sup>e</sup>Opción de Grado para Ingeniería Industrial

<sup>f</sup>Opción de Grado para Ingeniería Industrial y Administración de empresas

---

### Resumen

La principal razón del Banco de Alimentos de Bogotá es ser un puente para unir a los que quieren servir y luchar contra el hambre, dado que “el hambre perpetúa la pobreza al impedir que las personas desarrollen sus potencialidades y contribuyan al progreso de sus sociedades”. Es por ello que el banco se encarga de “atender población vulnerable; recolectando, seleccionando y distribuyendo alimentos, bienes y servicios, donados o comprados, generando sinergias para entregarlos con responsabilidad y caridad, mejorando la calidad de vida de los beneficiarios” (Fundación Banco de Alimentos, 2017). Actualmente en Colombia, se desperdicia en promedio 9,76 millones de toneladas de comida al año, para el cual el problema de distribución de alimentos es el segundo factor más relevante en la pérdida de alimentos. Debido a ello, el presente proyecto propone desarrollar una herramienta basada en meta heurísticas que permita mejorar el proceso de distribución de productos del Banco de Alimentos de Bogotá a poblaciones con vulnerabilidad alimentaria, teniendo en cuenta que la asignación de rutas juega un papel central para la planeación y ejecución de la distribución, porque incluye factores como el cumplimiento de tiempos de entrega a clientes y un manejo eficiente de los recursos, traducido finalmente en el aumento de la calidad del servicio y disminución de costos de operación.

*Palabras claves: Banco de Alimentos, Seguridad Alimentaria.*

---

### 1. Justificación y planteamiento del problema

En Colombia aproximadamente el 42,7% de la población se encuentra en un estado de inseguridad alimentaria<sup>1</sup> (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Sin embargo, según el Departamento Nacional

---

<sup>1</sup>Entendiéndose *inseguridad alimentaria* como la dificultad al acceso físico y económico de alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades básicas nutricionales con el fin de llevar a cabo una vida sana

de Planeación, en Colombia 9,76 millones de toneladas de comida se desperdician al año, del cual el 62,5% pertenecen a frutas y verduras (**Banco de Alimentos Bogotá, 2016**). Surge entonces la necesidad de realizar un manejo adecuado de los alimentos desperdiciados por medio de los Bancos de Alimentos, quienes captan productos y los entregan a las poblaciones más vulnerables.

Hoy en día el Banco de Alimentos de Bogotá atiende aproximadamente a 1000 fundaciones, con la entrega de alimentos de acuerdo a la demanda y necesidad establecida para cada una de ellas. Para mejorar la calidad del servicio prestado, el Banco ha decidido incorporar dentro de su servicio la oportunidad de realizar los pedidos telefónicamente, para que de esta manera las fundaciones no tengan que ir hasta el Banco a recoger el mercado y negociar el transporte, sino por el contrario, a partir de una alianza con la cooperativa Transportes Beltrán, ellos reciben en la puerta de su fundación sus pedidos. Desafortunadamente solo el 60% de las fundaciones están haciendo uso de este servicio, desaprovechando los beneficios tales como la eliminación del desplazamiento hacia el banco, reducción de tramitología y costos de transporte.

La tercerización del servicio de distribución y transporte con la cooperativa Transportes Beltrán es fruto de la alianza entre 9 conductores de camiones que anteriormente prestaban el servicio al Banco por separado. De tal manera que para la prestación del servicio se cuentan con 8 camiones de 2.5 ton con capacidad para 180 canastillas plásticas, y un camión de 1.5 ton con capacidad para 90 canastillas plásticas, las cuales se encuentran estandarizadas por el Banco.

Esta cooperativa dio inicio a sus operaciones en el mes de septiembre del presente año, y el proceso para la asignación de las rutas se ha venido realizando empíricamente por parte de uno de los socios de la cooperativa, ocasionando que no se logre cumplir con los horarios de disponibilidad de las fundaciones para recibir el mercado, que la capacidad de los camiones sea subutilizada (actualmente se hace uso entre 40-50%) y que el método para la asignación de las rutas no esté estandarizado.

Hoy en día la industria de servicios de transporte basa su asignación de rutas en la creación y programación de algoritmos complejos a partir de sistemas de información. Esto permite generar una ventaja competitiva en relación con los costos operativos y mejoras en la calidad del servicio prestado, dado que el 80% de los retrasos en las horas pico son generados debido a la congestión y el estado de las vías. Además, “la utilización de métodos de optimización para el transporte resulta frecuentemente en ahorros significativos, variando entre un 5% y un 20% de los costos totales”(Vásquez, 2015) permitiendo así un mayor control de la operación.

Es por esto que es de suma importancia desarrollar un sistema de distribución en el banco, que permita minimizar los costos de transporte de alimentos hasta las fundaciones, comedores comunitarios y organizaciones sin ánimo de lucro, distribuidos en distintas localidades de Bogotá.

Teniendo en cuenta estas problemáticas, ¿Será posible desarrollar una herramienta que dé solución al problema de distribución y transporte de alimentos desde el banco hacia las fundaciones?

## **2. Antecedentes**

Los VRP son problemas de optimización combinatoria, los cuales busca encontrar el conjunto de rutas óptimas que satisfagan las demandas de un conjunto de clientes con restricciones como: número de vehículos, capacidad de los mismos, lugares de destino (clientes), entre otras (Rocha Medina , Gonzáles La Rota, & Orjuela Castro, 2011).

El concepto de VRP se desglosa del Problema del Agente Viajero (TSP) por sus siglas en inglés, En 1959 George Dantzig realiza la primera aproximación algorítmica aplicada a la entrega de gasolina, el cual tenían como objetivo minimizar el costo total de las rutas trazadas (Dantzig, Pulkerson, & Johnson, 1958). Clarke y Wright en 1964 realizaron un algoritmo de ahorros con el cual logran mejorar los resultados de Dantzig. En la ilustración 1 se observa las diferentes variantes que se tiene de VRP en la actualidad las cuales se generan debido a las restricciones que se tiene del problema.

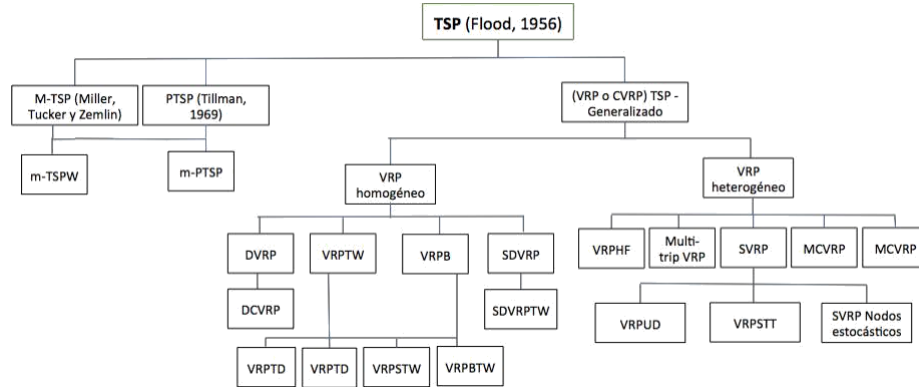


Ilustración 1. Tipos de VRP en la actualidad. (Elaborado por los autores)

En los últimos 20 años los VRPTW han sido ampliamente abordados por varios investigadores. Las diferentes publicaciones a lo largo de los años mencionan tres métodos de solución, exactos, heurísticas y metaheurísticas. (Ilustración 2).



Ilustración 2. Métodos de solución de VRP.(Elaborado por los autores)

Los métodos exactos “son eficientes en problemas hasta 50 depósitos debido a restricciones de tiempo computacional.” (Rocha Medina , Gonzáles La Rota, & Orjuela Castro, 2011).Las heurísticas “son procedimientos que proporcionan soluciones de aceptable calidad mediante una exploración limitada del espacio de búsqueda”. Y, por último, las metaheurísticas se “caracterizan por que realizan un procedimiento de búsqueda para encontrar soluciones de aceptable calidad, mediante la aplicación de operadores independientes del dominio que modifican soluciones intermedias guiadas por la idoneidad de su función objetivo.”

En la tabla 1 se realiza una compilación de los métodos utilizados por diferentes autores para dar solución a un problema de VRPTW en los últimos años.

AUTOR	MÉTODO DE SOLUCIÓN	CARACTERÍSTICAS	CONCLUSIÓN
(Hifi & Wu, 2014)	<p>Diseño de una Metaheurísticas Híbrida entre ACO y LNS en dos fases donde el número de vehículos a minimizar se consideró como el criterio principal y la distancia de viaje total como el segundo.</p> <p>Como estrategia para resolver el problema se generó de manera aleatoria los neighborhood para determinar los óptimos locales de cada uno.</p>	<p>Flota Heterogénea Alta cantidad de iteraciones. 56 instancias cada una con 100 clientes</p>	<p>Al realizar una metaheurísticas híbrida entre ACO y LNS se genera soluciones de alta calidad. Se realizaron 10 ensayos para cada instancia con un tiempo límite de 3600 segundos de ejecución.</p>
(El-Sherbeny N. , 2010)	<p>Comparación entre metaheurísticas -Simulación anillada modificada con tres versiones (k-node, lamda-Interchange, tabu). - Búsqueda Tabú con heurísticas paralelas que permitan encontrar una solución aceptable al momento de Crear las rutas con el fin de que el Tabú arroje una mejor solución. Adicional colocar en la Lista Tabú las soluciones no factibles. -Genético el cual genera nuevas estructuras basado en selección, mutación y cruces para obtener los individuos más fuertes los que corresponde a una solución casi óptima.</p>	<p>Flota homogénea Alta cantidad de iteraciones Alta cantidad de datos.</p>	<p>En simulación anillada las mejores versiones fueron con Tabú y lambda-interchange con mejoras entre 7% y 11.5%. Tabú y Simulación anillada se basa en 1 sola solución, mientras que el genético usa toda la población para generar una solución. Uno de los mejores métodos a utilizar es el tabú y genético debido a que ayuda a generar diversificación logrando una mejor solución óptima.</p>
(Daza, Montoya, Narducci, 2009)	<p>Diseño de una Metaheurísticas de dos fases que son asignar primero (ruteo) y luego planificar. Para la fase de Asignar primero las rutas se utilizan 3 métodos, Heurística de inserción mas próxima, Algoritmo k-opt y tabú. En la fase de planificación se propone una función que busca minimizar el costo fijo causado por la utilización de la capacidad instalada.</p>	<p>Único Tipo de productos Flota Homogénea Restricción de Capacidad</p>	<p>Tiempo Computacional menor a 1 minuto. La fase de planificación logro disminuir el costo de la capacidad instalada hasta en un 50%.</p>
(Bayat, 2014)	<p>Diseño de un algoritmo metaheurístico Universos paralelos (PSO), donde cada universo representa una solución válida al problema, y el conjunto de universos paralelos es el conjunto de todas las soluciones que están siendo examinadas por el algoritmo. Cada punto en estos universos es equivalente a un punto a través del cual debe pasar el problema VRP.</p>	<p>Uso de Greddy para una solución aceptable inicial. La potencia del agujero negro se considera igual al número constante 100.</p>	<p>EL algoritmo es eficiente dado que aumenta la velocidad de convergencia a la solución. Se pueden elegir diferentes reglas para cada universo teniendo una mayor capacidad para escapar de óptimos locales Resuelve problemas con múltiples restricciones y NP- Hard.</p>

<b>(Mediorreal &amp; Ramirez , 2014)</b>	Formular un modelo de ruteo de vehículos por medio de un algoritmo Tabú para la entrega de productos de las empresas, buscando reducir los costos y/o tiempos en su proceso de distribución.	Cada cliente tiene una franja horaria de entrega 300 Clientes Entrega diaria de productos a 20 clientes aproximadamente Flota homogénea Pedidos de los clientes son constantes en cantidad y periodo	El algoritmo puede ser utilizado para resolver variaciones de los problemas de ruteo de vehículos como elVRPTW, CVRP, MDVRP, SDVRP y OVRP,. Buenos resultados para problemas de ruteo de gran tamaño, con un gran número de posibles soluciones La búsqueda tabú es muy eficiente a la hora de obtener una solución de calidad en mucho menos tiempo que un método de solución exacto. El cambio de capacidad de vehículos y la reducción de las ventanas de tiempo presentaron una variación menor de la función objetivo.
<b>(Yepes &amp; Medina , 2002)</b>	Se realiza una metaheurística híbrida entre una heurística secuencial de rutas y un metaheurísticas de búsqueda aleatoria con múltiples operadores.	Flota heterogénea Ventanasde tiempos flexibles Jornada laboral variable Congestión de tráfico Función objetivo basada en el beneficio económico. 30.000 iteraciones	Se utiliza el problema R103-HEMS-A de Salomón para validación de la heurística y metaheurística. Limitación del beneficio económica debido a las métricas clásicas que intenta disminuir el número de rutas y luego la distancia recorrida. - Habilidad de eludir los óptimos locales.
<b>(Liu &amp; Shen, 1999)</b>	Desarrollan por primera vez la heurística para un FSMVRPTW, llevando a cabo dos fases: Desarrollan una primera solución óptima por medio de un Clark&Wright, adaptado a un FSMVRP propuesto por Golden. Luego Liu & Shen hacen uso de 168 puntos de referencia basadas en modificaciones de la propuesta de Solomon (1987), para llevar a cabo instancias de prueba con cada uno de estos puntos.	Flota Heterogénea Diferentes capacidades y costos de adquisición Número ilimitado de cada tipo de flota. Ventanasde tiempos flexibles	Liu y Shen proponen un algoritmo de dos fases, en donde una solución inicial se obtiene a partir de la evaluación de distintas inserciones y rutas, teniendo en cuenta la programación de vehículos y las ventanas de tiempo. La segunda fase se desarrolla en base a 168 instancias de prueba, conocidas actualmente como LS168, derivado del test VRPTW de Solomon.

*Tabla 1. Métodos de solución de VRPTW. (Elaborado por los autores).*

Es evidente que los desarrollos de distintas metodologías dependen de las restricciones del problema. Sin embargo, se observa que en especial los algoritmos híbridos que contienen Heurísticas como Tabú, Algoritmo Genético y/o Algoritmo “Neighbourhood Search” logran diversificar sus soluciones permitiendo reducir la gama de óptimos locales y mejorar la solución. Dicho esto, en lo concerniente a problemas con Ventanas de Tiempo y Flota Heterogénea, es importante evaluar las soluciones de cada metodología con parámetros estandarizados; Rincón cita en su tesis doctoral, algunos datos distintas instancias de prueba con parámetros relacionados a la capacidad, y costos fijos por cada tipo de vehículo, permitiendo la objetividad en el momento de evaluar cualquier tipo de solución (Rincon Garcia , 2016).

Los artículos previos, aportarán en el desarrollo de dos propuestas metodológicas para la solución del problema con ventanas de tiempo y flota heterogénea en el Banco de Alimentos de Bogotá. Además, permitirá llevar a cabo una comparación de estas propuestas por medio de un análisis estadístico práctico, haciendo uso de la unificación de parámetros que brindan las instancias de prueba descritas por Liu y Shen, requiriendo por ende una sola adaptación de los datos reales del problema y obtener la mejor solución con un método eficiente y previamente validado.

### **3. Objetivos**

*Desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de planeación de la distribución de productos en el Banco de Alimentos de Bogotá.*

Caracterizar el proceso de distribución y transporte de la Cooperativa Transportes Beltrán.

Desarrollar dos metaheurísticas para el proceso de distribución y transporte.

Evaluar la calidad de las metaheurísticas propuestas.

Validar la mejor metaheurística a través de su impacto en el Banco de Alimentos de Bogotá.

#### *3.1 Declaración de diseño*

Esta propuesta está orientada a desarrollar una herramienta para el problema de distribución y transporte de alimentos desde el Banco hacia las fundaciones, validando dos metaheurísticas en VBA que consideran un problema de ruteo con ventanas de tiempo, flota heterogénea y demanda variable. Se espera que las soluciones dadas por la herramienta minimicen el costo total asociado a la operación de la Cooperativa Transportes Beltrán.

#### *3.2 Requerimientos esperados de diseño*

Los siguientes requerimientos deben cumplirse:

La herramienta computacional debe proveer una solución factible en la distribución de productos desde el Banco de Alimentos a cada uno de los beneficiarios.

Los resultados obtenidos de las rutas de distribución deben ser de fácil interpretación.

La herramienta debe proveer indicadores de transporte tales como el tiempo aproximado de abastecimiento a cada beneficiario, kilómetros recorridos por ruta, porcentaje de utilización de los camiones, etc.

La herramienta deberá proveer indicadores financieros tales como: el costo total asociado a la distancia y a la mano de obra.

#### *3.3 Restricciones de diseño*

Se tendrá en cuenta las siguientes restricciones:

Los factores imprevistos del tráfico tales como trancón, accidentes, cierre de vías, etc., no se tendrán en cuenta, por lo cual se hallará el tiempo promedio de avenidas principales y secundarias de la ciudad de Bogotá.

Se hará el supuesto de que los Camiones salen desde el banco de alimentos y retornarán al mismo.

Se desarrollará un modelo, bajo el supuesto de flotas heterogéneas, en cuanto a la capacidad de los vehículos, ya que se cuenta con 8 camiones con capacidad de 180 canastillas y 1 camión con capacidad de 90 canastillas.

Se hará el supuesto de que todos los productos serán empacados en canastillas.

### 3.4 Normas y estándares

La metodología que se usará en el proyecto se basa en la norma ISO 13053-1 "MÉTODOS CUANTITATIVOS EN LA MEJORA DE PROCESOS. SEIS SIGMA. PARTE 1: METODOLOGÍA DMAIC", las cuales por sus siglas en inglés comprende las fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

#### 4. Caso de estudio

El modelo se diseñará para el Banco de Alimentos de Bogotá, el cual es una institución sin ánimo de lucro que se encarga de recolectar, clasificar, almacenar y distribuir donaciones de distinta índole a los 1.000 beneficiarios que se encuentran vinculados. Se desea proporcionar una herramienta que agregue valor al servicio que presta el banco en el proceso de distribución, con la finalidad de dar cumplimiento a la misión institucional.

#### 5. Metodología

La metodología diseñada se realizó con base a las etapas del ciclo de mejora Continua DMAIC (ISO 13050), el cual tiene las siguientes fases:

- Definir, Medir y Analizar: En esta etapa, se trabajará el objetivo 1, con el fin de estructurar los parámetros y variables relevantes en el problema y adicionalmente datos asociados a este.
- Mejora: En esta etapa, se trabajará el objetivo 2, en el cual se busca programar dos metahurísticas en VBA, con el fin de encontrar cual provee una mejor solución y esta aplicarle los datos del banco de alimentos.
- Control: En esta etapa, se trabajará el objetivo 3, donde se busca medir los impactos que generaría la herramienta de ruteo elegida.

En la tabla 2 se presenta la metodología para cumplir los objetivos propuestos.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA	ENTREGABLE
Caracterizar el proceso de distribución y transporte de la Cooperativa Transportes Beltrán	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contextualizarse con la situación inicial del problema.</li><li>- Extraer, organizar y priorizar las necesidades del cliente.</li><li>- Construir los requerimientos de diseño.</li><li>- Generar la matriz de relaciones.</li><li>- Correlacionar parámetros de diseño.</li><li>- <u>Analizar resultados.</u></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- QFD (Quality Function Deployment),</li><li>- Encuestas</li></ul>	QFD Desarrollado.

Desarrollar dos metaheurísticas para el proceso de distribución y transporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar a partir de la literatura, dos metaheurísticas como potenciales soluciones al problema.</li> <li>- Construir los pseudoalgoritmos.</li> <li>- Definir los criterios de selección para cada una de las soluciones metaheurísticas.</li> <li>- Programar los pseudoalgoritmos en Visual Basic.</li> <li>- Ejecutar la metaheurísticas con los parámetros asociados a las instancias de un FSMFTW de Liu y Shen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación de operaciones.</li> <li>- Programación en VBA</li> </ul>	Aplicativos con Metaheurísticas factibles y sus respectivas soluciones
Evaluar la calidad de las metaheurísticas propuestas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar el análisis de varianza (ANOVA) de cada uno de los factores de las metaheurísticas y seleccionar el procedimiento más óptimo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).</li> </ul>	Análisis Estadístico en formato SPSS.
Validar la mejor metaheurística a través de su impacto en el Banco de Alimentos de Bogotá.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parametrizar la metaheurística escogida con los datos reales del Banco.</li> <li>- Evaluar la variación porcentual del antes y después de los indicadores propuestos en el QFD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación de Operaciones.</li> <li>- Programación en VBA.</li> <li>- Análisis en Excel.</li> </ul>	<p>Metaheurística ejecutada con los parámetros del Banco.</p> <p>Matriz de variación porcentual de indicadores QFD.</p>

*Tabla 2. Metodología (Elaborado por los Autores)*





## 7. Glosario

VRP (Vehicle Routing Problem): Es un problema complejo de optimización combinatoria, constituye un problema importante de transporte que consiste en determinar el número de vehículos y las rutas que seguirán cada uno de estos vehículos con el fin de distribuir unos productos entre una serie de clientes. (Zúñiga, López, & Lozano, 2016)

Seguridad Alimentaria: Se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

Banco de Alimentos: Los Bancos de alimentos son organizaciones solidarias sin ánimo de lucro, que contribuyen a reducir el hambre y la desnutrición en el mundo, por medio de recepción alimentos excedentarios del sector agropecuario, industrial, comercial, hoteles, restaurantes y/o personas naturales, para su debida distribución entre población en situación de vulnerabilidad. (ABACO, 2016)

Investigación de operaciones: Es una disciplina que consiste en la aplicación de métodos analíticos avanzados con el propósito de apoyar el proceso de toma de decisiones, identificando los mejores cursos de acción posibles. (GEO, 2015)

VBA de Excel (Visual Basic for Applications): Es un lenguaje de programación informática que permite la creación de funciones definidas por el usuario y la automatización de procesos y cálculos informáticos específicos en productos de Microsoft Office. (Investopedia, 2015)

Flota Heterogenea: Se da cuando los diferentes vehículos que conforman la flota difieren en equipamiento, capacidad, antigüedad, estructura de costes y entre otros. (Gómez, 2013)

VRPTW (VRP with Time Windows): Es un modelo VRP el cual plantea que cada cliente tiene que ser atendido de manera obligada dentro de cierto horario o “ventana de tiempo” específico. (Sánchez, 2014)

QFD (Quality Function Deployment): Es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias. (Martín, 2012)

## 8. Tabla de Anexos o Apéndice:

**CRONOGRAMA PROYECTO DE GRADO:** [https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/personal/olga\\_sierra\\_javeriana\\_edu\\_co/\\_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=120f60d874f4044b1ab92c146be4dad8b&authkey=ATyAvQKrvamUQMR5sIkuY1c&e=03fd6dc6c33141995ba9adf9bae3707](https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/personal/olga_sierra_javeriana_edu_co/_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=120f60d874f4044b1ab92c146be4dad8b&authkey=ATyAvQKrvamUQMR5sIkuY1c&e=03fd6dc6c33141995ba9adf9bae3707)

## 9. Referencias

- (n.d.). Retrieved from [https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion\\_lineal/que-es-la-investigacion-de-operaciones/](https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion_lineal/que-es-la-investigacion-de-operaciones/)
- ABACO. (2016, Septiembre 25). ¿Qué es un Banco de Alimentos? Retrieved from LOS BANCOS DE ALIMENTOS EN EL MUNDO: <http://www.abaco.org.co/que-es-un-banco-de-alimentos>
- ABACO. (28 de Agosto de 2017). Asociación de Banco de Alimentos de Colombia. Obtenido de <http://www.abaco.org.co>
- Ataseven, Ç. (2013). ESSAYS ON FOOD BANKS: OPERATIONAL ISSUES AND THE ROLE OF SUPPLY CHAIN INTEGRATION . University of South Carolina . Columbia: ProQuest. Retrieved from <file:///C:/Users/NOHORA/Downloads/BA%20problemas%20operacionales.pdf>
- Banco de Alimentos Bogotá. (2016). Informe de gestión 2016 Juntos contra el hambre. Bogotá DC: ISPA. Retrieved Agosto 28, 2017, from [https://issuu.com/bancoalimentos/docs/informe\\_de\\_gestion\\_2016](https://issuu.com/bancoalimentos/docs/informe_de_gestion_2016)
- Banco de Alimentos de Bogotá . (2017, Septiembre 28). Nosotros. Retrieved from <http://www.bancodealimentos.org.co/nosotros/>
- Bayat, A. A. (2014, Julio 11-13). Parallel universes algorithm: A metaheuristic approach to solve vehicle routing problem. Hefei, China: IEEE Xplore. Retrieved Octubre 31, 2017, from <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/stamp/stamp.jsp?arnumber=6963104>
- Dantzig, G., Pulkerson, D., & Johnson, S. (1958). On Linear programming-combinatorial approach to the traveling salesman problem. Santa Monica: The Rans Corporation. Retrieved Octubre 25, 2017, from <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/606843.pdf>
- Daza, J. M., Montoya, J., & Narducci, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Revista EIA, 23-38. Retrieved Octubre 30, 2017, from <revista.eia.edu.co/index.php/reveia/article/download/218/214>
- El-Sherbeny, N. (2010). Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. Journal of King Saud University, 123-131. Retrieved Octubre 31, 2017, from [https://ac.els-cdn.com/S1018364710000297/1-s2.0-S1018364710000297-main.pdf?\\_tid=5cdd162c-c296-11e7-b36f-00000aab0f01&acdnat=1509933851\\_8bc6dc6bae2ce02ce66cadb7735a3526](https://ac.els-cdn.com/S1018364710000297/1-s2.0-S1018364710000297-main.pdf?_tid=5cdd162c-c296-11e7-b36f-00000aab0f01&acdnat=1509933851_8bc6dc6bae2ce02ce66cadb7735a3526)
- El-Sherbeny, N. A. (2009). Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. El Cairo: King Saud University. Retrieved from [https://ac.els-cdn.com/S1018364710000297/1-s2.0-S1018364710000297-main.pdf?\\_tid=55889d84-a184-11e7-90c0-00000aacb360&acdnat=1506297720\\_0f0f1578716b42de3cef006b4c4dfe4a](https://ac.els-cdn.com/S1018364710000297/1-s2.0-S1018364710000297-main.pdf?_tid=55889d84-a184-11e7-90c0-00000aacb360&acdnat=1506297720_0f0f1578716b42de3cef006b4c4dfe4a) .
- ENSIN. (2010). Bogotá DC: Da Vinci Publicidad y Medios. Retrieved Agosto 28, 2017, from [http://www.osacolombia.gov.co/doc/Documento\\_tecnico\\_situacion133220313.pdf](http://www.osacolombia.gov.co/doc/Documento_tecnico_situacion133220313.pdf)
- Fundación Banco de Alimentos . (2017, Setiembre 11). Banco de alimentos Bogotá. Retrieved from <http://www.bancodealimentos.org.co/nosotros/>
- GEO. (2015). Gestión de operaciones. Retrieved from [https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion\\_lineal/que-es-la-investigacion-de-operaciones/](https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion_lineal/que-es-la-investigacion-de-operaciones/)
- Gómez, J. C. (2013). Problema de optimización de rutas de vehículos con aspectos medioambientales. Sevilla: Universidad de la Sevilla. Retrieved from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70512/fichero/2.-PROBLEMA+DE+OPTIMIZACION+DE+RUTAS+DE+VEHICULOS+CON+FLOTA+HETEROGENEA.pdf>
- Hifi, M., & Wu, L. (2014). A Hybrid Metaheuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. IEEE, 188-194. Retrieved Noviembre 02, 2017, from <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.javeriana.edu.co:2048/stamp/stamp.jsp?arnumber=6996891>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). Introducción a la Investigación de Operaciones. California: Mc Graw Hill. Retrieved from [https://www.academia.edu/5063878/Libro\\_Introduccion\\_a\\_la\\_investigacion\\_de\\_operaciones\\_Frederick\\_S.\\_Hillier](https://www.academia.edu/5063878/Libro_Introduccion_a_la_investigacion_de_operaciones_Frederick_S._Hillier)
- IAS, J. (2016).. UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL HEURÍSTICA BASADA EN COVERING Y GENERACIÓN DE

- COLUMNAS DINÁMICO PARA EL PROBLEMA DE RUTEO DINÁMICO DE VEHÍCULOS CONVENTANAS DE TIEMPO. Santiago: UNIVERSIDAD DE CHILE. Retrieved from [https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/personal/castelblancom\\_javeriana\\_edu\\_co/\\_layouts/15/onedrive.aspx?FolderCTID=0x01200039410CAC360DD24F8EA8E444FE8C3795&id=%2Fpersonal%2Fcastelblancom\\_javeriana\\_edu\\_co%2FDocuments%2FBanco%20de%20Alimentos%2FAng%20C3%20](https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/personal/castelblancom_javeriana_edu_co/_layouts/15/onedrive.aspx?FolderCTID=0x01200039410CAC360DD24F8EA8E444FE8C3795&id=%2Fpersonal%2Fcastelblancom_javeriana_edu_co%2FDocuments%2FBanco%20de%20Alimentos%2FAng%20C3%20)
- Investopedia. (2015). Investopedia. Retrieved from Visual Basic For Applications : <http://www.investopedia.com/terms/v/visual-basic-for-applications-vba.asp>
- J. Lenstra, K. R. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. USA: Networks.
- Juan Gaytán Iniestra, P. E. (2010). Logística humanitaria: planeación y control del producto. Énfasis y Logística México Centroamérica. Retrieved from <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/17787-logistica-humanitaria-planeacion-y-control-del-producto>
- Liu, F., & Shen, S. (1999). The fleet size and mix vehicle routing problem with time. . Journal of the Operational Research Society, 721-732.
- Martín, E. Y. (2012). QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS. Buenos Aires: Universidad del CEMA. Retrieved from <https://www.ucema.edu.ar/publicaciones/documentos/234.pdf>
- Mediorreal, A. F., & Ramirez , M. P. (2014). Modelo de ruteo de vehículos para la distribución de las empresas Laboratorios Veterland, Laboratorios Callbest y Cosméticos Marliou Paris. Bogota , Colombia . Retrieved Septiembre 03, 2017, from <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16579/MediorrealCarrilloAndresFelipe2014.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Documento técnico de la situación en seguridad alimentaria y nutricional (SAN). Bogotá DC: Da Vinci Publicidad y Medios.
- NGRD. (2013). Manual de Logística para la atención de emergencias. Retrieved from [http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Manuales/MANUAL\\_DE\\_LOGISTICA\\_PARA\\_LA\\_ATENCION\\_DE\\_EMERGENCIAS\\_UNGRD.pdf](http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Manuales/MANUAL_DE_LOGISTICA_PARA_LA_ATENCION_DE_EMERGENCIAS_UNGRD.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas. (2015, Septiembre 25). Estadísticas sobre seguridad alimentaria. Retrieved from FAO: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>
- Rincon Garcia , N. (2016). Freight Transport, Routing Software and Time-Dependent Vehicle Routing Models. Londres. Retrieved Noviembre 4, 2017, from <https://eprints.soton.ac.uk/397141/1/FINAL%2520E-THESIS%2520FOR%2520E-PRINTS%252025739344.pdf>
- Rocha Medina , L. B., González La Rota, E. C., & Orjuela Castro, J. A. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. Ingeniería, 16, 35-55. Retrieved Noviembre 01, 2017, from [revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/download/3832/5398](http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/download/3832/5398)
- Sánchez,A. B. (2014). Modelos para un mejor ruteo vehicular. ÉLogística. Retrieved from <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/69225-modelos-un-mejor-ruteo-vehicular>
- Vásquez, D. A. (2015). Aplicación de la Investigación de Operaciones al problema de distribución a una empresa Logística. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4365/1/Riveros\\_vd.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4365/1/Riveros_vd.pdf)
- Yepes , V., & Medina , J. (2002). Opyimización de rutas con flotas heterogéneas y múltiples usos de vehículos VRPHEMSTW. Valencia, España: SEMNI. Retrieved Agosto 23, 2017, from <http://personales.upv.es/vyepesp/21.pdf>
- Zúñiga, J. A., López, A. X., & Lozano, Y. L. (2016). El problema de ruteo de vehículos [VRP] y su aplicación en. Cali: Universidad Santiago de Cali,.
- Smith, J. S. (2003). Survey on the Use of Simulation for Manufacturing System Design and Operation. Journal of Manufacturing Systems, 157-172.