

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño



FACULTAD DE ESTUDIOS EN AMBIENTES VIRTUALES

MAESTRÍA EN GERENCIA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA DE LA  
EMPRESA ALIMENTOS CÁRNICOS - ZENU EN LA ZONA DEL URABÁ  
ANTIOQUEÑO.

AUTOR:

CHARLES ANTONIO CARCAMO TORRENTE

DIRECTOR

LUZ MARIBEL GUEVARA ORTEGA MEng

BOGOTÁ, D.C. JUNIO DE 2019

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Jurado1

---

Jurado 2

Bogotá, D.C., junio de 2019

## **DEDICATORIA**

A mi hija, Fiorella, a la cual mi más profundo deseo, es que siempre dedique su vida a lo que le guste y le apasione, así como yo, que decidí dedicarme a la logística, que ella se dedique a lo que la mantenga alegre y feliz, porque soy un convencido que en la vida lo importante es ser felices con lo que hagamos, sea lo que sea, pero que nos haga felices.

A mi madre, por su apoyo, sacrificio para yo llegar hasta acá, por su fe, su valentía, su trabajo y su ejemplo.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por brindarme la sabiduría y su gracia para lograr entender y culminar con éxito todos los requisitos exigidos para lograr este título, sin Dios nada somos.

A Yesica Doria inspirarme a iniciar esta maestría y muchas cosas más en mi vida.

A la empresa Alimentos cárnicos por su modelo de organización y que sin duda el socialmente responsable, por el tiempo brindado para asistir a clases y realizar los proyectos en cada asignatura, por el apoyo económico y por la confianza y apertura de poder utilizar su información para realizar el presente trabajo y en general toda la maestría.

A Geidy Tovar, mi jefa, por el apoyo brindado para poder cumplir con las exigencias de la universidad.

A mis profesores por sus enseñanzas en cada una de las asignaturas vistas las cuales sin duda aportaron a mi persona para ser mejor ser humano y mejor profesional.

A mi directora de proyecto de grado sin la cual y sin sus consejos recomendaciones no hubiera sido posible culminar este proyecto.

Por último, agradezco a mis compañeros de lucha en esta travesía, gracias por todos los momentos brindados, por de apoyo y por la ayuda en los diferentes momentos vividos en este camino de llegar a la meta de ser Magísteres.

Tabla Contenido

GLOSARIO .....	12
RESUMEN EJECUTIVO .....	14
INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. Planteamiento del problema .....	18
1.2. Objetivos de investigación .....	25
1.2.1. Objetivo general .....	25
1.2.2. Objetivos específicos .....	25
1.3. Justificación del trabajo dirigido .....	25
1.4. Desarrollo metodológico .....	27
2.    CAPÍTULO DOS MARCO DE REFERENCIA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE O RUTEO.....	29
2.1. Elementos de este tipo de problemas .....	30
2.1.1. Los clientes.....	30
2.1.2. Los depósitos o nodos de despacho .....	31
2.1.3. Los vehículos .....	32
2.1.4. Modelos de optimización de rutas de transporte o ruteo.....	32
3.    CAPÍTULO TRES DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA EN LA ZONA DEL URABÁ ANTIOQUEÑO DE LA EMPRESA ALIMENTOS ZENU .....	45

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

3.1.	Descripción de la empresa.....	45
3.1.1.	Misión .....	45
3.1.2.	Visión .....	46
3.2.	Censo de la flota de vehículos de la empresa.....	47
3.3.	Característica de la red de distribución actual en la zona estudiada .....	49
3.4.	Rutas actuales .....	50
3.4.1.	Entrega lunes – jueves.....	51
3.4.2.	Entrega martes – viernes .....	52
3.4.3.	Entrega miércoles – sábado.....	53
3.5.	Demanda de los clientes .....	55
3.6.	Costos logísticos de operar con las rutas actuales.....	59
4.	CAPÍTULO CUATRO FORMULACIÓN DEL MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN.....	62
4.1.	Características del modelo seleccionado.....	62
4.2.	Objetivo del modelo .....	63
4.3.	Formulación del modelo.....	64
4.3.1.	Conjuntos .....	64
4.3.2.	Parámetros.....	64
4.3.3.	Variables de decisión .....	64
4.3.4.	Función objetivo .....	65

# Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

## Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

4.3.5. Restricciones .....	65
4.4. Programación del modelo aplicado a la empresa .....	69
4.4.1. Datos de entrada.....	69
5. CAPÍTULO CINCO RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO A LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA.....	76
5.1. Resultados para los días lunes/jueves .....	76
5.1.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Lunes/jueves .....	81
5.2. Resultados para los días Martes/viernes.....	82
5.2.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Martes/viernes.....	84
5.3. Resultados para los días Miércoles/sábado .....	86
5.3.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Miércoles/sábado .....	89
5.4. Ahorros generados por el modelo vs gastos de implementación .....	91
6. CAPITULO SEIS RECOMENDACIONES.....	93
7. CONCLUSIONES .....	94
8. BIBLIOGRAFÍA .....	96
9. ANEXOS .....	100
9.1. Programación GAMS – lunes/jueves .....	100
9.2. Programación GAMS – martes/viernes.....	108
9.3. Programación GAMS – miércoles/sábado .....	115
9.4. Script de resultados GAMS – lunes/jueves.....	121

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

9.5. Script de resultados GAMS – martes/viernes .....	143
9.6. Script de resultados GAMS – miércoles/sábado .....	164

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**Tabla de ilustraciones**

Ilustración 1. Cedi alimentos cárnicos - Montería .....	21
Ilustración 2. Distancia Montería - Chigorodó .....	23
Ilustración 3. Estructura organizacional.....	46
Ilustración 4. Estructura cadena de suministro .....	46
Ilustración 5 - Vehículo NHR utilizado en la Alimentos Cárnicos - Zenú .....	49
Ilustración 6 - Número de clientes en la zona del Urabá .....	49
Ilustración 7 - Declaración y asignación del inicio de la ventana de tiempo en GAMS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 8 - Declaración y asignación del final de la ventana de tiempo en GAMS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Ilustración 9 - Declaración y asignación de la tabla de demanda en GAMS .....	72
Ilustración 10 - Declaración y asignación del inicio de la ventana de tiempo en GAMS.	73
Ilustración 11 - Declaración y asignación del final de la ventana de tiempo en GAMS ..	73
Ilustración 12 - Declaración y asignación de la capacidad vehicular en GAMS .....	75
Ilustración 11 - Resultados ruta lunes/jueves.....	76
Ilustración 12 - Resultados lunes/jueves - Tiempo de la ruta .....	77
Ilustración 13 - Orden de la ruta optima del vehículo c1 - lunes/jueves.....	78
Ilustración 14 - Ruta optima del día lunes/jueves - vehículo c1 .....	79
Ilustración 15 - Nodos de la ruta optima lunes/jueves c1 .....	79
Ilustración 16 - Ruta optima lunes/jueves - c11 .....	80
Ilustración 17 - Resultados ruta martes/viernes .....	82
Ilustración 18 - Resultados Martes/viernes - Tiempo de la ruta .....	83

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Ilustración 19 - Ruta optima de distribución - martes/viernes - Vehículo c6 .....	84
Ilustración 20 - Resultados rutas miércoles/sábado .....	86
Ilustración 21 - Resultados Martes/viernes - Tiempo de la ruta .....	86
Ilustración 22 - Ruta optima - miércoles/sábado - Vehículo c6.....	88
Ilustración 23 - Ruta optima - miércoles/sábado - Vehículo c11 .....	89

### Lista de tablas

Tabla 1. Tiempos promedio de entrega de pedido en la región del Urabá antioqueño desde CEDI Montería.....	19
Tabla 2. Clientes por poblaciones .....	22
Tabla 3. Tiempos en ruta desde Montería.....	22
Tabla 4 - Tipos de vehículos utilizados en la distribución secundaria por la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú .....	24
Tabla 5 - Característica capacidad por vehículo .....	47
Tabla 6 - Clientes atendidos los lunes/jueves - ruta Mof18 .....	51
Tabla 7 - Clientes atendidos los lunes/jueves - ruta Mof17 .....	52
Tabla 8 - Clientes atendidos los martes/viernes - ruta Mof17 .....	53
Tabla 9 - Clientes atendidos los miércoles/sábado - ruta Mof17 .....	53
Tabla 10 - Horas de entrega exigidas por los clientes.....	54
Tabla 11 - Demanda mensual por cliente.....	56
Tabla 12 - Demanda promedio por pedido .....	58
Tabla 13 - Fletes generados en la semana del 17 al 23 de noviembre del 2018 .....	61
Tabla 14 - Datos de entrada o set de datos para los días lunes/jueves .....	70

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 15 - Datos de entrada o set de datos para los días martes/viernes .....	71
Tabla 16 - Datos de entrada o set de datos para los días miércoles/sábado .....	71
Tabla 17 - Información de los vehículos.....	74
Tabla 18 - Vehículos a utilizar los lunes/jueves .....	77
Tabla 19 - Resultados Vs Situación Actual - Días Lunes/jueves.....	81
Tabla 20 - Ahorros ruta lunes/jueves .....	82
Tabla 21 – Vehículo a utilizar martes/viernes.....	83
Tabla 22 - Resultados vs situación actual - Días Martes/viernes.....	85
Tabla 23 – Ahorros ruta martes/viernes .....	85
Tabla 24 – Vehículos a utilizar miércoles/sábado.....	87
Tabla 25 - Resultados vs situación actual - Días Miércoles/sábado .....	90
Tabla 26 - Costos ruta miércoles/sábado situación actual .....	90
Tabla 27 – Tiempos ruta x vehículo – Días Miércoles/sábado .....	91
Tabla 28 – Ahorros propuesta vs costos de implementación.....	91

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

## GLOSARIO

**Depósito o nodo de despacho:** De acuerdo con (Miño & Villagra, 2012) los depósitos o nodos de despacho se definen como el lugar donde están almacenados los productos y donde comienzan y terminan las rutas de distribución.

**Problema del ruteo de vehículos - VRP:** Para (Gelves, Mora, & Lamos, 2016) el VRP es un método de organización de rutas que tiene como objetivo minimizar los costos de transporte que se presentan en la logística de la cadena de suministro [3]. El VRP consiste en un conjunto de clientes con demandas específicas, un depósito y una flota de vehículos con una capacidad determinada, de forma que se pretende encontrar la ruta que minimice costos y que comience y termine en el depósito.

**Vehículo NHP:** El camión Chevrolet NHR es un vehículo multifuncional que cuenta con el doble de capacidad volumétrica en comparación con su versión en cabina sencilla, así como un espacio para transporte de carga y de 6 pasajeros. Su Motor 2.999 cc cuenta con la mejor combinación entre potencia (104 Hp) y Torque (23.4 Kg.m), asegurando una capacidad de carga de hasta 2,2 toneladas y mejor desempeño en terrenos inclinados, además de mayor agilidad en recorridos planos. Su sistema de emisiones Euro IV, es administrado bajo tecnología EGR y se ajusta al combustible colombiano y optimiza la operación del motor. (Revista Turbo, 2019).

**Vehículo NPR:** El NPR es un camión liviano con un nuevo motor Isuzu 4HK1-TCN de inyección directa Common Rail, que garantiza mayor economía en el consumo de combustible y menor contaminación, gracias a su control electrónico que inyecta con precisión el combustible a una presión extremadamente alta, reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub>. (Chevrolet, 2019).

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**Vehículo NKR:** El modelo NKR mediano, cuenta con un motor de 2.999cc con óptima configuración “torque-potencia”, convirtiéndose en un camión rentable y duradero. Especialista en transporte de materiales de alta densidad, el NKR cuenta con factores de seguridad de más del 30% del peso bruto vehicular que aumentan su tiempo de vida bajo condiciones de carga extrema. Tiene una capacidad de carga de 4 toneladas. (Chevrolet, 2019)

**Vehículo NQR:** El nuevo NQR Reward, es un camión liviano con un nuevo motor Isuzu 4HK1-TCN de inyección directa Common Rail, que garantiza mayor economía en el consumo de combustible y menor contaminación, gracias a su control electrónico que inyecta con precisión el combustible a una presión extremadamente alta, reduciendo la emisión de NO<sub>2</sub> y la contaminación ambiental. Este vehículo tiene una capacidad de carga de 5,695 kg. (Chevrolet, 2019).

**Tiempos de ruta:** Para la empresa Alimentos Cárnicos (empresa estudiada), es el tiempo que transcurre desde el momento que el vehículo sale del depósito o centro de distribución hasta que regresa al mismo punto de salida.

**Flete:** Es el precio que paga el fletador al propietario del medio de transporte o al transportista por el servicio prestado. (Global Negotiator, 2019). Para la empresa Alimentos Cárnicos es el valor pagado a un tercero o empresa de transporte por realizarle una ruta de distribución.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**RESUMEN EJECUTIVO**

Los problemas de optimización de rutas por lo general se plantean en un escenario donde un grupo de clientes que se encuentran dispersos geográficamente son atendidos utilizando una flota de vehículos. Este tipo de problemas cuenta en su mayoría con elementos como depósitos o nodos de despacho, los vehículos y los clientes o usuarios. (Toth & Vigo, 2002) todos estos conjugados dentro de un sistema que es posible optimizar y que, si bien es solo un eslabón dentro de la administración de la cadena de suministros, puede representar un gran punto de mejora y éxito para las empresas que buscan optimizar sus procesos.

Con base en esto, se pretende inicialmente realizar una propuesta de optimización de las rutas de distribución en la zona del Urabá antioqueño para la compañía del grupo empresarial Nutresa, Alimentos Cárnicos – Zenú, que cuente con los elementos suficientes para disminuir los costos de rutas de distribución haciendo énfasis en la disminución de los tiempos de rutas los cuales en la actualidad son muy extensos (16,5 horas en promedio por ruta) y así mejorar el servicio a los clientes y la calidad de vida de los trabajadores que realizan la ejecución de las rutas.

La propuesta consiste estudiar la literatura de los modelos de ruteo de vehículos (VRP) y seleccionar el que mejor se ajuste a las condiciones de la empresa y posteriormente realizar el modelándolo del mismo en un software (GAMS), teniendo en cuenta los parámetros de las rutas y que este arroje como resultado la rutas optimas de distribución.

Los resultados arrojados por la propuesta, muestran una evidente mejoría en los tiempos de recorrido de los vehículos de distribución; asegurando así un proceso más eficiente a partir de la organización del mismos.

Igualmente se recomienda plantear nuevos indicadores para el seguimiento y control de las rutas de distribución, de manera tal que se identifiquen las consideraciones adicionales al modelo

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

de optimización general, que deben ser tenidas en cuenta para asegurar una mejora continua dentro de la cadena de suministros.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo dirigido, las cuales responden coherentemente con los objetivos planteados en las secciones iniciales.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

## **INTRODUCCIÓN**

El sector del consumo masivo de alimentos y el comercio en general está cambiando a pasos acelerados, debido a efectos mundiales tales como la globalización y el cambio en los hábitos de consumo de los clientes, es conlleva a que las cadenas de abastecimientos de las empresas no sean ajenas a estos cambios, por lo que el transporte pasa a ser un eslabón de vital importancia en estas cadenas, pues los clientes y los consumidores están exigiendo respuestas eficientes, por lo que el transporte y la buena gestión del mismo comienza a generar valor a la estrategia de las organizaciones y sus cadenas de abastecimiento.

De acuerdo a lo anterior, la distribución o entrega de pedidos comienza a tomar relevancia cuando se analizan los costos de la misma y es allí donde se comienza a revisar cómo se puede hacer más eficiente. (Anaya, 2015)

Uno de los elementos claves de la distribución de mercancía es el transporte, ya que en este están involucrados tres aspectos básicos de vital importancia para las organizaciones, tales como; la calidad del servicio ofrecido a los clientes, los costos añadidos al producto e inversiones de capital requeridas. (Anaya, 2015)

La distribución de mercancía o entrega de pedidos a clientes debe ser planeada detalle a detalle, teniendo en cuenta la demanda de los clientes, las rutas lógicas y optimas a seguir, así como también los requerimientos individuales de cada cliente, tales como; horarios pactados de entregas, entregas certificada, etc., lo anterior con el único objetivo de minimizar los costos de distribución y transporte y de esta forma contribuir a la rentabilidad de la organización.

En las cadenas de abastecimiento de las organizaciones el problema de ruteo de vehículos cobra gran importancia sobre todo en el eslabón de distribución o entregas de pedidos y transporte secundario. El costo de muchos bienes es directamente proporcional a la forma como este de

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

distribuye, por lo que el optimizar las rutas de distribución o entrega de pedidos puede influir directamente en la reducción de los precios de algunos productos, así como también la optimización de las rutas de distribución influyen directamente en la mejora del servicio al cliente, la calidad de vida de las personas que están realizando las entregas y disminución por supuesto de los costos logísticos. (Odette, 2009)

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera necesario analizar el problema del ruteo de vehículos a través de una propuesta de optimización de las rutas de distribución en la empresa de Alimentos Cárnicos - Zenu en la región del Urabá antioqueño las cuales en la actualidad tienen una duración promedio de 16 horas, por lo que se tiene la necesidad de reducir este tiempo en rutas buscando mejorar el servicio al cliente, la calidad de vida de las personas que realizan las entregas de pedidos y por supuesto aportar a la reducción de gastos de la compañía.

Para la solución de la situación presentada en la empresa se estudiaron diferentes algoritmos asociados a los diferentes conceptos del ruteo de vehículo (VRP) y se tomaron principios de un algoritmo del modelo de ruteo de vehículos con flota heterogénea y con ventanas de tiempos (VRPTW) y (FSRVRP) y con estos principios se diseñó una aplicación en Excel la cual arroja el tipo de vehículo que se debe utilizar para realizar la distribución en las diferentes frecuencias de entrega de pedidos a los clientes de acuerdo a la demanda de los cliente, así como también el orden en que se deben entregar los clientes o la ruta lógica u óptima a seguir para llegar a los clientes, el número de vehículos a utilizar y el tiempo que se empleará en realizar las rutas siguiendo ese orden.

El trabajo dirigido con el que el lector se encontrara está compuesto de la siguiente manera: En el primer capítulo se plantea el problema, se describe la empresa y se presentan los objetivos del trabajo. En el segundo capítulo se muestra un marco conceptual el cual se toma como referencia

científica para la solución de la situación actual de la compañía. En el tercer capítulo se presenta un diagnóstico de la situación actual de la distribución actual en la región del Urabá antioqueño Posteriormente y por último en el cuarto capítulo se explica el modelo matemático seleccionado para la optimización de las rutas estudiadas, en el capítulo cinco se presentan los resultados y se analizan los mismos y por último en el capítulo seis se dan algunas recomendaciones o alternativas para seguir mejorando la situación actual.

### **1.1. Planteamiento del problema**

La zona del Urabá Antioqueño es la región correspondiente a la costa del departamento de Antioquia sobre el mar Caribe, además es una región de confluencia entre el departamento de Córdoba, Choco y Antioquia. La región está conformada por los municipios de Arboletes, San Pedro, Necoclí, Apartado, Carepa, Chigorodó y Turbo, además, tiene un aproximado de 557.963 habitantes, es decir, es una región muy atractiva para las ventas de cualquier empresa de consumo masivo de alimentos.

La distribución secundaria de la compañía Alimentos Cárnicos – Zenú en esta región, por tradición siempre se ha realizado desde el centro de distribución ubicado en la ciudad de Medellín, sin embargo, esta compañía cuenta con un nuevo nodo de despachos ubicado en la ciudad de Montería, Córdoba, el cual inicio operaciones desde el 17 de mayo del año 2017, este nuevo depósito de despachos cuenta con la capacidad para poder realizar la distribución a la región en cuestión, por lo que la compañía tomó la decisión que a partir del mes de octubre del año 2017 realizar la distribución secundaria desde este nuevo CEDI ubicado en la ciudad de Montería, sin embargo esta decisión fue tomada sin realizar ningún estudio de viabilidad, ni mucho menos un diseño óptimo de las rutas de transporte secundario, sino impulsado por las ganas ocupar la capacidad de almacenamiento del nuevo depósito, en ese orden de ideas el presente proyecto

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

pretende realizar un primer estudio de las rutas actuales de distribución hacia los clientes de la región mencionada anteriormente y realizar una optimización de las mismas a través del estudio de diferentes métodos científicos de ruteos dinámicos de vehículos o flotas, el cual nos permita identificar el algoritmo que mejor se adapte a las condiciones presentadas en la compañía en la actualidad, lo anterior con el ánimo de optimizar costos de fletes o transporte, calidad en el servicio prestado a los clientes en las entregas de los pedidos y calidad de vida del personal que realiza dichas entregas, pues en la actualidad los vehículos son despachados en promedio en el horario de las 02:00 A.M y retorna a las 06:00 P.M, es decir, el/los vehículos demoran en promedio 16 horas realizando la entrega de los pedidos, generando 32 horas extras día, lo cual representa un aumento en fletes del 4%, en la tabla número 1 observamos las horas de inicio y finalización de las rutas.

En esta tabla se muestran dos rutas distintas (MOF017 y MOF018), las horas de salida de la respectiva ruta a partir del CEDI ubicado en la ciudad de Montería y la hora de regreso al CEDI luego de atender a todos sus clientes asignados para el recorrido.

*Tabla 1. Tiempos promedio de entrega de pedido en la región del Urabá antioqueño desde CEDI Montería*

TIEMPOS PROMEDIOS DE RUTA		
mes		(Todas) ▼
Etiquetas de fila ▼	SALIDA DE RUTA	RETORNO DE RUTA
MOF017	2:00:35 a. m.	6:33:26 p. m.
MOF018	2:00:37 a. m.	5:54:34 p. m.
<b>Total general</b>	<b>2:00:36 a. m.</b>	<b>6:24:34 p. m.</b>

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Lo anterior además de afectar la calidad de vida de las personas que realizan la distribución, aumenta los costos de nómina por las horas extras generadas y a su vez aumenta los costos de transportes y desmejora el servicio prestado, teniendo en cuenta lo anterior entonces uno de los

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

factores por los que se pretende realizar el presente trabajo dirigido es que se quiere optimizar o mejorar el proceso de distribución secundaria en la zona en cuestión y así encontrar argumentos cuantificables para que respalden la decisión de realizar la distribución al Urabá/Antioqueño desde la ciudad de Montería y de esta forma disminuir costos y mejorar los procesos a través de optimación de rutas de entrega.

Durante el año 2017 en la compañía se desarrolló un proyecto denominado GO TO MARKET, el cual analizaba la compra realizada por cada cliente por periodo de tiempo determinado (mes) y analizaba si con esta compra era rentable ir directamente a entregar el pedido, por lo que estableció un punto de quiebre de pedidos y todos aquellos clientes cuyo pedido estuviera por debajo de este punto no se le enviaba directamente a entregar el pedido y este cliente era entregado para que lo atendiera un distribuidor autorizado. Con lo anterior se reducía la numérica de clientes y por lo tanto la ruta de distribución se hacía más corta reduciendo los tiempos de rutas y por consiguiente los costos logísticos.

También se encuentra en la empresa estudiada proyectos de optimización de rutas a través del cual se realiza la organización del orden de entrega de los pedidos de los clientes en las rutas utilizando un software llamado “Archis” el cual utiliza las coordenadas geográficas de cada cliente que se encuentran en Google maps, es decir, utiliza la geo-referenciación para establecer el orden de entrega de los pedidos midiendo las distancias entre cada cliente y teniendo en cuenta está traza una ruta optima y de esta forma minimizar los recorridos entre los destinos de los pedidos y por consiguiente los tiempos de rutas lo cual es inversamente proporcional a las horas extras y por ende reduciendo los costos logísticos y mejorando la calidad de vida de las personas que realizan las entregas pues tendrán más tiempo para dedicar a sus familias, sin embargo este tipo de procesos

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

de enrutamiento no se han llevado a cabo en la zona del Urabá antioqueño y mucho menos tomando como nodo origen la ciudad de Montería.

En concordancia con lo anterior y debido al aumento de la demanda de los productos de la compañía a lo largo del tiempo, se ha observado que los centros de distribución han quedado disminuidos en su capacidad de almacenamiento y varios de estos se encuentran trabajando por encima de su capacidad, por tal razón la compañía realizó una inversión de \$44 mil millones para la construcción de un nuevo centro de distribución en la ciudad de Montería, el cual observamos en la ilustración número 3.

*Ilustración 1. Cedi alimentos cárnicos - Montería*



Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Este cedi cuenta con capacidad para almacenar 12000 canastas de productos en aproximadamente unas 500 posiciones de almacenamiento, sin embargo, este se encuentra ocupado al 40% de su capacidad, contrario a la situación actual del centro de distribución de Montería ocurría en la ciudad de Medellín, el cual se encontraba almacenando por arriba del 100% de su capacidad, por lo que el negocio cárnico decide atender la zona del Urabá antioqueño desde la ciudad de Montería con el ánimo de aprovechar la capacidad de almacenamiento en esta ciudad y disminuir el almacenamiento en la ciudad de Medellín, sin embargo, para esto no se realizó ningún estudio técnico, solamente se quiso aprovechar la capacidad del nuevo cedi Montería.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Por lo anterior en la actualidad se tiene la siguiente oportunidad:

Se atiende un total de 36 clientes en todos los municipios de la región estudiada. La tabla 2 da muestra de los clientes discriminados por municipio y ruta que los atiende. En adición a ello, para cada municipio se tiene el total de clientes atendidos.

*Tabla 2. Clientes por poblaciones*

NUMERO DE CLIENTES POR POBLACIONES				
Cuenta de N° de cliente	Etiquetas de fila	MOF017	MOF018	Total general
1	Apartadó	17	1	18
	Arboletes	1		1
	Carepa		5	5
	Chigorodó		3	3
	Necoclí	1		1
	San Pedro de Urabá	1		1
	Turbo	7		7
	<b>Total general</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>36</b>

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Sin embargo, atender los anteriores clientes implica que los vehículos inicien sus rutas a horas muy tempranas del día por la distancia en que se encuentran ubicados estos en relación con el nodo origen en la ciudad de Montería. La tabla número 3 nos muestra que las rutas de distribución inician su recorrido desde las 02:00 A.M hasta las 06:30 P.M, es decir, una ruta de distribución en la zona estudiada tiene una duración promedio de 16 horas.

*Tabla 3. Tiempos en ruta desde Montería*

TIEMPOS PROMEDIOS DE RUTA		
mes	(Todas)	
Etiquetas de fila	SALIDA DE RUTA	RETORNO DE RUTA
MOF017	2:00:35 a. m.	6:33:26 p. m.
MOF018	2:00:37 a. m.	5:54:34 p. m.
<b>Total general</b>	<b>2:00:36 a. m.</b>	<b>6:24:34 p. m.</b>



## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Para realizar las entregas de los pedidos en los clientes de la región estudiada se utiliza una flota de vehículos la cual varía en capacidad de carga, es decir, se cuenta con una flota heterogénea.

La tabla 4 describe los pesos promedios aceptados para transporte de acuerdo a la tipología vehicular disponible para la empresa. En la parte izquierda se mencionan los modelos disponibles para transporte y frente a ellos, el peso promedio tipo.

*Tabla 4 - Tipos de vehículos utilizados en la distribución secundaria por la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú*

CAPACIDAD VEHICULAR	
mes (Todas) ▼	
Tipología ▼	Peso Promedio Tipo
NPR	2548
NHR	1065
NQR	2982
<b>Total general</b>	<b>2255</b>

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

De acuerdo con los casos y situaciones expuestas anteriormente podemos afirmar que se observan antecedentes de proyectos en la empresa Alimentos Cárnicos que buscan optimizar rutas de entrega de pedidos (Proyecto GO TO MARKET y Geo-referenciación) con el objetivo de disminuir costos logísticos a través de la disminución de horas extras generadas debido al aumento de la demanda de sus productos en una zona geográfica atendida desde un centro de distribución en la ciudad de Montería, sin embargo “Optimización del sistema de distribución secundaria de la empresa Alimentos Zenú en la zona del Urabá Antioqueño” será el primer estudio que busca optimizar rutas de transporte partiendo del análisis de las rutas de transporte desde la ciudad de Montería.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**1.2. Objetivos de investigación**

**1.2.1. Objetivo general**

Diseñar una propuesta de optimización la distribución secundaria de la empresa alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño.

**1.2.2. Objetivos específicos**

- Construir un marco teórico sobre distribución secundaria que sirva de referencia para la elaboración de la propuesta de optimización para la distribución en la zona del Urabá antioqueño para la empresa Alimentos Zenú.
- Realizar el diagnóstico de la situación actual de distribución secundaria en la zona del Urabá antioqueño de la empresa Alimentos Zenú.
- Elaborar una propuesta de optimización para dar solución al problema de ruteo de vehículos en la empresa Alimentos Zenú en la zona del Urabá antioqueño.
- Implementar la propuesta de optimización de la distribución secundaria en la zona del Urabá antioqueño en la empresa Alimentos Zenú mediante el software GAMS.

**1.3. Justificación del trabajo dirigido**

El presente estudio sirve para realizar una optimización del sistema de distribución secundaria de la empresa Alimentos Zenú en la zona del Urabá Antioqueño, al realizar un estudio de las rutas de transporte secundario y a través de un ruteo dinámico determinar la ruta optima y así generar un ahorro en costos de transporte desde la perspectiva de un problema de ruteo de vehículos con ventana de tiempo (Bräysy & Gendreau, 2005), mejora en el servicio de entrega de pedidos a clientes y mejora en la calidad de vida de las personas que realizan la entrega de los pedidos.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Analizando el estudio desde el punto de vista de los grupos de interés, los resultados del presente trabajo dirigido beneficiaran a; los clientes; cuyos pedidos de los alimentos realizados les llegaran en un menor tiempo, los trabajadores de la compañía encargados de realizar las entregas de los pedidos debido que con la optimización que se realizará el proceso de distribución secundaria demorará menos tiempo lo que se traduce en más descanso para las personas implicadas y mejor calidad de vida, y por último, otro de los beneficiados es la compañía Alimentos Zenú la cual los resultados del estudio le permitirá tomar decisiones que se verán materializadas en ahorros de dinero en el marco del proceso de transporte hacia los clientes.

Este estudio ayuda a resolver un problema real de transporte que tiene la empresa alimentos Zenú, la cual realizaba los despachos a la zona del Urabá desde la ciudad de Medellín y tomo la decisión de realizarlos desde Montería debido que realizó la construcción de un nuevo centro de distribución en esa ciudad, sin embargo, esta decisión no tiene argumentos cuantificables en cuanto a la mejor ruta de transporte o ruta óptima para realizar las entregas de pedidos a la región del Urabá desde esta ciudad y los costos de transporte se han visto elevados debido a lo extensa que es la ruta de distribución, la calidad de vida del personal se está viendo afectada por ser una zona muy alejada e implica muchas horas de trabajo y peor aún el nivel de servicio hacia los clientes se está viendo afectado, por lo que el estudio pretende determinar la ruta óptima para realizar el proceso de entregas partiendo desde el depósito de despachos ubicado en la ciudad de Montería.

Con el estudio se pretende poner en práctica algunos métodos de optimización de rutas o ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (Bräysy & Gendreau, 2005) y ruteo de vehículos de flota heterogénea (Baldacci, Battarra, & Vigo, 2007), así entonces lograr determinar la ruta optima de entrega de pedidos en la región en cuestión.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Por último, por ser un estudio de trabajo dirigido este se limitará netamente a resolver una situación en la empresa estudiada mas no ayudará a crear algún instrumento para recolectar o analizar datos, así como tampoco sugerirá como estudiar más adecuadamente una población.

### **1.4. Desarrollo metodológico**

Para poder desarrollar el presente trabajo dirigido se profundizó en el marco teórico del ruteo de vehículos, para lo cual se realizó una revisión y análisis de la información relevante y de esta forma tener una visión general acerca del estado del arte en el que se encuentra el tema a desarrollar. Para lograr esto se realizó una búsqueda cuidadosa en libros y artículos en revistas indexadas especializadas en el estudio de problemáticas relacionadas con la optimización de la distribución secundaria en empresas de consumo masivo. Lo anterior permitirá comparar los diferentes estudios realizados en los que se incluyen elementos como: Un depósito o nodo de despacho, flota heterogénea limitada y ventanas de tiempos, y así poder identificar también las técnicas que han utilizado los diferentes autores para poder solucionar problemas de este tipo tanto en la industria como en la academia.

Posteriormente, ya en la etapa de diagnóstico se realizó una investigación en la cual se pudieron identificar los datos y la información necesaria de las variables y parámetros que intervienen en el modelo de ruteo de vehículos con un nodo de despacho, flota heterogénea y ventanas de tiempos, teniendo en cuenta la estructura, los procesos y funcionamiento de la empresas Alimentos Cárnicos – Zenú en cuanto a distribución secundaria. Ya con la información obtenida en esta etapa y con la definición del problema en análisis se procedió a diseñar un modelo de ruteo de vehículos que contempló todas las variables descritas en la definición del problema.

Después de lo anterior y ya teniendo claro cuál es el modelo que describe el problema se seleccionó la técnica de solución con un algoritmo metaheurístico, el cual permitió determinar o

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

encontrar la composición y las rutas asignadas a una flota de vehículos heterogéneos destinados a entregar unos pedidos a unos clientes dentro de unos rangos de tiempos o ventanas horarias pre-establecidas, en otras palabras, este algoritmo permitió encontrar los valores de las diferentes variables controlables del sistema para dar solución al problema planteado. El algoritmo propuesto es el resultado de una adaptación que se le realizó a un algoritmo metaheurístico que se ha utilizado anteriormente para resolver problemas de este tipo.

En la última etapa, lo que se hizo fue realizar la programación del modelo en el software GAMS para poder correrlo y a partir de este realizar una comparación de los resultados arrojados por el modelo vs la información identificada en la etapa de diagnóstico de la empresa estudiada.

Teniendo en cuenta lo complejo de la temática a desarrollar y lo difícil que es resolver este tipo de problemas utilizando métodos exactos, en el presente trabajo se presenta un modelo de optimización metaheurístico que busca asignar una ruta óptima a un conjunto de clientes, partiendo de un depósito o nodo de despacho utilizando unos vehículos de diferentes capacidades. El modelo mostrado busca resolver el problema de ruteo de vehículos en empresas de consumo masivo partiendo de un nodo de despacho hacia sus clientes los cuales presentan ventanas horarias preestablecidas.

El modelo determina al mismo tiempo la composición y las rutas asignadas a una flota de vehículos de diferentes capacidades destinados a realizar la distribución, para lo anterior el modelo a través de una matriz compara las distancias entre los diferentes nodos teniendo en cuenta las ventanas de tiempos entre los diferentes nodos, así como también compara las demandas de cada uno de los clientes con la capacidad de la flota destinada.

## **2. CAPÍTULO DOS**

### **MARCO DE REFERENCIA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE O RUTEO**

El problema de distribuir productos desde ciertos depósitos o nodos a sus usuarios finales o clientes juega un papel central en la gestión de cadenas de abastecimientos y estrategias logísticas de grandes empresas y la forma como realizan la planificación de la misma puede significar considerables ahorros. Esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de investigación de operaciones como herramientas que hacen más fácil la planificación, dado que se estima que los costos del transporte y logísticos representan entre el 10% y el 20% del costo final de los bienes.

Teniendo en cuenta lo anterior, en los últimos cuarenta años se ha observado que se han realizado grandes esfuerzos por resolver estos problemas. Por un lado, hacia modelos que incorporen cada vez más características del entorno real, y, por otro lado, en la investigación de algoritmos que permitan solucionar los problemas de modo efectivo. Estos modelos y algoritmos han resultado muy exitosos en los últimos tiempos, gracias a la evolución de varias variables, tales como, los softwares o sistemas informáticos. El crecimiento exponencial que han tenido los computadores, así como su asequibilidad por los bajos costos de los mismos, lo que se ha visto reflejado en una disminución los tiempos de ejecución de los algoritmos. Por otro lado, el desarrollo de los sistemas de información geográfica resulta fundamental para lograr una adecuada interacción de los modelos y algoritmos con los encargados de realizar la planificación.

Actualmente, la falta de una logística formal por parte de las empresas en relación a los métodos de distribución de alimentos, y más aún en cuanto a los alimentos cárnicos, hace necesario

el diseño de mecanismos eficientes que permitan a las empresas transportar sus productos a estas zonas con el fin de satisfacer las necesidades de los habitantes.

Sin embargo, el interés que reviste el área no es puramente práctico. Los Problemas de optimización de rutas son problemas de optimización combinatoria y pertenecen, en su mayoría, a la clase NP-Hard. La motivación académica por resolverlos radica en que no es posible construir algoritmos que en tiempo polinomio resuelvan cualquier instancia del problema (a no ser que  $P = NP$ ). (Olivera, 2004)

## **2.1. Elementos de este tipo de problemas**

Los problemas de optimización de rutas por lo general se plantean en un escenario donde un grupo de clientes que se encuentran dispersos geográficamente son atendidos utilizando una flota de vehículos, teniendo en cuenta lo anterior los elementos que hacen parte de un problema de optimización de rutas o ruteo de vehículos son: Los depósitos o nodos de despacho, los vehículos y los clientes o usuarios. (Toth & Vigo, 2002)

### **2.1.1. Los clientes**

Según (Miño & Villagra, 2012) cada cliente tiene cierta demanda que deberá ser satisfecha por algún vehículo. En muchos casos, la demanda es un bien que ocupa lugar en los vehículos y es usual que un mismo vehículo no pueda satisfacer la demanda de todos los clientes en una misma ruta. Un caso equivalente al anterior ocurre cuando los clientes son proveedores y lo que se desea es recoger la mercadería y transportarla hacia el depósito. También podría ocurrir que la mercadería deba ser transportada a los clientes, pero no esté inicialmente en el depósito, sino distribuida en ciertos sitios proveedores. En este caso, los proveedores deben ser visitados antes que los clientes. En otros casos la demanda no es un bien sino un servicio: el cliente simplemente debe ser visitado por el vehículo. Un mismo vehículo podría, potencialmente, visitar a todos los

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

clientes. En otra variante del problema, cada cliente tiene una ubicación y desea ser transportado hacia otro sitio. Aquí la capacidad del vehículo impone una cota sobre la cantidad de clientes que puede alojar simultáneamente. Es usual que cada cliente deba ser visitado exactamente una vez. Sin embargo, en ciertos casos se acepta que la demanda de un cliente sea satisfecha en momentos diferentes y por vehículos diferentes. Los clientes podrían tener restricciones relativas a su horario de servicio. Usualmente estas restricciones se expresan en forma de intervalos de tiempo (llamados ventanas de tiempo) en los que se puede arribar al cliente.

### **2.1.2. Los depósitos o nodos de despacho**

Los vehículos como los productos a distribuir (si los hubiera) suelen estar almacenados en depósitos o nodos de despacho. Por lo general lo que sucede es que cada ruta comienza y finaliza en un mismo nodo de despacho o depósito, aunque este podría no ser el caso en algunas aplicaciones (por ejemplo, podría ser que el viaje debiera finalizar en el domicilio del conductor del vehículo). (Miño & Villagra, 2012)

En los problemas con múltiples nodos de despacho cada uno de estos tiene diferentes características, por ejemplo, su ubicación y capacidad máxima de producción o almacenamiento. Podría ocurrir que cada depósito tenga una flota de vehículos asignada a priori o que dicha asignación sea parte de lo que se desea determinar.

Los depósitos, al igual que los clientes, podrían tener ventanas de tiempo asociadas. En algunos casos debe considerarse el tiempo necesario para cargar o preparar un vehículo antes de que comience su ruta, o el tiempo invertido en su limpieza al regresar. Incluso, por limitaciones de los propios depósitos, podría querer evitarse que demasiados vehículos estén operando en un mismo depósito a la vez (es decir, la congestión del depósito).

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

### **2.1.3. Los vehículos**

Continuando con el mismo autor del primer y segundo elemento, entonces dice para este tercer elemento, lo siguiente; la capacidad de un vehículo podría tener varias dimensiones, como por ejemplo peso y volumen. Cuando en un mismo problema existen diferentes mercaderías, los vehículos podrían tener compartimentos, de modo que la capacidad del vehículo dependa de la mercadería de que se trate. En general, cada vehículo tiene asociado un costo fijo en el que se incurre al utilizarlo y un costo variable proporcional a la distancia que recorra.

Los problemas en que los atributos (capacidad, costo, etc.) son los mismos para todos los vehículos se denominan de flota homogénea, y, si hay diferencias, de flota heterogénea. La cantidad de vehículos disponibles podría ser un dato de entrada o una variable de decisión. El objetivo más usual suele ser utilizar la menor cantidad de vehículos y minimizar la distancia recorrida ocupa un segundo lugar.

Regulaciones legales podrían imponer restricciones sobre el tiempo máximo que un vehículo puede estar en circulación e incluso prohibir el pasaje de ciertos vehículos por ciertas zonas. En algunos casos se desea que la cantidad de trabajo realizado por los vehículos (usualmente el tiempo de viaje) no sea muy dispar. (Miño & Villagra, 2012)

### **2.1.4. Modelos de optimización de rutas de transporte o ruteo**

El objetivo de esta investigación es la elaboración de una propuesta que nos permita realizar una optimización de las rutas de transporte de distribución, en la parte teórica son muchos los modelos que nos ayudan a resolver este tipo de problema o realizar dicha optimización, a continuación, mostramos algunos de los mismos.

Según (Garza & González, 2004) los problemas de ruteo tienen un impacto relevante en los costos de transporte y el nivel de servicio al cliente y se pueden identificar tres tipos básicos

de problemas de ruteo y son los siguientes: (a) Definir rutas de transporte entre varios orígenes y varios destinos, (b) Encontrar una ruta donde el origen es diferente al destino, (c) Encontrar las rutas a seguir por los vehículos cuando el origen y el destino son los mismos.

Para la situación estudiada y siendo coherentes con los objetivos planeados para el proyecto y el problema de la compañía estudiada, el tipo de problema que se estudiará es el tercero.

#### **2.1.4.1. El problema del agente viajero (TSP)**

La solución a este problema fue planteada en la década de 1950 por Dantzig, Fulkerson y Johnson, más específicamente se concentraron en encontrar la ruta más corta a través de Washington, DC y los 48 estados, lo cual dio origen al problema del agente viajero (TSP). (Dantzig, Fulkerson, & Johnson, 1954)

Según (Garza & González, 2004) este modelo consiste en encontrar la secuencia de puntos a visitar por un viajero comenzando por el origen y terminando en él, minimizando la distancia o tiempo recorrido.

Por otra parte (Espinosa, Sánchez, & Berna, 2016) afirman que este es un problema que consiste básicamente en “un viajero que quiere visitar  $n$  ciudades una y solo una vez cada una, empezando por cualquiera de ellas y regresando al mismo lugar del que partió; suponiendo que conoce la distancia entre cualquier par de ciudades, ¿de qué forma debe hacer el recorrido si pretende minimizar la distancia total?”. Con un planteamiento así no solo se pueden resolver problemas de este tipo, sino también otros del mundo real que puedan formularse como este, como, por ejemplo, en robótica o en la industria automotriz. Por ello, ha sido ampliamente estudiado desde hace varias décadas.

Respecto a lo anterior, se define el conjunto finito de  $n$  ciudades ( $V = \{1,2,3,\dots,n\}$ ) y un conjunto de caminos que unen cada una de las ciudades, donde el camino  $(i,j) \in E$ . Cada par de

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

ciudades pueden estar comunicadas o no y su distancia se define como  $C_{ij}$  ( $C_{ij}$  no necesariamente es igual a  $C_{ji}$ ); además, se usa una variable binaria  $X_{ij}$  que indica si el viajero utiliza el arco de la ciudad  $i$  a la  $j$  en su recorrido solución. Para el modelado matemático, la ciudad de comienzo es irrelevante. A continuación, se presenta el modelo completo del problema. La función objetivo queda expresada de la siguiente manera:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeto a las siguientes restricciones;

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1 \dots n \quad (2)$$

Para garantizar que se llega a cada ciudad exactamente una vez, y

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1 \dots n \quad (3)$$

Para garantizar que se sale de cada ciudad exactamente una vez. Sin embargo, es necesario añadir una restricción que garantice que se está optimizando sobre recorridos, es decir que las soluciones factibles son solo recorridos y no se admiten sub-recorridos. En ese orden de ideas la función objetivo número (1) busca minimizar los recorridos entre los diferentes nodos, por su parte la restricción número (2) asegura que el vehículo llegue a cada nodo una sola vez y la numero (3) asegura que sale de cada punto una sola vez.

**2.1.4.2. El problema de ruteo de vehículos (VRP)**

Según (Daza, Montoya, & Narducc, 2009) el problema de enrutamiento o ruteo de vehículos (VRP, vehicle routing problem) data del año de 1959 y fue introducido por Dantzig y Ramser, quienes describieron una aplicación real de la entrega de gasolina a las estaciones de

servicio y propusieron una formulación matemática. Cinco años después, Clarke y Wright propusieron el primer algoritmo que resultó efectivo para resolverlo, “el popular algoritmo de ahorros”. Y es así como se dio comienzo a grandes investigaciones y trabajos en el área de ruteo de vehículos.

El problema de ruteo de vehículos (VRP, Vehicle Routing Problem) busca minimizar los costos de transporte que se presentan en la logística de la cadena de suministro. El VRP consiste en un conjunto de clientes con demandas específicas, un depósito y una flota de vehículos con una capacidad determinada, de forma que se pretende encontrar la ruta que minimice costos y que comience y termine en el depósito. En este caso, la capacidad y las demandas son factores determinísticos. Sin embargo, un problema de ruteo de vehículos donde todos los parámetros estén dados por sentado no asegura un correcto acercamiento y, por ende, una correcta solución al problema en la vida real. (Gelves, Mora, & Lamos, 2016)

Para solución del problema se plantea el siguiente algoritmo.

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

Sujeto a las siguientes restricciones

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m \quad (5)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(0)} x_{j0} = m \quad (6)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (7)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in S, j \in \Delta^+(i)/S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subset V \setminus \{0\} \quad (9)$$

$$m \geq 1$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$$

Según (Olivera, 2004) la función objetivo (4) es el costo total de la solución, donde  $c_{ij}$  representa el costo de ir del nodo  $i$  al nodo  $j$  mientras que las variables  $x_{ij}$  son binarias (toman el valor de 1 o 0) e indican si el arco  $ij$  es utilizado en la solución, es decir, que la función objetivo lo que busca es minimizar el costos de los arcos utilizados. Las restricciones (5) y (6) indican que  $m$  es la cantidad de vehículos utilizados en la solución y que todos los vehículos que parten del depósito deben regresar. Las restricciones (7) y (8) aseguran que todo cliente es un nodo intermedio de alguna ruta. Finalmente, la restricción (9) actúa como restricción de eliminación de sub-tours y a la vez impone que la demanda total de los clientes visitados por un vehículo no puede superar la capacidad  $C$ .

#### **2.1.4.3. El Problema con Flota Heterogénea (FSMVRP)**

Para (Puenayán, Londoño, Escobar, & Linfati, 2014) este tipo de problemas tienen como objetivo determinar la ruta y el tipo de vehículo a usar con el fin de atender a un conjunto de clientes, sin sobrepasar la capacidad de cada vehículo. Ahora bien, (Dullaert, Janssens, Sörensen, & Vernimmen, 2002) afirman que en las practicas académicas o teóricas de este tipo de problemas (problema de ruteo de vehículos (VRP)) a menudo se suponen que la flota de vehículos es homogénea, sin embargo en las cadenas de abastecimiento reales los vehículos son diferentes en; sus equipos, capacidad de carga, modelos y estructura de costos, es decir, son heterogéneos.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Teniendo en cuenta lo anterior y según (Farahani, Rezapour, & Kardar, 2011) se pueden identificar tres clases de este tipo de problemas y son los siguientes:

**Problema de ruteo de vehículos heterogéneo con flota combinada (VRPHCF):** (Salhi, Wassan, & Hajarat, 1984) consideran el mismo valor para los costos variables, independientemente del tipo de vehículo que realiza cada ruta. En este caso se tiene en cuenta un número infinito de vehículos de cada tipo.

**Problema de ruteo de vehículos heterogéneo con flota variable (VRPHFV):** Para (Osman & Salhi, 1996) a diferentes del caso anterior en este, los costos variables si dependen del tipo de vehículo. Sin embargo, al igual que el caso anterior también se tiene en cuenta el número infinito de vehículos.

**Problema de ruteo de vehículos heterogéneo restringido (VRPHR):** Para este último caso según (Baldacci, Battarra, & Vigo, 2007) aquí se consideran restricciones en el número de vehículos disponibles para cada tipo.

Para tratar o resolver este tipo de problemas se han planteado varios algoritmos, sin embargo el que mostraremos es una aplicación exitosa de (Escobar & Linfati, 2012) los cuales afirman que el siguiente algoritmo tiene como objetivo determinar los depósitos a abrir, los clientes a asignar a cada depósito abierto y las rutas a construir para satisfacer la demanda de los clientes con el mínimo costo global, partiendo de las siguientes premisas o restricciones: i) cada ruta debe comenzar y terminar en el mismo depósito; ii) cada cliente debe ser visitado por una ruta exactamente una vez; iii) la suma de las demandas de los clientes visitados en una ruta no debe exceder la capacidad del vehículo  $Q$ ; iv) la suma de las demandas de los clientes asignados a un depósito no debe exceder su capacidad  $W_i$ ; v) los flujos entre depósitos no son permitidos.

La formulación del siguiente algoritmo utiliza las variables binarias mostradas a continuación:  $y_i = 1$  si el deposito esta abierto;  $f_{ij} = 1$  si el cliente  $j \in J$  es asignado al deposito  $i \in I$  y por ultimo  $x_{ijk} = 1$  si se utiliza el arco desde  $i \in V$  a  $j \in V$  en la ruta asignada al vehículo  $k \in K$ . Por lo que la formulación se muestra de la siguiente manera.

$$\min z = \sum_{i \in I} o_i y_i + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} F x_{ijk} \quad (10)$$

Sujeto a las siguientes restricciones

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in J \quad (11)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in V} D_j x_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ijk} - \sum_{i \in V} x_{ijk} = 0 \quad \forall i \in V, \forall k \in K \quad (13)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (14)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq J, \forall k \in K \quad (15)$$

$$\sum_{u \in J} x_{iuk} + \sum_{u \in V/\{j\}} x_{ijk} \leq 1 + f_{ij} \quad \forall i \in I, \forall k \in J, \forall k \in K \quad (16)$$

$$\sum_{j \in J} d_j f_{ij} \leq W_i y_i \quad \forall i \in I \quad (17)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V, \forall j \in V, \forall k \in K \quad (18)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (19)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in V \quad (20)$$

La función objetivo (10) suma los costos de los depósitos abiertos, los costos de los arcos visitados por las rutas y los costos fijos asociados con el uso de los vehículos. El grupo de restricciones (11) garantiza que cada cliente sea visitado exactamente por una ruta y que solamente tenga un predecesor en la secuencia de la ruta. El grupo de restricciones (12) y (17) son asociadas con las capacidades del depósito y vehículo, respectivamente. Restricciones (13) y (14) aseguran la continuidad de cada ruta y determina que cada una de ellas comience y termine en el mismo depósito. La eliminación de los subtours es satisfecha a través de las restricciones (15). Restricciones (16) especifica que un cliente puede ser asignado a un depósito solamente si existe una ruta que lo une. Finalmente, restricciones (18), (19) y (20) representan las variables binarias usadas en el modelo. (Escobar & Linfati, 2012)

#### **2.1.4.4. El Problema con Ventanas de Tiempo (VRPTW)**

Para (Pérez & Guerrero, 2015) el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW por sus siglas en inglés) es un problema de distribución de productos que tiene como objetivo minimizar los costos de transporte realizando un diseño de rutas que permitan abastecer

un conjunto de clientes dispersos en una zona geográfica desde un nodo de despacho central. Las rutas deben estar diseñadas de tal forma que cada cliente es visitado sólo una vez en un intervalo de tiempo determinado; todas las rutas comienzan y terminan en el nodo de despacho y las demandas totales de todos los puntos de una ruta no deben exceder la capacidad del vehículo. Por su parte (Bräysy & Gendreau, 2005) consideran que este tipo de problemas tiene varios objetivos por ejemplo el de minimizar no sólo el número de vehículos, sino también el tiempo total de viaje o distancia de recorrido total realizado, es decir minimizar el tiempo en ruta.

Ahora bien, en este tipo de problemas se tienen dos clases: Las ventanas de tiempo “blandas”, las cuales según (Calvete, Gale, Oliveros, & Valverde, 2007) admiten la presencia de tiempos de espera y entregas tardías en las instalaciones del cliente, incurriendo en una penalidad en la función objetivo. Y por otro lado las ventanas de tiempo “duras”, que según (Baños, Ortega, Gil, Marquez, & De Toro, 2013) no permiten tiempos de espera ni llegadas tardías.

El planteamiento matemático que se utilizará para la solución de este tipo de problema es el que plantea (Reyes, 2016) en su artículo “Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW”, en el cual según el autor Se define  $K$  tipos de vehículos distintos obtenido por  $n$  vehículos del tipo  $h$  para cada  $h \in H$ . Para cada  $k \in K$ , tenemos  $Q^k$  y  $F^k$  que representan la capacidad y el costo del vehículo  $k$  respectivamente. La fórmula es una particularidad de la formulación VRP y la formulación matemática de FSMVRPTW, se ha tomado de Dell’Amico et al. Por lo tanto, parte del problema de rutas se configura con dos variables:

- Variable  $x_{ij}^k$  que toma el valor de 1 si el arco es atendido por el vehículo  $k$ .
- Variable  $y_i^k$  que toma el valor de 1 si el cliente es atendido por el vehículo  $k$ .

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

En el orden en que se seleccionan a los vehículos se introduce una variable binaria  $z^k$ , que toma el valor de 1 si el vehículo de  $k \in K$  es usado o de lo contrario tomara el valor de 0. Para la administración del tiempo en las ventanas horarias y la duración de las rutas se configuran las siguientes variables:

- Variable  $t_i^k$  que es el mínimo tiempo en que el vehículo k puede llegar a cada nodo  $i \in V$ .
- Variable  $\tau^i$  que indica el mínimo instante de tiempo en que el servicio del cliente puede iniciar.
- Variable  $\pi^k$  que indica el instante en que el vehículo k es usado para iniciar la ruta.

Observar que para cada vehículo k, el tiempo de inicio y fin de la ruta coinciden con las variables  $\pi^k$  y  $t^k_0$ .

El uso de estas variables y la constante grande y positiva M (la que puede configurarse como el  $\max_{i \in N} [b_i + s_i] + \max_{(i,j) \in A} d_{ij}$ ), el problema de FSMVRPTW puede ser formulado como:

$$\text{Min } \sum_{k \in K} (F^k z^k + t_0^k - \pi^k) - \sum_{i \in N} s_i \quad (21)$$

Sujeto a las siguientes restricciones

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1, \quad i \in N \quad (22)$$

$$y_i^k = \sum_{j \in v: (j,i) \in A} x_{ji}^k, \quad i \in N, \quad k \in K \quad (23)$$

$$y_i^k = \sum_{j \in v: (j,i) \in A} x_{ji}^k, \quad i \in N, \quad k \in K \quad (24)$$

$$i \in V \sum q^i y^i \leq Q^k Z^k, \quad k \in K \quad (25)$$

$$\in S \sum_{j \in s} X_{ij}^k \geq y_i^k, s \subseteq N, I \in S, k \in K \quad (26)$$

$$t_j^k \geq T_i + S_i + d_{ij} - M(1 - x_{ij}^k), (j, i) \in A; i \in N, k \in K \quad (27)$$

$$t_j^k \geq \pi^k + d_{0j} - M(1 - x_{0j}^k), j \in N, k \in K \quad (28)$$

$$t_0^k \geq \pi^k, \quad k \in K, \quad (29)$$

$$T_i \geq t^k, \quad i \in N, k \in K \quad (30)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i, i \in N \quad (31)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, (i, j) \in A, k \in K, \quad (32)$$

$$y_i^k \in \{0,1\}, i \in N, k \in K, \quad (33)$$

$$Z^k \in \{0,1\}, \quad k \in K \quad (34)$$

$$t_i^k \geq 0, \quad i \in N \quad (35)$$

$$r_i \Rightarrow 0, i \in N \quad (36)$$

$$\pi^k \Rightarrow 0 \quad k \in K, \quad (37)$$

La restricción (22) propone que cada cliente debe ser visitado por un vehículo exclusivamente, además las restricciones (23) y (24) proponen que si el vehículo  $k$  visita al cliente  $i$ , este debe entrar y salir de dicho nodo. Las inecuaciones (25) del estado de la capacidad, restringe a cada vehículo utilizado de  $k \in K$ , y la inecuación (26) le da requerimiento de conectividad a cada ruta. Las restricciones (27), (30) y (31) definen el instante del tiempo para el servicio de cada cliente  $i$  e impone las restricciones de cada ventana de tiempo. Por otro lado, la restricción (28) define el instante de tiempo en que el vehículo  $k \in K$  inicia esta ruta. Nota, cuando un vehículo  $k$  no es utilizado  $\pi^k$  y  $t_k = 0$  no son restricciones, pero (29) el estado  $t_k = 0 - \pi^k \geq 0$ , y la función objetivo le asignarán valores comunes para una solución óptima.

Este último es el caso de ruteo de vehículos que mejor se adapta para el diseño de la propuesta, el algoritmo a través del cual se planteará la propuesta de optimización de las rutas de distribución de la empresa estudiada en la región del Urabá, ya que este según (Reyes, 2016) incorpora variables tales como peso y volumen de la carga a transportar, el número y capacidad medida en peso y volumen que puede transportar un vehículo, el costo de servicio de transporte por tipo de vehículo, los tiempos de servicios y las ventanas horarias que atienden los clientes, la velocidad promedio y otras, así mismo cumplir con objetivos en conflicto como la minimización del costo, la maximización del uso de la carga contratada y la maximización del número de entregas. Además de lo anterior el presente modelo cumple las siguientes reglas.

- Cada ruta, inicia y termina en el nodo de despacho o centro de distribución.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

- Cada ruta es asignada a un vehículo.
- La demanda total de los clientes de cada ruta no debe exceder a la capacidad del vehículo asignado a dicha ruta.
- Cada cliente es visitado por única vez y el servicio se inicia dentro de su venta horaria.

### **3. CAPÍTULO TRES**

#### **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA EN LA ZONA DEL URABÁ ANTIOQUEÑO DE LA EMPRESA ALIMENTOS ZENU**

El presente capítulo contiene una descripción detallada de la forma como está operando la empresa actualmente en la zona estudiada, es decir, se describirá como está conformada la flota con la que cuenta la empresa, características que se observan en la distribución actual, cual es la conformación de las rutas actuales que tiene la compañía, cuáles son los clientes atendidos, cual es la demanda de cada uno y cual son sus coordenadas geográficas, entre otros detalles de la situación actual.

##### **3.1. Descripción de la empresa**

La compañía donde se realizará el estudio es la empresa Alimentos Cárnicos – Zenú perteneciente al grupo empresarial Nutresa. En esta empresa se desarrollan todas las actividades con el mejor talento humano, innovación sobresaliente y un comportamiento corporativo ejemplar, para seguir entregando al consumidor algunas de las marcas más representativas en el sector de alimentos nacional, desde carnes frescas y productos tradicionales de la culinaria colombiana como: Chicharrones, chorizos, salchichones cervancieros, pasando por vegetales enlatados, hasta llegar a novedosas opciones para alimentar y deleitar a la familia, con productos para celebrar en ocasiones especiales y para facilitar la vida de hoy.

Además, cuenta con una red logística que abastece todo el país la cual cuenta con 17 centros de distribución y 4 plantas de procesos ubicados en las principales ciudades del país.

##### **3.1.1. Misión**

Ser líder de categorías de alimentos que requieran frío con marcas de alta reputación y la mejor relación precio beneficio.

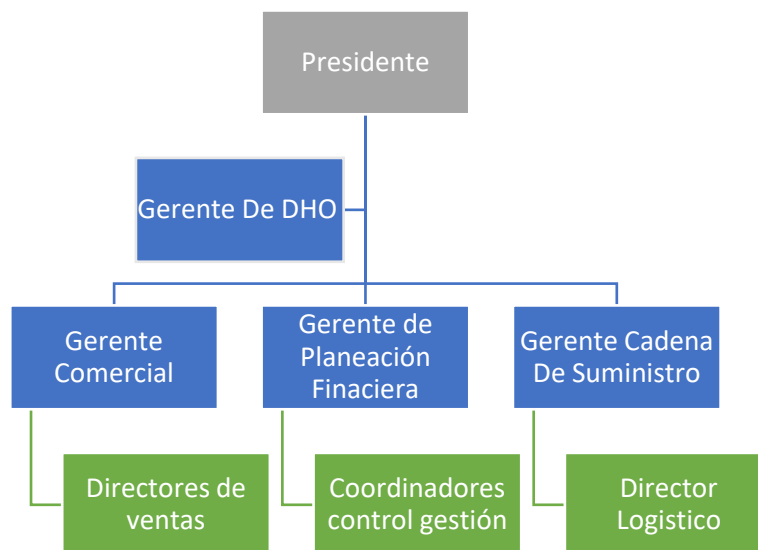
Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**3.1.2. Visión**

La misión de nuestra empresa es la creciente creación de valor, logrando un destacado retorno de las inversiones, superior al costo del capital empleado.

En nuestros negocios de alimentos buscamos siempre mejorar la calidad de vida del consumidor y el progreso de nuestra gente. Buscamos el crecimiento rentable con marcas líderes, servicio superior y una excelente distribución nacional e internacional. Gestionamos nuestras actividades comprometidos con el Desarrollo Sostenible; con el mejor talento humano; innovación sobresaliente y un comportamiento corporativo ejemplar. La estructura de la empresa se compone de la siguiente manera: presidente, vicepresidente de planeación, vicepresidente de cadena de suministro, vicepresidente de ventas y vicepresidente de desarrollo humano y organizacional.

*Ilustración 3. Estructura organizacional*

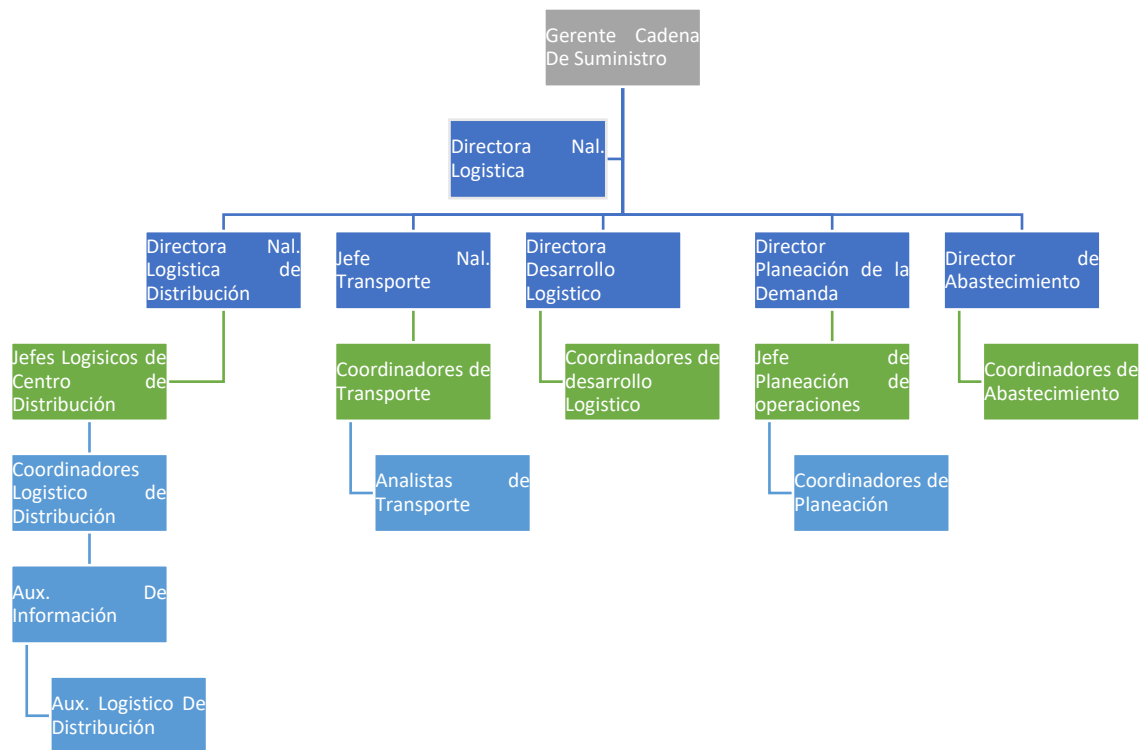


Fuente: Tomado de (Alimentos Cárnicos S.A.S., 2018).

*Ilustración 4. Estructura cadena de suministro*

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño



Fuente: Tomado de (Alimentos Cárnicos S.A.S., 2018).

### 3.2. Censo de la flota de vehículos de la empresa

En la actualidad la compañía cuenta con una flota conformada por 11 vehículos propios, los cuales se describen en la tabla número 5, la cual contiene, el tipo de vehículo, la cantidad de cada tipo, como se identifica cada uno y cuál es la capacidad de carga. Los vehículos relacionados en la tabla 5 corresponden a los modelos mencionados en la tabla 4.

*Tabla 5 - Característica capacidad por vehículo*

Tipo	Vehículos Disponibles	Identificación Placa	Capacidad (Toneladas)
NHR	1	SNY764	1,4
	1	WOW845	0,8
NKR	1	EQP478	1,3
	1	EQP477	1,3

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

	1	EQP536	1,3
	1	TRI587	2,7
NPR	1	TRO0006	2,5
	1	SNZ039	4,1
	2	WOW824 WOW825	- 2,6
NQR	1	EQP227	3,5

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Con esta flota de vehículos la empresa estudiada atiende todas las regiones asignadas al centro de distribución y de acuerdo a la demanda diaria de cada zona así se toma la decisión de cual vehículo enviar a cada región.

La flota con la que cuenta la empresa, es una flota, de vehículos los cuales están diseñados para conservar la cadena de frío, para lo anterior están equipados con un sistema de control de temperatura, el cual consta de un termo o equipo de generación de frío que permiten que el furgón alcance temperatura en un rango que se mueve entre los 0 y 4 grados centígrados, así como también el sistema cuenta con sensores que censan temperatura en los furgones durante el tiempo de recorrido y los cuales permiten realizar el monitoreo de la misma a través de una plataforma llamada “monitoreo inteligente”.

Todos los vehículos se encuentran disponibles los 6 días de la semana (lunes a sábado) que son los días en que la empresa realiza entrega a los clientes.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos  
Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Ilustración 5 - Vehículo NHR utilizado en la Alimentos Cárnicos - Zenú*



Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

La ilustración número 5 muestra un vehículo de tipo NHR con capacidad de carga de 1.4 toneladas, diseñado con la incorporación de un equipo capaz de mantener la cadena de frío en un rango de temperatura entre cero y cuatro grados centígrados, que es el rango de temperatura que exige la norma colombiana para el transporte de alimentos refrigerados.

### **3.3. Característica de la red de distribución actual en la zona estudiada**

La región en la que se realiza el estudio actualmente cuenta con 36 clientes distribuidos en los municipios de la zona estudiada como se describe en la ilustración número 6, la cual contiene; la cantidad de clientes por municipios y la ruta a la que pertenecen cada uno actualmente (MOF17 y/o MOF18).

*Ilustración 6 - Número de clientes en la zona del Urabá*

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

NUMERO DE CLIENTES POR POBLACIONES				
Cuenta de N° de cliente 1	Etiquetas de fila	MOF017	MOF018	Total general
	Apartadó	17	1	18
	Arboletes	1		1
	Carepa		5	5
	Chigorodó		3	3
	Necoclí	1		1
	San Pedro de Urabá	1		1
	Turbo	7		7
	<b>Total general</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>36</b>

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Los clientes son atendidos dos veces por semanas, es decir, tienen doble frecuencia, en ese orden de ideas, los mismos clientes que se entregan el lunes son los mismos que se entregan jueves, los del martes son los mismos del viernes y los del miércoles son los mismos del sábado, estos clientes generan una venta promedio mensual de mil millones de pesos, los cuales representan en promedio 75 toneladas de peso.

#### 3.4. Rutas actuales

En la actualidad la compañía atiende el mercado de la región estudiada con su flota propia de la siguiente manera; los días lunes y jueves con 2 vehículos, el resto de días de la semana, es decir, martes, miércoles, viernes y sábado con un solo vehículo diario, es importante mencionar que los clientes tienen doble frecuencia de entrega de pedidos, es decir, los clientes que se entregan los días lunes son los mismos que se entregan el jueves, los que se entregan los martes son los mismos que se entregan jueves y los de los miércoles los mismos de los sábados, además en el sistema la compañía tiene creada dos rutas las cuales se denotan con códigos para poder diferenciarlas en el sistema en el momento de despachar dos vehículos, como es el caso de los días lunes y jueves; los códigos de las rutas son;

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

- MOF17: Lo cual traduce “Montería foránea # 17”.
- MOF18: Lo cual traduce “Montería foránea # 18”.

A continuación, mostramos los clientes que se atienden en cada una de las rutas, cada día de la semana.

#### 3.4.1. Entrega lunes – jueves

La tabla número 6 describe los clientes que se les realiza entrega los días lunes y jueves con la ruta del código MOF18, así como también describe el canal de distribución al que pertenece y el municipio donde se encuentra ubicado cada uno de estos clientes, la tabla además muestra que en esta ruta se entregan un total de 8 clientes, de los cuales 7 pertenecen al canal independiente y uno es una grande superficie, la tabla también indica que el 50% de los clientes de esta ruta se encuentran ubicados en el municipio de Carepa, el 40% en Chigorodó y el 10% restante en el corregimiento llamado El Reposo.

*Tabla 6 - Clientes atendidos los lunes/jueves - ruta Mof18*

#	Código Ruta	Nombre del cliente	Canal	Municipio
1	MOF018	Consumax Carepa	Independiente	Carepa
2		Consumax Chigorodó	Independiente	Chigorodó
3		Consumax El Reposo	Independiente	El reposo
4		0176 - Éxito Carepa	Grandes C.	Carepa
5		Supermercado Los Ibáñez y Compañía	Independiente	Carepa
6		Consumax Chigorodó El Bosque	Independiente	Chigorodó
7		Consumax Carepa Estadio	Independiente	Carepa

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

8		Supermercado los Ibáñez Chigorodó	Independiente	Chigorodó
---	--	-----------------------------------	---------------	-----------

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

La tabla número 7 realiza la misma descripción que la tabla número 8, pero con los clientes que son entregados en la ruta de código MOF18, En esta tabla se puede observar que se entrega un total de 7 clientes los cuales están ubicados en el municipio de Apartadó.

*Tabla 7 - Clientes atendidos los lunes/jueves - ruta Mof17*

#	Código Ruta	Nombre del cliente	Canal	Municipio
1	MOF017	Consumax López	Independiente	Apartadó
2		Supermercado los Ibáñez y Compañía	Independiente	Apartadó
3		312 olímpica Sao Apartado	Grandes Cadenas	Apartadó
4		Cinelad Apartado	Cine	Apartadó
5		Supermercado Boom S. A	Independiente	Apartadó
6		Consumax la Martina	Independiente	Apartadó
7		Solano Escudero SAS	Distribuidor	Apartadó

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

### 3.4.2. Entrega martes – viernes

La tabla número 8 hace una descripción detallada de los clientes que se entregan los días martes y viernes bajo el código de la ruta MOF17, los cuales son un total de 9, de los cuales 7 son del canal independiente, un distribuidor y una grande cadena, de estos nueve clientes, ocho se encuentran ubicados en el municipio de Apartadó y uno en el municipio de Necoclí.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 8 - Clientes atendidos los martes/viernes - ruta Mof17

#	Código Ruta	Nombre del cliente	Canal	Municipio
1	MOF017	0045-exito apartado	Grandes Cadenas	Apartadó
2		Consumax la Terminal	Independiente	Apartadó
3		Consumax Necoclí	Independiente	Necoclí
4		Consumax Poli carpa	Independiente	Apartadó
5		Supermercado los Ibáñez (poli carpa)	Independiente	Apartadó
6		Consumax obrero	Independiente	Apartadó
7		Supermercado los Ibáñez (obrero)	Independiente	Apartadó
8		Solano Escudero S.A.S	Distribuidor	Apartadó
9		Consumax Vélez	Independiente	Apartadó

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

### 3.4.3. Entrega miércoles – sábado

Por último, la tabla número 9 muestra los clientes que se entregan los días miércoles y sábado, así como también los municipios donde se encuentran ubicados y el canal al cual pertenecen, es importante anotar que estos clientes son entregados bajo el código de ruta MOF17.

Tabla 9 - Clientes atendidos los miércoles/sábado - ruta Mof17

#	Código Ruta	Nombre del cliente	Canal	Municipio
1	MOF017	Consumax currulao	Independiente	Currulao
2		Consumax turbo	Independiente	Turbo
3		0177-Exito turbo	Grandes Cadenas	Turbo
4		Consumax el trapiche	Independiente	Turbo

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

6	Consumax de Urabá san pedro	Independiente	San Pedro
7	supermercado los Ibáñez y compañía	Independiente	Turbo
8	Solano Escudero S.A.S	Distribuidor	Apartado
9	Líder supermercado Orillana	Independiente	Turbo

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

En la actualidad no existe una secuencia lógica para realizar la entrega de pedidos en estos clientes en cada uno de estos días, el orden actual de entrega lo determina el auxiliar de distribución o conductor del vehículo de acuerdo a su conocimiento o experiencia.

Por otra parte, existen cuatro clientes los cuales exigen un horario de entrega específico por sus políticas internas, es decir, manejan lo que técnicamente se conocen como ventanas de tiempos. La tabla 10 muestra los tiempos y las horas de entrega que exigen ciertos clientes para ciertas rutas en específico, además de ello se consolidada el tiempo que demora la entrega (tiempo de descarga) en cada uno de estos clientes.

*Tabla 10 - Horas de entrega exigidas por los clientes*

Nombre Del cliente	Hora de entrega	Tiempo de entrega (Min)
Olímpica sao apartado	06:30 A.M	20
Disprolacteos	08:00 A.M	120
Supermaz tiendas	10:00 A.M	20
Consumax López	08:30 A.M	20

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Consumax Vélez	06:30 A.M	20

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Lo anterior se cumple en un 60% debido que no existe una ruta optima estándar, así como tampoco una secuencia lógica de entrega, sino que la entrega depende de la habilidad, conocimiento y experiencia del auxiliar de distribución (conductor), en el 40% de las entregas se incumple con las exigencias de los clientes, afectando el servicio y por ende indicadores como el de pedido perfecto.

### **3.5. Demanda de los clientes**

A continuación mostramos la demanda promedio en kilogramos que generan los clientes en la región estudiada, los datos mostrados se observan en la tabla número 11 y corresponden a los periodos de tiempo de los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2018, es importante aclarar que no se toman los meses de diciembre y enero del 2019 debido que son meses de temporada en el cual los pedidos aumentan por las festivales de fin e inicio de año, es decir, son periodos de tiempo atípicos los cuales si se tuvieran en cuenta distorsionaran los resultados del estudio a realizar.

En la tabla número 11 se observa la demanda en kg que realiza cada cliente en un mes determinado. Estos valores son tomados a partir de los pedidos de los clientes mes a mes durante 4 meses específicos.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 11 - Demanda mensual por cliente

Nombre solicitante	Mes			
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
0045-Exito apartado	2.633	3.098	2.518	2.468
Consumax de Urabá s/a/s/	1.434	1.437	1.384	909
supermercado los Ibáñez y Cía.	1.827	1.882	1.603	1.294
Consumax de Urabá s/a/s/	1.339	1.382	1.275	925
Consumax de Urabá s/a/s/	1.323	1.118	1.497	905
Consumax de Urabá s/a/s/	1.585	1.846	1.688	1.326
Consumax de Urabá s/a/s/	336	274	654	321
Consumax de Urabá s/a/s/	582	416	535	306
Consumax de Urabá s/a/s/	2.216	1.901	2.133	1.627
0176-Exito Carepa	1.314	1.803	1.338	1.265
0177-Exito Turbo	2.333	2.264	2.089	2.113
Consumax de Urabá s/a/s/	106	124	117	88
Consumax de Urabá s/a/s/	837	763	856	430
Supermercado los Ibáñez y Cía.	959	871	828	557
Consumax de Urabá s/a/s/	493	462	535	362
supermercado los Ibáñez y Cía.	139	125	153	95
312 Olímpica sao apartado	5.895	5.748	5.504	3.560
Cinelad	128	136	150	42
Super Mercado boom s/a/s/	2.825	3.389	2.842	2.083

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Consumax de Urabá s/a/s	895	854	885	627
Consumax de Urabá s/a/s	462	580	717	403
Consumax obrero	149	140	147	85
Consumax de Urabá s/a s	773	830	778	559
Supermercado los Ibáñez y Cía.	95	104	117	86
Supermercado los Ibáñez y Cía.	294	231	336	184
Consumax de Urabá s/a/s/	870	828	698	562
Solano Escudero s/a/s/	47.082	45.420	46.196	37.065
Consumax de Urabá s/a/s/	515	512	530	329
Mana distribuciones e importaciones		75	46	24
Supermercado los Ibáñez & Cía.	143	346	369	179
Mana distribuciones e importaciones	130	261	310	335
Total (kg)	79.712	79.221	78.829	61.113

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

Por su parte la tabla número 12 describe la demanda promedio por orden de pedido transmitida por cada cliente de acuerdo a los datos expresados en la tabla 11. Esta demanda promedio se obtiene de la suma de los pedidos por cliente y su división entre 4 que son el número de periodos a considerar. Además, cabe aclarar que los valores consignados en la tabla 12 corresponden a los kilogramos por pedido unitario. Con estos datos se puede determinar la carga total a despachar por día desde el centro de distribución (CEDI) ubicado en la ciudad de Montería.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 12 - Demanda promedio por pedido

Nombre solicitante	Promedio (Kg)
0045-Exito Apartado	335
Consumax de Urabá s/a/s/	161
Supermercado los Ibáñez y compañía	206
Consumax de Urabá s/a/s/	154
Consumax de Urabá s/a/s/	151
Consumax de Urabá s/a/s/	201
Consumax de Urabá s/a/s/	50
Consumax de Urabá s/a/s/	57
Consumax de Urabá s/a/s/	246
0176-Exito Carepa	179
0177-Exito Turbo	275
Consumax de Urabá s/a/s/	14
Consumax de Urabá s/a/s/	90
Supermercado los Ibáñez y compañía	100
Consumax de Urabá s/a/s/	58
Supermercado los Ibáñez y compañía	16
Olímpica sao apartado	647
Inversiones Rofi s/a/s	14
Supermercado boom s/a	348

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

### Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Consumax de Urabá s/a/s	102
Consumax de Urabá s/a/s	68
Consumax obrero	16
Consumax de Urabá s/a s	92
Supermercado los Ibáñez y compañía	13
Supermercado los Ibáñez y compañía	33
Consumax de Urabá s a s	92
Solano escudero s/a/s	1.831
Consumax de Urabá s/a/s	59
Mana distribuciones e importaciones	5
Supermercado los Ibáñez & Cía.	32
Mana distribuciones e importaciones	32

Fuente: Archivo alimentos cárnicos (2018)

### 3.6. Costos logísticos de operar con las rutas actuales

El costo promedio semanal de operar con las rutas actuales es de 9.8 millones de pesos bajo el rubro fletes, el cual incluye nómina de los auxiliares de distribución o conductores, costos de combustible, viáticos (peajes, alimentación, entre otros), horas extras, seguros, mantenimientos, entre otros gastos, es decir, que en la actualidad los costos mensuales de atender la región estudiada son de aproximadamente \$40 millones de pesos. A continuación se muestra la tabla número 13 la cual contiene con el valor de los fletes generados el periodo de tiempo comprendido entre el 17 al 23 de noviembre del 2018, la cual muestra que durante esta semana se generaron fletes por un valor exacto de \$9.817.167, es importante mencionar que cada vehículo que se despacha tiene una tripulación compuesta por dos personas, los cuales entre sus funciones tiene conducir, realizar la

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos

Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

entrega de los pedidos, generar el cobro del valor del pedido y depositar el dinero en la caja fuerte del vehículo, entre otras funciones.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del  
 Urabá Antioqueño

Tabla 13 - Fletes generados en la semana del 17 al 23 de noviembre del 2018

△	Transporte	G	Ruta	ClTr	PTrp	Tractor	Valor neto	AgServTran	Denomin.suplemento 1	Den.suplem.2	CP	Creado el	Modif.el	Suplem.1	
<input type="checkbox"/>	OO	7426492	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR WOW825	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	17.11.2018	28.11.2018	MON0000040
<input type="checkbox"/>	OO	7426491	7	MOF018	ZT19	ZN04	NHR SNY 764	1.006.619	KSIOC	Chigorodo	NHR OP2	C	17.11.2018	28.11.2018	MON0000041
<input type="checkbox"/>	OO	7426814	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR WOW824	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	19.11.2018	28.11.2018	MON0000040
<input type="checkbox"/>	OO	7427144	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR WOW825	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	20.11.2018	28.11.2018	MON0000040
<input type="checkbox"/>	OO	7427552	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR SNZ 039	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	21.11.2018	28.11.2018	MON0000040
<input type="checkbox"/>	OO	7427551	7	MOF018	ZT19	ZN04	NKR EQP478	1.126.780	KSIOC	Chigorodo	NKR OP2	C	21.11.2018	28.11.2018	MON0000041
<input type="checkbox"/>	OO	7427990	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR WOW825	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	22.11.2018	28.11.2018	MON0000040
<input type="checkbox"/>	OO	7428279	7	MOF017	ZT19	ZN04	NPR WOW824	1.280.628	KSIOC	Apartado	NPR OP2	C	23.11.2018	28.11.2018	MON0000040
	*						9.817.167								

Fuente: Archivo SAP alimentos cárnicos (2018)

#### **4. CAPÍTULO CUATRO**

##### **FORMULACIÓN DEL MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN**

En este capítulo se formula y describe el modelo para la optimización de rutas de distribución en la zona del Urabá antioqueño con el objetivo de disminuir costos de distribución, evidenciados en la disminución de tiempos de rutas y mejora en la calidad de vida de las personas que realizan la operación de entrega de pedidos a los clientes de la zona estudiada. El capítulo se estructura en dos partes: la primera explica toda la modelación matemática, es decir, presenta los elementos técnicos claves para la formulación del modelo; en la segunda parte se desarrolla el modelo utilizando las variables reales de la empresa. Es importante tener en cuenta que para lograr el objetivo de este trabajo dirigido y poder plantear una propuesta de optimización de las rutas estudiadas se tomó como base un modelo estudiado en el marco teórico construido el cual se titula “VRPTW – Problema del ruteo de vehículos con ventanas de tiempos” el cual es el que mejor se adapta a las características de la situación estudiada.

##### **4.1. Características del modelo seleccionado**

El modelo propuesto posee las siguientes características:

- Cuenta con un solo depósito o nodo de despacho.
- Las llegadas o entrega de pedidos se realizarán en los clientes los cuales son 33.
- El alcance del problema se define como altos costos de distribución debido a altos tiempos en rutas.
- La carga que se transportará será medida en (kg) y/o Toneladas.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

- La flota con la que se aplicará el modelo será heterogénea, es decir, utilizaremos de diferentes capacidades de carga.
- Todos los vehículos utilizados salen y regresan del nodo origen o nodo despacho, es decir, comienzan y terminan la ruta en mismo lugar.
- Las paradas realizadas por los vehículos son las que se realizaran en las coordenadas de cada uno de los clientes.

#### **4.2. Objetivo del modelo**

El modelo presentado tiene como objetivo disminuir los costos de las rutas de distribución, teniendo en cuenta la distancia de los clientes, la carga, capacidad de vehículo, velocidad, tiempos de entrega, etc. Maximizando el uso de la carga contratada, así como también, maximizando el número de entregas de pedidos, dando como resultado un modelo que sea económicamente y operativamente sostenible para su aplicación en las áreas de transporte y distribución en las empresas que presenten escenarios de variabilidad de la demanda con comportamientos aleatorios o cíclicos. Según (Reyes, 2016) este tipo de modelos busca determinar la composición y las rutas asignadas a una flota de vehículos heterogéneos destinados a servir a un conjunto dado de clientes dentro de las ventanas horarias establecidas. El problema del enrutamiento nos obliga a diseñar un conjunto de rutas de costo mínimo que originan y terminan en un depósito central y que atienden a clientes con demandas conocidas, dentro de ciertas ventanas de tiempo.

### 4.3. Formulación del modelo

En la etapa de formulación del modelo matemático partimos de un modelo base, el cual se tomó del artículo “Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW” escrito por (Reyes, 2016) el cual contiene las características descritas anteriormente.

#### 4.3.1. Conjuntos

Los conjuntos corresponden a los subíndices utilizados a lo largo de todo el modelo.

*n* Clientes

*v* nodos incluyendo deposito

*K* Vehiculos

#### 4.3.2. Parámetros

Estos parámetros se muestran tipo tabla o se asemejan a matrices en tablas de Excel, los usados en el modelo se muestran a continuación.

$Q^k$  Capacidad del vehículo *k*

$q_i$  Demanda por cada cliente *i*

$D_{ij}$  Distancia entre el cliente *i* al cliente *j* (tiempo)

$S_i$  Tiempo de descargue de la demanda del cliente *i*

$[a_i, b_i]$  ventana de tiempo para la llegada del vehiculo al cliente *i*

#### 4.3.3. Variables de decisión

$X_{ij}^k$  toma el valor de 1 si el arco  $(i, j)$  es atendido por el vehiculo *k*

$Y_i^k$  toma el valor de 1 si el cliente es atendido por el vehiculo *k*

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

**Nota:** En el orden en que se seleccionan a los vehículos se introduce una variable binaria.

*$Z_k$  toma el valor de 1 si el vehículo  $k \in K$  es usado, sino tomará el valor 0*

Para la administración del tiempo de las ventanas de entrega y los tiempos de las rutas se definen las siguientes variables de decisión.

*$t_i^k$  es el mínimo tiempo en que el vehículo  $k$  puede llegar a cada cliente  $i \in V$*

*$T^i$  indica el mínimo instante de tiempo en que el servicio del cliente puede iniciar*

*$\pi^k$  indica el instante en que el vehículo  $k$  es usado para iniciar la ruta*

#### 4.3.4. Función objetivo

El algoritmo que con que se planteara la propuesta de optimización presenta la siguiente función objetivo la cual busca minimizar los tiempos de ruta de distribución y de esta manera disminuir los costos de transporte y mejorar la calidad de vida de las personas que realizan las entregas de pedidos, entendiendo de otra manera se puede decir que la siguiente función objetivo busca maximizar la utilidad.

$$\text{Min} \sum_{k \in K} (t_0^k - \Pi^k) \quad (38)$$

#### 4.3.5. Restricciones

El modelo está sujeto a las siguientes restricciones.

$$k \in K \sum y_i^k = 1, i \in N \quad (39)$$

$$y_i^k = j \in v: (j, i) \in A \sum X_{ji}^k, i \in N, k \in K \quad (40)$$

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

$$y_i^k = j \in v: (j, i) \in A \sum X_{ij}^k, i \in N, k \in K \quad (41)$$

$$i \in V \sum q^i y^i \leq Q^k Z^k, \quad k \in K \quad (42)$$

$$l_{ij}^k \leq l_{ij}^k - q_i + M(1 - x_{ij}^k) \quad \forall i \in N, j \in v, k \in K \quad (43)$$

$$t_j^k \geq T_i + S_i + d_{ij} - M(1 - x_{ij}^k), (j, i) \in A; i \in N, k \in K \quad (44)$$

$$t_j^k \geq \pi^k + d_{0j} - M(1 - x_{0j}^k), \quad j \in N, k \in K \quad (45)$$

$$t_0^k \geq \pi^k, \quad k \in K, \quad (46)$$

$$T_i \geq t^k, \quad i \in N, k \in K \quad (47)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i, i \in N \quad (48)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, (i, j) \in A, k \in K, \quad (49)$$

$$y_i^k \in \{0,1\}, i \in N, k \in K, \quad (50)$$

$$Z^k \in \{0,1\}, \quad k \in K \quad (51)$$

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

$$t_i^k \Rightarrow 0, \quad i \in N \quad (52)$$

$$r_i \Rightarrow 0, i \in N \quad (53)$$

$$\pi^k \Rightarrow 0 \quad k \in K, \quad (54)$$

La ecuación (39) propone y garantiza que cada cliente debe ser visitado una sola vez única y exclusivamente por un vehículo, debido que un solo vehículo es asignado a cada ruta.

Las restricciones (40) y (41) proponen que, si el vehículo  $k$  visita al cliente  $i$ , este debe entrar y salir de dicho nodo, esto, debido que el vehículo debe comenzar y terminar la ruta en el depósito, por lo que debe salir del nodo del cliente  $i$ , en otras palabras, esta restricción asegura que el número de vehículos que visitan un nodo es mismo número de vehículos que salen de dicho nodo.

La restricción (42), en este caso esta inecuación trata el estado de la capacidad, restringe a cada vehículo utilizado de  $k \in K$ , es decir, que cada vehículo no puede exceder su capacidad de carga, lo anterior nos indica que esta restricción asegura que se cumpla la restricción de capacidad de peso de cada vehículo  $k$ . Es decir que la suma de las demandas de los clientes visitados por cierto vehículo no puede ser mayor que su capacidad.

La restricción (43), por otro lado, esta inecuación le da requerimiento de conectividad o empalme a cada ruta. Es decir, esta restricción asegura que el vehículo llegue al cliente  $i$

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

entregue la demanda y salga para el cliente  $j$ . Asegura que no se generen subciclos dentro de la programación del transporte.

La restricción (44) define el instante del tiempo en que el vehículo  $K$  llega al  $j$  después de haber visitado al cliente. Es decir, es variable va acumulando el tiempo de ruta.

La restricción (45) define el instante de tiempo en que el vehículo  $k \in K$  visita a su primer cliente asignado en la ruta.

La restricción (46) nos indica que el tiempo en que el vehículo  $k$  retorna al depósito es mayor al tiempo en que salió del mismo.

La restricción (47) asegura que se puede empezar a servir al cliente  $i$  después de haber llegado a las instalaciones de dicho cliente.

La restricción (48) asegura que el inicio del servicio mencionado en la restricción # 10 se encuentra dentro de la ventana de tiempo pactada con el cliente.

La restricción (49) indica que se toma el valor de 1 si el arco  $(i, j)$  es atendido por el vehículo  $k$  sino toma el valor de cero.

La restricción (50) indica que se toma el valor de 1 si el cliente  $i$  es atendido por el vehículo  $k$  sino toma el valor de cero.

La restricción (51) indica que se toma el valor de 1 si el vehículo  $k$  es utilizado en la ruta.

La restricción (52), (53) y (54) hacen referencia a la no negatividad de las variables de tiempo consideradas en el modelo.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

El anterior modelo matemático de rute de vehículos con ventanas de tiempo costa de una función objetivo y 16 restricciones las cuales buscan minimizar el costo de transporte en las diferentes situaciones que se presenten con características similares.

#### **4.4. Programación del modelo aplicado a la empresa**

Como se mencionó anteriormente la formulación matemática del modelo anterior se realizará en GAMS el cual, según (Mocholí, 2016) es un software desarrollado por A. Brooke, D. Kendrick y A. Meeraus. A diferencia de otros paquetes de software de implementación de algoritmos matemáticos que permiten resolver los problemas de optimización, el programa GAMS presenta la ventaja de plantear un lenguaje de modelización que permite poder escribir en un editor la formulación matemática del problema y posteriormente aplicarle una serie de “solvers” o programas de resolución. Además, permite también trabajar con el mismo lenguaje en otro tipo de plataformas no basadas en Windows como pueden ser UNIX, LINUX, etc. También permite la interrelación con otros lenguajes de programación.

La programación del modelo matemático para la solución del problema planteado se presenta en el apartado de anexos, estableciendo la diferencia por las rutas diarias de distribución.

##### **4.4.1. Datos de entrada**

Los datos mostrados en las tablas 14, 15 y 16, son los datos que se le ingresan al modelo para que corra con los datos reales de la empresa, estas tablas muestran un número o código que es asignado a cada cliente, que comienza en 2 ya que el código 1 es asignado al depósito o nodo de despacho, también se muestra la demanda por pedido de cada cliente y

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

por ultimo las hora de inicio y fin de las ventanas de tiempo pactada con los clientes que aplique.

*Tabla 14 - Datos de entrada o set de datos para los días lunes/jueves*

No	Cliente	Demanda	Inicio	Fin
2	CONSUMAX LOPEZ	179	8:15	8:45
3	SUPERMERCADO LOS IBAÑEZ Y COMPAÑIA S. A	228		
4	312 OLIMPICA SAO APARTADO	737	6:15	6:45
5	CINELAND APARTADO	16		
6	SUPERMAZ TIENDAS	353	9:45	10:15
7	CONSUMAX LA MARTINA	112		
8	DISPROLACTEOS	1962	7:45	8:15
9	CONSUMAX CAREPA	167		
10	CONSUMAX CHIGORODO	198		
11	CONSUMAX EL REPOSO	42		
12	0176-EXITO CAREPA	164		
13	SUPERMERCADO LOS IBAÑEZ CAREPA	120		
14	CONSUMAX CHIGORODO EL BOSQUE	97		
15	CONSUMAX CAREPA ESTADIO	109		
16	SUPERMERCADO LOS IBAÑEZ & CIA S.A.S	18		

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 15 - Datos de entrada o set de datos para los días martes/viernes*

No	Cliente	Demanda	Inicio	Fin
2	DISPROLACTEOS	1962	7:45	8:15
3	0045-EXITO APARTADO	329		
4	CONSUMAX LA TERMINAL	73		
5	CONSUMAX NECOCLI	105		
6	CONSUMAX POLICARPA	62		
7	SUPERMERCADO LOS IBANEZ Y COMPAÑIA S. A	17		
8	CONSUMAX OBRERO	19		
9	SUPERMERCADOS LOS IBANEZ OBRERO	37		
10	CONSUMAX VELEZ	64	6:15	6:45

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 16 - Datos de entrada o set de datos para los días miércoles/sábado*

No	Cliente	Demanda	Inicio	Fin
2	DISPROLACTEOS	1962	7:45	8:15
3	CONSUMAX CURRULAO	165		
4	CONSUMAX TURBO	277		
5	0177-EXITO TURBO	292		

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

6	CONSUMAX RIO GRANDE	13		
7	CONSUMAX SAN PEDRO DE URABA	58		
8	SUPERMERCADO LOS IBAÑEZ Y COMPAÑIA S.A.	12		
9	MANA DISTRIBUCIONES E IMPORTACIONES (LIDER SUPERMERCADO ORILLANA)	21		
10	MANA DISTRIBUCIONES E IMPORTACIONES (LIDER SUPERMERCADO WAFE)	16		

Fuente: Elaboración propia

La ilustración número 9 muestra cómo quedan parametrizados en el software las demandas de cada cliente.

*Ilustración 7 - Declaración y asignación de la tabla de demanda en GAMS*

dem(v) esta es la demanda de cada uno de los nodos

```

/
1      0
2      0.179
3      0.228
4      0.737
5      0.016
6      0.353
7      0.112
8      1.962
9      0.167
10     0.198
11     0.042
12     0.164
13     0.120
14     0.097
15     0.109
16     0.018 /
    
```

Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Así mismo la ilustración número 10 muestra cómo quedan parametrizadas el inicio de las ventanas de tiempo establecidas con los clientes.

*Ilustración 8 - Declaración y asignación del inicio de la ventana de tiempo en GAMS*

```
a(n) este es el inicio de la ventana de tiempo
/
2      8.25
3      6.0
4      6.25
5      6.0
6      9.75
7      6.0
8      7.75
9      6.0
10     6.0
11     6.0
12     6.0
13     6.0
14     6.0
15     6.0
16     6.0 /
```

Fuente: Elaboración propia

Así mismo la ilustración número 11 muestra cómo queda el fin de la ventana de tiempo en cada cliente.

*Ilustración 9 - Declaración y asignación del final de la ventana de tiempo en GAMS*

```
b(n) este es el cierre de la ventana de tiempo
/
2      8.75
3      13.5
4      6.75
5      13.5
6      10.25
7      13.5
8      8.25
9      13.5
10     13.5
11     13.5
12     13.5
13     13.5
14     13.5
15     13.5
16     13.5 /
```

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Fuente: Elaboración propia

Otro de los datos de entrada importante que se le ingresan al modelo son los vehículos y las capacidades de los mismos, esto no los muestra la tabla número 17, en la que se observa todos los datos de los vehículos con los que cuenta la compañía estudiada, a cada vehículo le es asignado un código que va desde c1 hasta c11 y es con este código con el que es identificado cada vehículo en el modelo.

*Tabla 17 - Información de los vehículos*

Código	Tipo	Vehículos Disponibles	Identificación Placa	Capacidad (Toneladas)
c1	NHR	1	SNY764	1,4
c2		1	WOW845	0,8
c3	NKR	1	EQP478	1,3
c4		1	EQP477	1,3
c5		1	EQP536	1,3
c6		1	TRI587	2,7
c7	NPR	1	TRO0006	2,5
c8		1	SNZ039	4,1
c9		1	WOW824	2,6
c10		1	WOW825	2,6
c11	NQR	1	EQP227	3,5

Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

La ilustración numero 12 muestra la programación en GAMS de las capacidades de cada vehículo|.

#### *Ilustración 10 - Declaración y asignación de la capacidad vehicular en GAMS*

```
cap(car) la capacidad de cada vehiculo
/
c1      1.4
c2      0.8
c3      1.3
c4      1.3
c5      1.3
c6      2.7
c7      2.5
c8      4.1
c9      2.6
c10     2.6
c11     3.5 /
```

Fuente: Elaboración propia

El capítulo número cuatro nos mostró todo lo relacionado con el modelo seleccionado y su desarrollo en el software GAMS en el cual se realizó toda la programación del modelo matemático y se corrió empleando un periodo de tiempo de aproximadamente 30 minutos.

## 5. CAPÍTULO CINCO

### RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO A LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA

El presente capítulo presenta los resultados obtenidos después de correr el modelo en el software seleccionado (GAMS) y análisis de los mismos, estos resultados se presentan en tres bloques; es decir, se presentan los resultados obtenidos para la ruta de distribución de los días lunes/jueves, martes/viernes y miércoles/sábado.

#### 5.1. Resultados para los días lunes/jueves

Los resultados obtenidos para los días lunes/jueves se observan en las ilustraciones número 14 y 15.

*Ilustración 11 - Resultados ruta lunes/jueves*

```
General Algebraic Modeling System
Execution

---- 153 VARIABLE x.L

          c1      c11
1 .3      1.000
1 .5              1.000
2 .11     1.000
3 .2      1.000
4 .7              1.000
5 .4              1.000
6 .16     1.000
7 .8              1.000
8 .6              1.000
9 .13     1.000
10.1      1.000
11.12     1.000
12.9      1.000
13.15     1.000
14.10     1.000
15.14     1.000
```

Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Ilustración 12 - Resultados lunes/jueves - Tiempo de la ruta*

```
----- 153 VARIABLE o.L = 20.819 variable a optimizar
```

Fuente: Elaboración propia

Los anteriores resultados se interpretan de la siguiente manera; para realizar la distribución los días lunes y jueves el modelo propone utilizar dos vehículos, los que tienen el código c1 y c11, es decir, los vehículos que se describen en la tabla número 18. Los resultados obtenidos en GAMS, mostrados en la ilustración 14 corresponden a la variable  $x_{ij}$ , donde se sintetiza en cada columna (vehículo), los arcos que serán atendidos por cierto vehículo. De esta manera se conoce que el vehículo c1 visitará en primera instancia al nodo 3, debido a que  $x_{13} = 1$  para el vehículo c1.

*Tabla 18 - Vehículos a utilizar los lunes/jueves*

Código	Tipo	Vehículos	Identificación	Capacidad
		Disponibles	Placa	(Toneladas)
c1	NHR	1	SNY764	1,4
c11	NQR	1	EQP227	3,5

Fuente: Elaboración propia

Con estos dos vehículos se emplearía un tiempo de 20,819 horas en realizar la distribución, es decir, cada vehículo realizaría la entrega de los clientes asignados en 10,4 horas.

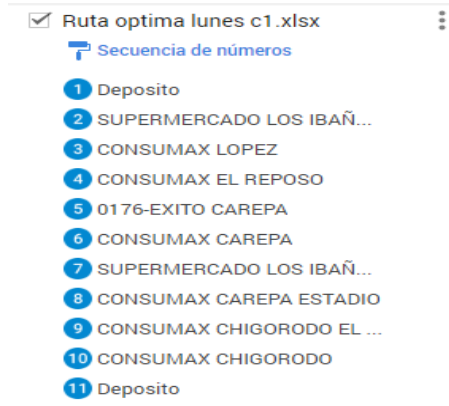
La ruta óptima que debe seguir el vehículo de código c1, es la que se observa en la ilustración número 16, la cual nos dice que el vehículo sale del depósito ubicado en la ciudad

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

de Montería/Córdoba realiza las entregas de los clientes asignados en el orden señalado y regresa nuevamente para terminar la ruta en el depósito, realiza un total de nueve visitas y emplearía un tiempo de 10,4 horas.

*Ilustración 13 - Orden de la ruta optima del vehículo c1 - lunes/jueves*



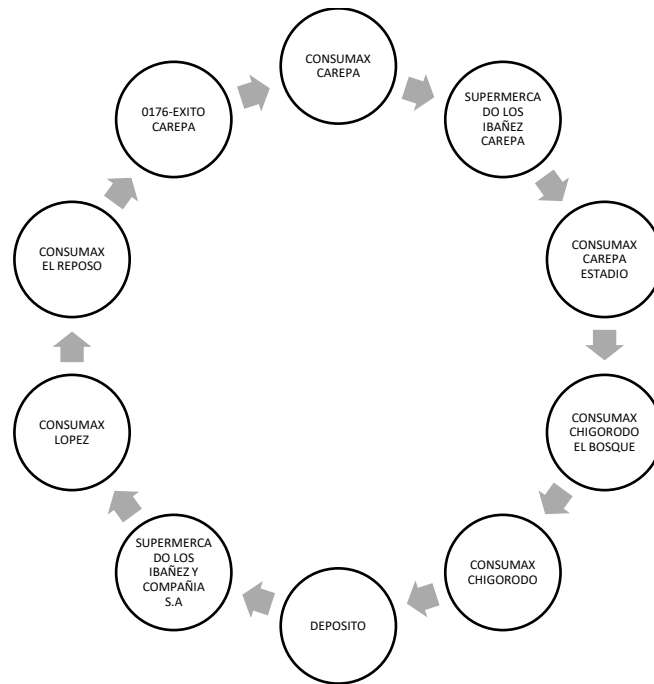
Fuente: My maps Google

Por su parte la ilustración número 17 muestra el ciclo que sigue el vehículo de código c1, para realizar las entregas de los pedidos en los clientes asignados, la ilustración nos muestra que el primer cliente en visitar es “Supermercado los Ibáñez y Compañía S.A” y el último cliente en ser visitado es “Consumax Chigorodo”.

# Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

## Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

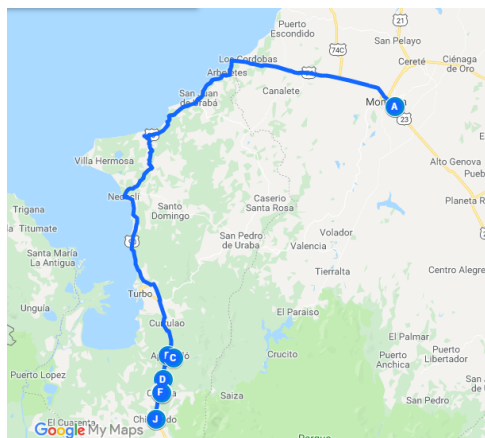
*Ilustración 14 - Ruta optima del día lunes/jueves - vehículo c1*



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la ilustración número 18 muestra cómo se ubican los nodos de la ruta óptima representados en el mapa, esta imagen permite apreciar la distancia que existe entre el depósito y los clientes.

*Ilustración 15 - Nodos de la ruta optima lunes/jueves c1*



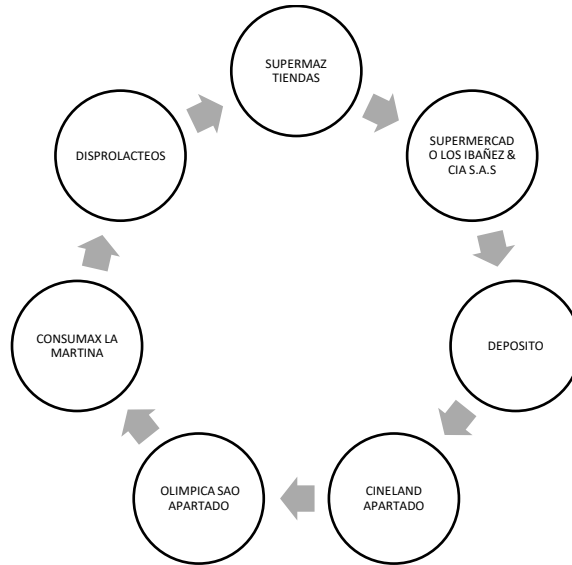
Fuente: My maps Google

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Además, el modelo recomienda para la distribución de los días lunes/jueves utilizar un segundo vehículo, el de código c11, el cual debe seguir la ruta optima que se muestra en la ilustración número 19.

*Ilustración 16 - Ruta optima lunes/jueves - c11*



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración número 19 se observa que el vehículo c11 debe realizar un total de seis visitas, comenzando con la primera en el cliente “Cineland Apartado” y realizando la última visita en el cliente “Supermercado los Ibáñez y Cía.” para posteriormente regresar al depósito, lugar desde donde comenzó la ruta. Por otro lado, el modelo dice que el tiempo empleado por este vehículo para realizar las seis visitas a los clientes asignados es de 10,4 horas.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

#### 5.1.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Lunes/jueves

La tabla número 19 muestra las variaciones presentadas entre la situación actual de la empresa y la propuesta de optimización.

*Tabla 19 - Resultados Vs Situación Actual - Días Lunes/jueves*

Días lunes/jueves			
	Situación	Resultados	%
	Actual	Propuesta	Variación
Vehículos	2	2	0
Tiempo ruta/Vehículo (Horas)	16,50	10,40	-37
Número de clientes	15	15	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se detalla una comparación entre la situación actual de las rutas de entrega los días lunes/jueves y los resultados de la propuesta para estos días, mostrando que, utilizando la misma cantidad de vehículos (dos), se logra reducir en un 37% los tiempos en ruta si se realizan las entregas en el orden arrojado por el modelo por día, es decir, para la entrega de los pedidos de los 15 clientes que se atienden los días lunes/jueves se pasa de emplear un total de 16,5 horas por vehículo a realizar la entrega en 10,4 horas por cada vehículo los días lunes/jueves, a continuación se cuantifica en la tabla número 20 el ahorro generado con la aplicación de los resultados de la propuesta para los días lunes/jueves.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 20 - Ahorros ruta lunes/jueves

	Ahorro Horas Día	Ahorro Horas Semanal	Ahorro Horas Mensual
Numero Horas	24.40	48.8	195.2
\$ Valor En Pesos	\$ 105,213	\$ 210,426	\$ 841,702

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 20 se observa que la propuesta de optimización de las rutas de distribución para los días lunes/jueves, según los resultados arrojados por el modelo generan un ahorro mensual de \$841,702 con 195,2 horas de reducción de tiempos.

**5.2. Resultados para los días Martes/viernes**

Los resultados arrojados por el modelo para los días de distribución los días martes/viernes se observan en la ilustración número 20 y 21.

Ilustración 17 - Resultados ruta martes/viernes

```

General Algebraic Modeling System
Execution

---- 123 VARIABLE x.L

          c6
1 .10    1.000
2 .8     1.000
3 .4     1.000
4 .5     1.000
5 .1     1.000
6 .3     1.000
7 .6     1.000
8 .7     1.000
9 .2     1.000
10.9    1.000
    
```

Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

#### *Ilustración 18 - Resultados Martes/viernes - Tiempo de la ruta*

---- 123 VARIABLE o.L = 12.860 variable a optimizar  
---- 123 VARIABLE y.L

Fuente: Elaboración propia

La ilustración número 20 se puede observar que el modelo recomienda utilizar el vehículo de código c6 cuya información se encuentra en la tabla número 21.

*Tabla 21 – Vehículo a utilizar martes/viernes*

Código	Tipo	Vehículos Disponibles	Identificación Placa	Capacidad (Toneladas)
c6	NKR	1	TRI587	2.7

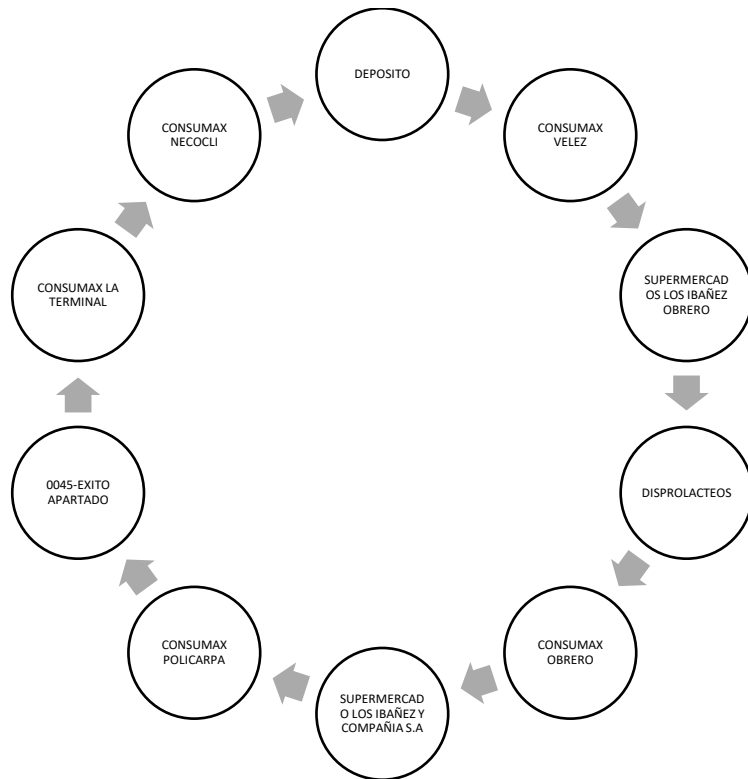
Fuente: Elaboración propia

Así mismo la ilustración número 20 muestra la ruta óptima que debe seguir el vehículo c6 la cual se detalla a continuación en la ilustración número 22, la cual observa que la primera visita asignada es el cliente “Consumax Vélez” y la última “Consumax Necoclí”.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Ilustración 19 - Ruta optima de distribución - martes/viernes - Vehículo c6*



Fuente: Elaboración propia

Por su parte en la ilustración número 21 se puede observar que el tiempo que el modelo arroja para realizar la ruta óptima de distribución mostrada en la ilustración número 22 es de 12,8 horas, es decir, 3,7 horas menos que lo que se emplea en la situación actual (16,5 horas en promedio).

#### **5.2.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Martes/viernes**

La tabla número 22 muestra una comparación entre los resultados arrojados por el modelo para la ruta de distribución de los días martes/viernes vs la situación actual de la empresa.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Tabla 22 - Resultados vs situación actual - Días Martes/viernes*

Días Martes/viernes			
	Situación Actual	Resultados Propuesta	% Variación
Vehículos	1	1	0
Tiempo ruta/Vehículo (Horas)	16,50	12,8	-28
Número de clientes	9	9	0

Fuente: Elaboración propia

La tabla número 22 muestra que utilizando la misma cantidad de vehículos y atendiendo el mismo número de clientes en la ruta de distribución de los días martes/viernes, el modelo propuesto logra disminuir el tiempo de la ruta en un 28%, pasando de un tiempo actual de 16,5 horas en promedio a 12,8, es decir, 3,7 horas menos por ruta cada día.

A continuación, en la tabla número 23 se puede observar el ahorro generado por el modelo para la distribución de los días en cuestión.

*Tabla 23 – Ahorros ruta martes/viernes*

	Ahorro Horas Día	Ahorro Horas Semanal	Ahorro Horas Mensual
Numero Horas	7,4	14,8	59,2
\$ Valor En Pesos	\$31,908	\$63,817	\$255,270

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que el ahorro mensual para la ruta de distribución de los días martes/viernes es de \$255,270 generados por una reducción de 59,2

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

horas como resultado de la aplicación del modelo propuesto para la optimización de las rutas, atendiendo el mismo número de clientes y utilizando la misma cantidad de vehículos.

#### 5.3. Resultados para los días Miércoles/sábado

Los resultados arrojados por el modelo de optimización para los días de distribución miércoles/sábado se pueden observar las ilustraciones número 23 y 24.

*Ilustración 20 - Resultados rutas miércoles/sábado*

```
General Algebraic Modeling System
Execution

---- 123 VARIABLE x.L

          c6      c11
1 .3      1.000
1 .9              1.000
2 .8      1.000
3 .2      1.000
4 .1      1.000
5 .10             1.000
6 .4      1.000
7 .1              1.000
8 .6      1.000
9 .5              1.000
10.7             1.000
```

Fuente: Elaboración propia

*Ilustración 21 - Resultados Martes/viernes - Tiempo de la ruta*

```
---- 123 VARIABLE o.L = 20.300 variable a optimizar

---- 123 VARIABLE y.L
```

Fuente: Elaboración propia

La ilustración número 23 muestra que para los días en mención se deben utilizar dos vehículos, los de código c6 y c11 cuya información se observa en la tabla número 24.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Tabla 24 – Vehículos a utilizar miércoles/sábado

Código	Tipo	Vehículos Disponibles	Identificación Placa	Capacidad (Toneladas)
c6	NKR	1	TRI587	2.7
c11	NQR	1	EQP227	3.5

Fuente: Elaboración propia

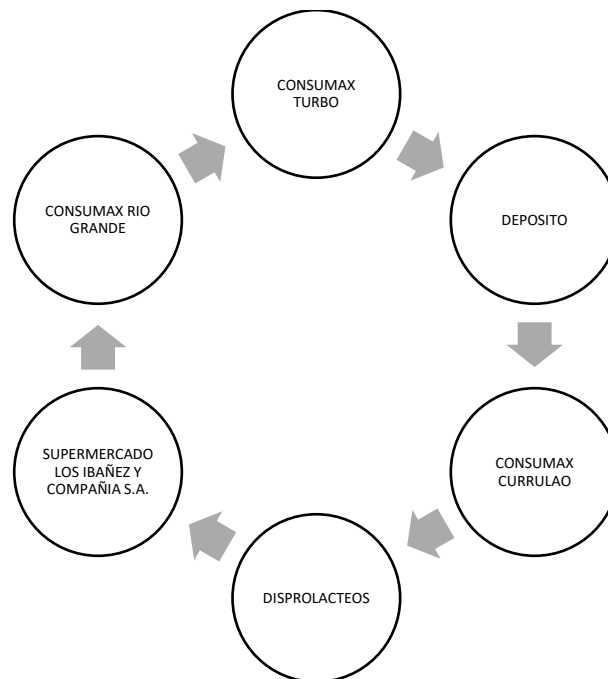
Con estos dos vehículos se emplearía un tiempo de 20,30 horas en realizar la distribución, es decir, cada vehículo realizaría la entrega de los clientes asignados en 10,15 horas.

La ruta óptima que debe seguir el vehículo de código c6, es la que se observa en la ilustración número 25, la cual nos dice que el vehículo sale del depósito ubicado en la ciudad de Montería/Córdoba realiza las entregas de los clientes asignados en el orden señalado y regresa nuevamente para terminar la ruta en el depósito, realiza un total de cinco visitas y emplearía un tiempo de 10,15 horas.

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Ilustración 22 - Ruta optima - miércoles/sábado - Vehículo c6*



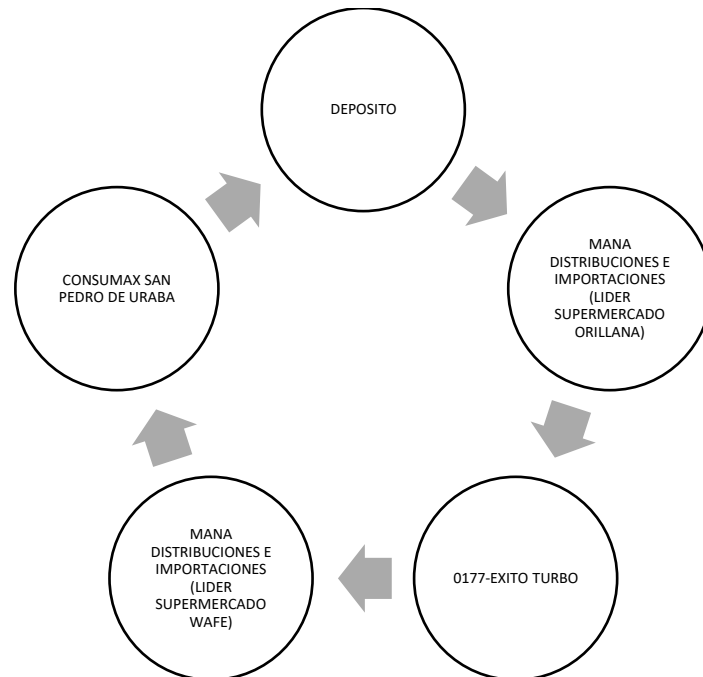
Fuente: Elaboración propia

El segundo vehículo utilizado para realizar las rutas de distribución los días miércoles/sábado es el código c11 el cual tiene asignado los siguientes clientes en el siguiente orden. (Ver ilustración número 26).

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Ilustración 23 - Ruta optima - miércoles/sábado - Vehículo c11*



Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por el modelo estos dos vehículos emplearían un tiempo de 20,30 horas en atender todos los clientes asignados, es decir, las rutas pasarían de un tiempo de 16,5 horas con un vehículo a realizarse con dos vehículos con un tiempo de 10,15 horas cada uno.

#### **5.3.1. Situación actual vs resultados propuesta – Días Miércoles/sábado**

La tabla número 25 muestra una comparación entre los resultados arrojados por el modelo para la ruta de distribución de los días miércoles/sábado vs la situación actual de la empresa.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

*Tabla 25 - Resultados vs situación actual - Días Miércoles/sábado*

Días Miércoles/sábado			
	Situación Actual	Resultados Propuesta	% Variación
Vehículos	1	2	100
Tiempo ruta/Vehículo (Horas)	16,50	10,15 cada uno	-38
Número de clientes	9	9	0

Fuente: Elaboración propia

Para los días miércoles/sábado el modelo reduce los tiempos en ruta en 38% por vehículo pasando de 16,5 horas por vehículo a 10,15, sin embargo, este ahorro no es tan real debido que el modelo propone pasar de 1 vehículo para realizar las entregas de pedidos como se realiza en la actualidad a realizar las entregas con dos vehículos. Este vehículo adicional generaría dos fletes semanales los cuales tienen un valor de \$1.280.618 c/u. En la tabla número 26 se observa los cambios en los costos generados por los resultados generados por el modelo para los días miércoles/sábado.

*Tabla 26 - Costos ruta miércoles/sábado situación actual*

	Situación actual	Propuesta	% Variación
Valor flete x día	\$1,280,628	\$ 2,561,256	50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que la implementación del modelo para los días de distribución miércoles/sábado generaría un aumento en gastos del 50%, pasando de un gasto en fletes de 1,2 millones a 2,5 millones por día de distribución atendiendo nueve

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

clientes, sin embargo, la incorporación de este vehículo adicional generaría unos tiempos en ruta de 10,15 horas por vehículo lo cual es 6,35 horas menos que lo demora actualmente el vehículo.

*Tabla 27 – Tiempos ruta x vehículo – Días Miércoles/sábado*

	Ahorro Horas Día	Ahorro Horas Semanal	Ahorro Horas Mensual
Numero Horas	6,35	12,70	25,4
\$ Valor En Pesos	\$27,381	\$54,762	\$219,050

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4. Ahorros generados por el modelo vs gastos de implementación**

La tabla número 28 detalla los ahorros totales de la propuesta vs los costos de implementación.

*Tabla 28 – Ahorros propuesta vs costos de implementación*

	Ahorros Propuesta (Mes)	Costo Implementación (Mes)
Ruta Lunes/jueves	\$ 841.702	\$ -
Ruta Martes/viernes	\$ 255.270	\$ -
Ruta Miércoles/sábado	\$ 219.050	\$ 5.122.512
	\$ 1.316.022	\$ 5.122.512

Fuente: Elaboración propia

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

La tabla anterior detalla que para implementar la propuesta se debe incurrir en un costo de \$5.122.512 pues el modelo sugiere que para las rutas de distribución de los días miércoles/sábado se adicione un vehículo adicional por día para así lograr reducir el tiempo en ruta en 6,25 horas.

Los resultados anteriores indican que desde el punto de vista de mejora en los tiempos de las rutas de distribución en la compañía y zona estudiada es factible la implementación del modelo, sin embargo, desde el punto de vista financiero para las frecuencias de entrega miércoles/sábado los costos en que se debe incurrir para mejorar los tiempos estos días específicos es mayor que los ahorros que se esperan, aunque los tiempos de ruta para estos días se mejorarían en un 38%.

## **6. CAPITULO SEIS**

### **RECOMENDACIONES**

A partir de los resultados obtenidos por la implementación del modelo de optimización escogido, se recomienda en este capítulo a la parte interesada (empresa), considerar y analizar las rutas de distribución propuestas en el apartado anterior. Estas rutas se han elaborado a partir de la consolidación de las variables principales dentro de un modelo de optimización de ruteo de vehículos heterogéneos con ventanas de tiempo.

Estas rutas consolidan lo que puede ser una mejora sustancial en los tiempos de recorrido de los vehículos distribuidores sin descuidar el cumplimiento de visita a todos los clientes y asegurando la factibilidad de las mismas de acuerdo a las restricciones de horarios de entregas en los mismos.

Igualmente se recomienda iniciar un proceso de mejora continua que permita adelantar estudios y desarrollar los ajustes necesarios al modelo de optimización con el fin de que este sea lo más insesgado posible a la realidad interna y externa de la organización; mejorando la calidad del servicio de entrega y aminorando costos de transporte o flete, además de contribuir a la mejora de la calidad de vida de los conductores y auxiliares en el proceso de distribución.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos de la investigación, se puede concebir de que se alcanzaron las metas propuestas durante la definición del problema; se llevaron a cabo procesos de consulta, definición y desarrollo de estrategias para la optimización de la distribución secundaria de la empresa alimentos cárnicos - Zenú en la zona del Urabá antioqueño.

Las siguientes son las conclusiones generadas a partir del desarrollo del presente trabajo dirigido realizado en la empresa Alimentos cárnicos – Zenú.

- Inicialmente se elaboró un marco referencial con el cual se pudo definir un problema de investigación robusto. En esta instancia se encontró que existen en la literatura, diversos algoritmos que se pueden emplear para la optimización de rutas de distribución o ruteo de vehículos los cuales han sido planteados por diversos autores. Entre estos algoritmos se encontraron: el problema del agente viajero (TSP), el problema de ruteo de vehículos (VRP), el problema con flota heterogénea (FSMVRP), el problema con ventanas de tiempo (VRPTW). A partir de esta revisión de literatura se escogió el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y flota heterogénea para hacer la modelación y propuesta de mejora en la compañía.
- Se consolidó la información de la compañía con el fin del conocer y concertar las condiciones actuales de la compañía, se definió que en la actualidad se cuenta con una flota de vehículos compuesta por 11 camiones de tipo, NHK, NKR, NPR y NQR, con esta flota atiende todo el territorio asignado realizando los despachos a sus clientes desde el depósito ubicado en la ciudad de Montería. Cada uno de los modelos de vehículos que componen la flota cuenta con ciertas características de peso

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

aceptable, lo cual aumenta la complejidad del problema estudiado. La zona estudiada cuenta con 33 clientes, a los cuales atiende en doble frecuencia semanal, es decir, los mismos clientes que atiende el día lunes son los mismos que visita el jueves, los del martes son los mismos del viernes y los del miércoles los mismos del sábado. En otras palabras, cada de distribución se realiza dos veces a la semana y cada uno de los clientes cuenta con horarios acordados para la llegada de los vehículos de distribución y entrega de los productos.

- En la actualidad las rutas de distribución emplean un tiempo promedio de 16,5 horas en realizar todas las visitas a los clientes asignados, esto reflejó un claro problema dentro de la organización, debido a que la carga laboral de los conductores y auxiliares logísticos está extralimitada, por encima del doble de la duración de una jornada laboral legal vigente.
- Con base en el problema identificado y en el marco teórico e investigativo, se plantea realizar la optimización de las rutas de distribución de la zona del Urabá Antioqueño, a través de la aplicación de un algoritmo de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo, el cual se titula “VRPTW – Problema del ruteo de vehículos con ventanas de tiempos”, pues es el que mejor se adapta a las condiciones de la compañía estudiada, dicho algoritmo se modeló en un software llamado GAMS el cual dio como resultados las rutas optimas que deben seguir los conductores de los vehículos los días lunes/jueves, martes/viernes y miércoles/sábado y que muestran un disminución del 37%, 28%, 38% respectivamente en los tiempos de las rutas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Anaya, J. (2015). El transporte de mercancías: Enfoque logístico de la distribución. Madrid: ESIC .

Baldacci, R., Battarra, M., & Vigo, D. (2007). Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles. *Technical Report DEIS OR.INGCE*, 1-24.

Baños, R., Ortega, J., Gil, C., Marquez, A., & De Toro, F. (2013). A hybrid meta-heuristic for multi-objective vehicle routing problems with time windows. *Computers & Industrial Engineering*, 286-296.

Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part II: Metaheuristics. *TRANSPORTATION SCIENCE*, 119–139.

Calvete, H., Gale, C., Oliveros, M., & Valverde, B. (2007). A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal of Operational Research*, 1720–1733.

Chevrolet. (02 de Abril de 2019). *autolarte.com.co*. Obtenido de *autolarte.com.co*: <https://www.autolarte.com.co/camiones-chevrolet-nkr-medio-reward-euro-iv>

Chevrolet. (01 de Abril de 2019). *ayuramotor.com*. Obtenido de *ayuramotor.com*: <http://ayuramotor.com.co/nqr-euro-iv-abs/vehiculos-31.html>

Chevrolet. (01 de Abril de 2019). *dieselandino*. Obtenido de *dieselandino*: <https://www.dieselandino.com/camiones-chevrolet/camion-npr-de-4-7-toneladas/>

Dantzig, G. B., Fulkerson, D. R., & Johnson, S. M. (1954). Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman. *the Operations Research Society of America*, 393–410.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Daza, J., Montoya, J., & Narducc, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. *EIA*, 23-38.

Dullaert, W., Janssens, G., Sörensen, K., & Vernimmen, B. (2002). New heuristics for the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Journal of the Operational Research Society*, 1232–1238.

Escobar, J., & Linfati, R. (2012). Un algoritmo metaheurístico basado en recocido simulado con espacio de búsqueda granular para el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 139-150.

Espinosa, E., Sánchez, O., & Berna, J. (2016). Problema del agente viajero. *Ingeciencia*, 57-65.

Farahani, R., Rezapour, S., & Kardar, L. (2011). *Logistics Operations and Management*. Singapore: Elsevier.

Garza, R., & González, C. (2004). MEROUTE: UN MÉTODO MULTIATRIBUTO PARA EL RUTEO DE VEHÍCULOS . *REVISTA INVESTIGACIÓN OPERACIONAL* , 1-9.

Gelves, N., Mora, R., & Lamos, H. (2016). Solución del problema de ruteo de vehículos con demandas estocásticas mediante la optimización por espiral. *facultad de ingeniería (fac. Ing.) vol 25*, 7-19.

Global Negotiator. (02 de Abril de 2019). *globalnegotiator.com*. Obtenido de [globalnegotiator.com: https://www.globalnegotiator.com/comercio-internacional/diccionario/flete/](https://www.globalnegotiator.com/comercio-internacional/diccionario/flete/)

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Miño, R., & Villagra, A. (2012). Algoritmos Multirecombinativos aplicados al Problema de Ruteo de Vehículos. *UNPA – UACO*, 30-48.

Mocholí, M. (01 de Enero de 2016). *uv.es/mmocholi*. Obtenido de *uv.es/mmocholi*: <https://www.uv.es/mmocholi/CGyF/APUNTES-GAMS-CGYF.pdf>

Odetto. (2009). *Técnicas para la Optimización de rutas de transporte y distribución*. Madrid: Brain Trust Consulting Services.

Olivera, A. (2004). Heurísticas para Problemas de ruteo de vehículos. *Universidad de la República, Montevideo, Uruguay*, 1-49.

Osman, I., & Salhi, S. (1996). Local Search Strategies for the Vehicle Fleet Mix Problem. *Modern Heuristic Search Methods*, 131–153.

Pérez, E., & Guerrero, W. (2015). Métodos de optimización para el problema de ruteo de vehículos con inventarios y ventanas de tiempo duras. *revista Ingeniería Industrial*, 31-49.

Puenayán, D., Londoño, J., Escobar, J., & Linfati, R. (2014). Un algoritmo basado en búsqueda tabú granular para la solución de un problema de ruteo de vehículos considerando flota heterogénea. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 81-98.

Revista Turbo. (01 de Abril de 2019). *turbo.com*. Obtenido de *turbo.com*: <http://www.revistaturbo.com/noticias/camion-nhr-uno-de-los-mas-preferidos-por-los-colombianos-1298>

Reyes, N. (2016). Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW. *PMRoeodvsepilseotc agtie vInane edra iunlts detelri iglaiedln eDcraiaaz cgtao*, 118-123.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Salhi, S., Wassan, N., & Hajarat, M. (1984). The Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Backhauls: Formulation and Set Partitioning-based Heuristics . *Computers & Operations*, 49–66.

Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Programación GAMS – lunes/jueves

sets

v elementos /1\*16/

n(v) nodos /2\*16/

car vehiculos /c1\*c11/ ;

scalar M numero grande

/20/;

scalar p /1/;

parameters

dem(v) esta es la demanda de cada uno de los nodos

/

1 0

2 0.179

3 0.228

4 0.737

5 0.016

6 0.353

7 0.112

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

8	1.962
9	0.167
10	0.198
11	0.042
12	0.164
13	0.120
14	0.097
15	0.109
16	0.018 /

s(n) este es el valor del tiempo de carga y descarga

/

2	0.5
3	0.5
4	0.5
5	0.5
6	0.5
7	0.5
8	2.0
9	0.5
10	0.5
11	0.5

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

12	0.5
13	0.5
14	0.5
15	0.5
16	0.5 /

a(n) este es el inicio de la ventana de tiempo

/

2	8.25
3	6.0
4	6.25
5	6.0
6	9.75
7	6.0
8	7.75
9	6.0
10	6.0
11	6.0
12	6.0
13	6.0
14	6.0
15	6.0

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

16 6.0 /

b(n) este es el cierre de la ventana de tiempo

/

2 8.75

3 13.5

4 6.75

5 13.5

6 10.25

7 13.5

8 8.25

9 13.5

10 13.5

11 13.5

12 13.5

13 13.5

14 13.5

15 13.5

16 13.5 /

cap(car) la capacidad de cada vehiculo

/

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

- c1 1.4
- c2 0.8
- c3 1.3
- c4 1.3
- c5 1.3
- c6 2.7
- c7 2.5
- c8 4.1
- c9 2.6
- c10 2.6
- c11 3.5 /

alias (v, j)

table dist(v, j)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16			
1	0.000	3.733	3.483	3.716	3.070	3.650	3.700		
3.683	3.900	4.005	3.783	3.900	3.933	4.050	3.950	0.016	
2	3.733	0.000	0.166	0.166	0.150	0.116	0.100		
0.133	0.433	0.616	0.300	0.450	0.466	0.616	0.500	0.133	
3	3.483	0.166	0.000	0.116	0.133	0.100	0.100		
0.116	0.400	0.566	0.283	0.400	0.416	0.600	0.450	0.050	

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

4	3.716	0.166	0.116	0.000	0.016	0.033	0.116	
0.033	0.316	0.466	0.200	0.316	0.333	0.516	0.366	0.133
5	3.070	0.150	0.133	0.016	0.000	0.033	0.100	
0.016	0.300	0.450	0.183	0.300	0.316	0.450	0.350	0.133
6	3.650	0.116	0.100	0.033	0.033	0.000	0.083	
0.016	0.283	0.466	0.166	0.283	0.316	0.466	0.333	0.083
7	3.700	0.100	0.100	0.116	0.100	0.083	0.000	
0.083	0.350	0.500	0.233	0.350	0.383	0.533	0.400	0.066
8	3.683	0.133	0.116	0.033	0.016	0.016	0.083	
0.000	0.283	0.416	0.166	0.283	0.300	0.450	0.333	0.100
9	3.900	0.433	0.400	0.316	0.300	0.283	0.350	
0.283	0.000	0.183	0.166	0.033	0.033	0.216	0.083	0.316
10	4.005	0.616	0.566	0.466	0.450	0.466	0.500	
0.416	0.183	0.000	0.283	0.183	0.216	0.033	0.200	0.516
11	3.783	0.300	0.283	0.200	0.183	0.166	0.233	
0.166	0.166	0.283	0.000	0.116	0.150	0.316	0.166	0.266
12	3.900	0.450	0.400	0.316	0.300	0.283	0.350	
0.283	0.033	0.183	0.116	0.000	0.066	0.216	0.050	0.366
13	3.933	0.466	0.416	0.333	0.316	0.316	0.383	
0.300	0.033	0.216	0.150	0.066	0.000	0.233	0.050	0.383
14	4.050	0.616	0.600	0.516	0.450	0.466	0.533	
0.450	0.216	0.033	0.316	0.216	0.233	0.000	0.200	0.500

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

15	3.950	0.500	0.450	0.366	0.350	0.333	0.400	
0.333	0.083	0.200	0.166	0.050	0.050	0.200	0.000	0.366
16	0.016	0.133	0.050	0.133	0.133	0.083	0.066	
0.100	0.316	0.516	0.266	0.366	0.383	0.500	0.366	0.000 ;

variables

o variable a optimizar;

binary variables

$x(v, j, car)$

$y(v, car)$

$z(car)$ ;

positive variables

$tmin(v, car)$

$tser(n)$

$pi(car)$

$l(v, j, car)$ ;

equations

$fo, r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r8, r9, r10, r11, r12$ ;

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

```
fo..      o =e= sum(car,tmin("1",car)-pi(car));
r1(n)..   sum(car,y(n,car)) =e= p;
r12(car).. sum(n, x("1",n,car)) =l= p;
r2(n, car).. y(n, car) =e= sum(v, x(v, n ,car));
r3(n, car).. y(n, car) =e= sum(v, x(n, v, car));
r4(car)..  sum(v, dem(v)*y(v, car)) =l= cap(car)*z(car);
r5(v, n, car).. l(n, v, car) =l= l(v, n, car)-dem(n)+(M*(1-x(n, v, car)));
r6(v, n, car).. tmin(v, car) =g= tser(n)+s(n)+dist(n, v)-(M*(1-x(n, v, car)));
r7(v, n, car).. tmin(v, car) =g= pi(car)+dist("1", v)-(M*(1-x("1", v, car)));
r8(car)..   tmin("1", car) =g= pi(car);
r9(n, car).. tser(n) =g= tmin(n, car);
r10(n)..    a(n) =l= tser(n);
r11(n)..    tser(n) =l= b(n)
```

```
model transp /all/
```

```
solve transp using mip minimizing o ;
```

```
display x.l, o.l,tmin.l, y.l;
```

## 9.2. Programación GAMS – martes/viernes

sets

v elementos /1\*10/

n(v) nodos /2\*10/

car vehiculos /c1\*c11/ ;

scalar M numero grande

/20/;

scalar p /1/;

parameters

dem(v) esta es la demanda de cada uno de los nodos

/

1 0.000

2 1.962

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

3	0.329
4	0.073
5	0.105
6	0.062
7	0.017
8	0.019
9	0.037
10	0.064 /

s(n) este es el valor del tiempo de carga y descarga

/

2	2.0
3	0.5
4	0.5
5	0.5
6	0.5
7	0.5
8	0.5
9	0.5
10	0.5 /

a(n) este es el inicio de la ventana de tiempo

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

/

2 7.75

3 6.0

4 6.0

5 6.0

6 6.0

7 6.0

8 6.0

9 6.0

10 6.25 /

b(n) este es el cierre de la ventana de tiempo

/

2 8.25

3 13.5

4 13.5

5 13.5

6 13.5

7 13.5

8 13.5

9 13.5

10 6.75 /

# Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

## Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

cap(car) la capacidad de cada vehiculo

/

c1 1.4

c2 0.8

c3 1.3

c4 1.3

c5 1.3

c6 2.7

c7 2.5

c8 4.1

c9 2.6

c10 2.6

c11 3.5 /

alias (v, j)

table dist(v, j)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.00	3.68	3.57	3.62	2.40	3.65	3.67	3.55		
3.53	3.62									
2	3.68	0.00	0.10	0.05	1.23	0.18	0.15	0.08		
0.07	0.02									

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

3	3.57	0.10	0.00	0.10	1.17	0.15	0.13	0.05
0.12	0.10							
4	3.62	0.05	0.10	0.00	0.25	0.25	0.18	0.12
0.08	0.05							
5	2.40	1.23	1.17	0.25	0.00	1.27	1.27	1.18
1.25	1.23							
6	3.65	0.18	0.15	0.25	1.27	0.00	0.03	0.12
0.15	0.20							
7	3.67	0.15	0.13	0.18	1.27	0.03	0.00	0.08
0.12	0.17							
8	3.55	0.08	0.05	0.12	1.18	0.12	0.08	0.00
0.15	0.15							
9	3.53	0.07	0.12	0.08	1.25	0.15	0.12	0.15
0.00	0.08							
10	3.62	0.02	0.10	0.05	1.23	0.20	0.17	0.15
0.08	0.00 ;							

variables

o variable a optimizar;

binary variables

x(v,j,car)

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

$y(v, car)$

$z(car)$ ;

positive variables

$tmin(v, car)$

$tser(n)$

$pi(car)$

$l(v, j, car)$ ;

equations

$fo, r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r8, r9, r10, r11, r12$ ;

$fo.. \quad o = e = \sum(car, tmin("1", car) - pi(car));$

$r12(car).. \quad \sum(n, x("1", n, car)) = l = p;$

$r1(n).. \quad \sum(car, y(n, car)) = e = p;$

$r2(n, car).. \quad y(n, car) = e = \sum(v, x(v, n, car));$

$r3(n, car).. \quad y(n, car) = e = \sum(v, x(n, v, car));$

$r4(car).. \quad \sum(v, dem(v) * y(v, car)) = l = cap(car) * z(car);$

$r5(v, n, car).. \quad l(n, v, car) = l = l(v, n, car) - dem(n) + (M * (1 - x(n, v, car)));$

$r6(v, n, car).. \quad tmin(v, car) = g = tser(n) + s(n) + dist(n, v) - (M * (1 - x(n, v, car)));$

$r7(v, n, car).. \quad tmin(v, car) = g = pi(car) + dist("1", v) - (M * (1 - x("1", v, car)));$

$r8(car).. \quad tmin("1", car) = g = pi(car);$

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

r9(n, car).. tser(n) =g= tmin(n, car);

r10(n).. a(n) =l= tser(n);

r11(n).. tser(n) =l= b(n)

model transp /all/

solve transp using mip minimizing o ;

display x.l, tmin.l, o.l, y.l;

### 9.3. Programación GAMS – miércoles/sábado

sets

v elementos /1\*10/

n(v) nodos /2\*10/

car vehiculos /c1\*c11/ ;

scalar M numero grande

/20/;

scalar p /1/;

parameters

dem(v) esta es la demanda de cada uno de los nodos

/

1 0.000

2 1.962

3 0.165

4 0.277

5 0.292

6 0.013

7 0.058

8 0.012

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

9 0.021

10 0.016 /

s(n) este es el valor del tiempo de carga y descarga

/

2 2.0

3 0.5

4 0.5

5 0.5

6 0.5

7 0.5

8 0.5

9 0.5

10 0.5 /

a(n) este es el inicio de la ventana de tiempo

/

2 7.75

3 6.0

4 6.0

5 6.0

6 6.0

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

7	6.0
8	6.0
9	6.0
10	6.0 /

b(n) este es el cierre de la ventana de tiempo

/

2	8.25
3	13.5
4	13.5
5	13.5
6	13.5
7	13.5
8	13.5
9	13.5
10	13.5 /

cap(car) la capacidad de cada vehiculo

/

c1	1.4
c2	0.8
c3	1.3

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

c4 1.3  
 c5 1.3  
 c6 2.7  
 c7 2.5  
 c8 4.1  
 c9 2.6  
 c10 2.6  
 c11 3.5 /

alias (v, j)

table dist(v, j)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.00	3.68	3.28	3.20	3.17	3.45	2.93	3.65		
3.03	3.03									
2	3.68	0.00	0.28	0.70	0.63	0.22	1.83	0.43		
0.60	0.68									
3	3.28	0.28	0.00	0.40	0.33	0.15	1.50	0.37		
0.28	0.38									
4	3.20	0.70	0.40	0.00	0.33	0.15	1.50	0.37		
0.28	0.38									
5	3.17	0.63	0.33	0.33	0.00	0.50	1.57	0.70		
0.05	0.12									

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

6	3.45	0.22	0.15	0.15	0.50	0.00	1.90	0.23
0.68	0.78							
7	2.93	1.83	1.50	1.50	1.57	1.90	0.00	1.90
1.50	0.60							
8	3.65	0.43	0.37	0.37	0.70	0.23	1.90	0.00
0.88	0.98							
9	3.03	0.60	0.28	0.28	0.05	0.68	1.50	0.88
0.00	0.10							
10	3.03	0.68	0.38	0.38	0.12	0.78	0.60	0.98
0.10	0.00 ;							

variables

o variable a optimizar;

binary variables

$x(v,j,car)$

$y(v, car)$

$z(car)$ ;

positive variables

$tmin(v, car)$

$tser(n)$

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

$pi(car)$

$l(v, j, car);$

equations

$fo, r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r8, r9, r10, r11, r12;$

$fo.. \quad o = e = \text{sum}(car, tmin("1", car) - pi(car));$

$r12(car).. \quad \text{sum}(n, x("1", n, car)) = l = p;$

$r1(n).. \quad \text{sum}(car, y(n, car)) = e = p;$

$r2(n, car).. \quad y(n, car) = e = \text{sum}(v, x(v, n, car));$

$r3(n, car).. \quad y(n, car) = e = \text{sum}(v, x(n, v, car));$

$r4(car).. \quad \text{sum}(v, dem(v) * y(v, car)) = l = cap(car) * z(car);$

$r5(v, n, car).. \quad l(n, v, car) = l = l(v, n, car) - dem(n) + (M * (1 - x(n, v, car)));$

$r6(v, n, car).. \quad tmin(v, car) = g = tser(n) + s(n) + dist(n, v) - (M * (1 - x(n, v, car)));$

$r7(v, n, car).. \quad tmin(v, car) = g = pi(car) + dist("1", v) - (M * (1 - x("1", v, car)));$

$r8(car).. \quad tmin("1", car) = g = pi(car);$

$r9(n, car).. \quad tser(n) = g = tmin(n, car);$

$r10(n).. \quad a(n) = l = tser(n);$

$r11(n).. \quad tser(n) = l = b(n)$

model transp /all/

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

solve transp using mip minimizing o ;

display x.l, pi.l, o.l, y.l, tmin.l;

#### **9.4. Script de resultados GAMS – lunes/jueves**

--- Job lunes.gms Start 04/20/19 16:26:01 WEX-WEI 23.6.5 x86\_64/MS Windows

GAMS Rev 236 Copyright (C) 1987-2011 GAMS Development. All rights

reserved

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Licensee: Gary Goldstein

G010614:2121CA-WIN

Decision Ware, Inc.

DC2807

--- Starting compilation

--- lunes.gms(162) 3 Mb

--- Starting execution: elapsed 0:00:00.009

--- Generating MIP model transp

--- lunes.gms(152) 7 Mb

--- 8,494 rows 5,835 columns 29,951 non-zeroes

--- 2,992 discrete-columns

--- lunes.gms(152) 7 Mb

--- Executing CPLEX: elapsed 0:00:02.374

--- lunes.gms(152) 7 Mb

IBM ILOG CPLEX Dec 13, 2010 23.6.5 WEX 24181.24195 WEI x86\_64/MS

Windows

Cplex 12.2.0.2, GAMS Link 34

GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.

Reading data...

Starting Cplex...

Tried aggregator 2 times.

MIP Presolve eliminated 3702 rows and 2143 columns.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

MIP Presolve modified 11852 coefficients.

Aggregator did 1128 substitutions.

Reduced MIP has 3664 rows, 2564 columns, and 15124 nonzeros.

Reduced MIP has 2527 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Probing fixed 15 vars, tightened 0 bounds.

Probing time = 0.16 sec.

Tried aggregator 1 time.

MIP Presolve eliminated 12 rows and 15 columns.

Reduced MIP has 3652 rows, 2549 columns, and 15058 nonzeros.

Reduced MIP has 2512 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Presolve time = 0.25 sec.

Probing time = 0.02 sec.

Clique table members: 20401.

MIP emphasis: balance optimality and feasibility.

MIP search method: dynamic search.

Parallel mode: none, using 1 thread.

Tried aggregator 1 time.

No LP presolve or aggregator reductions.

Presolve time = 0.00 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Iteration: 1 Dual objective = -230.340000

Iteration: 116 Dual objective = -0.000000

Iteration: 198 Dual objective = -0.000000

Perturbation started.

Iteration: 203 Dual objective = -0.000000

Iteration: 265 Dual objective = 0.000001

Iteration: 327 Dual objective = 0.000004

Removing perturbation.

Root relaxation solution time = 0.06 sec.

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	IInf	Best Integer	Best Node	ItCnt	Gap
0	0	0.0000	93		0.0000	400	
*	0+	0		34.2780	0.0000	400	100.00%
*	0+	0		34.1940	0.0000	400	100.00%
0	2	0.0000	10	34.1940	0.0000	400	100.00%

Elapsed real time = 0.78 sec. (tree size = 0.00 MB, solutions = 2)

\* 20+ 16 31.8340 0.0000 929 100.00%

\* 30+ 26 31.8160 0.0000 1102 100.00%

\* 50+ 35 29.3520 0.0000 1614 100.00%

Impl Bds: 4

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

86 58 cutoff 29.3520 0.0000 2382 100.00%

170 134 0.0000 33 29.3520 0.0000 4271 100.00%

Impl Bds: 7

258 222 0.0000 91 29.3520 0.0000 6725 100.00%

387 345 -0.0000 62 29.3520 0.0000 8631 100.00%

Impl Bds: 7

484 424 0.0000 21 29.3520 0.0000 11145 100.00%

493 429 0.0000 37 29.3520 0.0000 11349 100.00%

505 409 0.0000 78 29.3520 0.0000 11572 100.00%

513 413 0.0000 44 29.3520 0.0000 11665 100.00%

533 397 10.0860 47 29.3520 0.0000 11882 100.00%

610 419 0.0000 92 29.3520 0.0000 13287 100.00%

Elapsed real time = 9.05 sec. (tree size = 1.30 MB, solutions = 5)

735 456 8.5100 82 29.3520 0.0000 15129 100.00%

924 519 12.4360 39 29.3520 0.0000 18063 100.00%

1149 618 27.1200 39 29.3520 0.0000 20644 100.00%

1319 701 0.0000 53 29.3520 0.0000 23760 100.00%

1611 957 10.6824 36 29.3520 0.0000 27693 100.00%

1890 1192 0.0000 45 29.3520 0.0000 32019 100.00%

2317 1560 2.9330 104 29.3520 0.0000 37514 100.00%

Impl Bds: 8

2664 1857 2.9880 68 29.3520 0.0000 42960 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

3035 2165 3.8847 41 29.3520 0.0000 49154 100.00%

3397 2456 10.8650 44 29.3520 0.0000 55407 100.00%

Impl Bds: 6

Elapsed real time = 30.28 sec. (tree size = 5.00 MB, solutions = 5)

3761 2760 2.7660 55 29.3520 0.0000 61194 100.00%

Impl Bds: 5

4138 3103 7.9660 45 29.3520 0.0000 68251 100.00%

4618 3475 infeasible 29.3520 0.0000 75703 100.00%

Impl Bds: 5

5030 3733 3.6018 48 29.3520 0.0000 82306 100.00%

Impl Bds: 15

5514 4158 15.2191 28 29.3520 0.0000 90244 100.00%

Impl Bds: 1

5826 4398 6.2480 47 29.3520 0.0000 96520 100.00%

6359 4810 22.7294 30 29.3520 0.0000 103050 100.00%

Impl Bds: 5

6844 5199 0.0000 58 29.3520 0.0000 109859 100.00%

Impl Bds: 21

\* 7184+ 5468 29.1130 0.0000 114663 100.00%

7309 5582 4.4820 39 29.1130 0.0000 116677 100.00%

7782 5965 0.0000 33 29.1130 0.0000 124418 100.00%

Impl Bds: 22

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Elapsed real time = 51.55 sec. (tree size = 11.49 MB, solutions = 6)

8308	6227	cutoff		29.1130	0.0000	130347	100.00%
				Impl Bds: 10			
8769	6541	0.0000	39	29.1130	0.0000	137091	100.00%
				Impl Bds: 15			
9147	6817	0.0000	54	29.1130	0.0000	145064	100.00%
				Impl Bds: 11			
9473	7075	0.0000	92	29.1130	0.0000	154025	100.00%
9874	7371	infeasible		29.1130	0.0000	162274	100.00%
				Impl Bds: 7			
* 10164+	7607			28.8640	0.0000	168168	100.00%
* 10164+	7594			28.3970	0.0000	168168	100.00%
* 10164+	7582			28.3140	0.0000	168168	100.00%
* 10164+	7582			28.2800	0.0000	168168	100.00%
* 10164+	7582			28.2690	0.0000	168168	100.00%
10164	7584	0.0000	40	28.2690	0.0000	168168	100.00%
10556	7905	2.8830	32	28.2690	0.0000	176851	100.00%
10884	8134	0.0000	71	28.2690	0.0000	184421	100.00%
				Impl Bds: 6			
11249	8434	9.4490	55	28.2690	0.0000	192966	100.00%
				Impl Bds: 10			
11698	8770	24.1703	15	28.2690	0.0000	199977	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 14

Elapsed real time = 75.67 sec. (tree size = 16.96 MB, solutions = 11)

12144 9055 0.0000 51 28.2690 0.0000 208066 100.00%

Impl Bds: 11

12484 9265 3.0030 44 28.2690 0.0000 216754 100.00%

12818 9535 7.4160 47 28.2690 0.0000 223907 100.00%

Cuts: 10

13264 9903 0.0000 52 28.2690 0.0000 231794 100.00%

13781 10297 10.7500 23 28.2690 0.0000 239931 100.00%

14224 10517 0.0000 33 28.2690 0.0000 247062 100.00%

Impl Bds: 11

14657 10815 0.0000 41 28.2690 0.0000 255929 100.00%

Impl Bds: 3

15170 11148 12.1695 25 28.2690 0.0000 263351 100.00%

Impl Bds: 6

15560 11406 23.5455 18 28.2690 0.0000 271542 100.00%

Impl Bds: 18

15954 11636 7.2737 36 28.2690 0.0000 278788 100.00%

Impl Bds: 7

Elapsed real time = 97.23 sec. (tree size = 22.41 MB, solutions = 11)

16364 11930 0.0000 34 28.2690 0.0000 287701 100.00%

Impl Bds: 6

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

16932 12268 9.3540 29 28.2690 0.0000 294746 100.00%

Impl Bds: 3

17434 12517 12.5660 20 28.2690 0.0000 302898 100.00%

18011 12826 22.0883 6 28.2690 0.0000 309698 100.00%

Impl Bds: 6

18484 13175 0.0000 26 28.2690 0.0000 318067 100.00%

18961 13408 11.3160 17 28.2690 0.0000 325101 100.00%

19321 13589 11.2599 26 28.2690 0.0000 331885 100.00%

Impl Bds: 12

19714 13808 2.8830 40 28.2690 0.0000 337466 100.00%

Impl Bds: 15

19992 13992 2.4660 62 28.2690 0.0000 344646 100.00%

20189 14159 9.7840 53 28.2690 0.0000 352070 100.00%

Elapsed real time = 118.41 sec. (tree size = 27.29 MB, solutions = 11)

20473 14425 5.8830 47 28.2690 0.0000 361367 100.00%

20679 14602 10.8490 58 28.2690 0.0000 368686 100.00%

21103 14908 9.2667 23 28.2690 0.0000 375762 100.00%

Impl Bds: 3

21535 15114 0.0000 57 28.2690 0.0000 381701 100.00%

Impl Bds: 3

21924 15331 0.0000 75 28.2690 0.0000 388192 100.00%

Impl Bds: 2

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

22191 15511 3.4160 49 28.2690 0.0000 395475 100.00%

22476 15719 2.7660 51 28.2690 0.0000 402686 100.00%

Impl Bds: 11

22568 15802 0.0000 88 28.2690 0.0000 409747 100.00%

22794 15989 0.0000 258 28.2690 0.0000 416406 100.00%

22884 16079 2.0058 73 28.2690 0.0000 422032 100.00%

Elapsed real time = 141.64 sec. (tree size = 31.02 MB, solutions = 11)

23195 16343 24.1320 17 28.2690 0.0000 428887 100.00%

23576 16666 0.0000 37 28.2690 0.0000 435830 100.00%

Impl Bds: 9

24017 16983 18.2700 25 28.2690 0.0000 441636 100.00%

Impl Bds: 4

24470 17287 17.2980 43 28.2690 0.0000 447593 100.00%

Impl Bds: 3

24893 17554 19.6470 25 28.2690 0.0000 453485 100.00%

Impl Bds: 5

25352 17856 7.9320 35 28.2690 0.0000 459998 100.00%

Impl Bds: 6

25791 18098 8.3177 43 28.2690 0.0000 466228 100.00%

26184 18297 11.0265 20 28.2690 0.0000 473113 100.00%

26545 18477 2.9330 146 28.2690 0.0000 479680 100.00%

26795 18693 7.3425 36 28.2690 0.0000 488342 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 3

Elapsed real time = 161.76 sec. (tree size = 36.54 MB, solutions = 11)

27210	18930	9.2690	43	28.2690	0.0000	494992	100.00%
27584	19177	0.0000	40	28.2690	0.0000	502337	100.00%

Impl Bds: 1

27875	19368	7.6943	30	28.2690	0.0000	509768	100.00%
28012	19471	7.4710	47	28.2690	0.0000	516169	100.00%

Impl Bds: 16

28419	19738	0.0000	34	28.2690	0.0000	523157	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 10

28838	20050	2.4626	35	28.2690	0.0000	529648	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 5

29300	20351	18.3145	31	28.2690	0.0000	536509	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 3

29682	20604	1.3790	26	28.2690	0.0000	544446	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 1

30017	20793	3.3640	39	28.2690	0.0000	551504	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 7

30484	21133	16.6970	17	28.2690	0.0000	557539	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 6

Elapsed real time = 181.78 sec. (tree size = 41.26 MB, solutions = 11)

30798	21359	2.7660	57	28.2690	0.0000	563876	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 1

31050 21548	0.0000	174	28.2690	0.0000	572498	100.00%
31130 21624	0.0000	176	28.2690	0.0000	578214	100.00%

Impl Bds: 3

31259 21731	0.0000	55	28.2690	0.0000	585896	100.00%
-------------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 5

31679 21996	0.0000	46	28.2690	0.0000	593305	100.00%
32131 22216	0.0000	36	28.2690	0.0000	600263	100.00%

Impl Bds: 1

32584 22432	1.2081	32	28.2690	0.0000	608036	100.00%
-------------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 6

32969 22686	7.9320	37	28.2690	0.0000	616102	100.00%
-------------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 5

33104 22806	6.2709	42	28.2690	0.0000	621551	100.00%
-------------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Cuts: 4

34084 23483	0.6855	58	28.2690	0.0000	651877	100.00%
-------------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 10

Elapsed real time = 209.84 sec. (tree size = 45.77 MB, solutions = 11)

35403 24360	cutoff		28.2690	0.0000	679776	100.00%
-------------	--------	--	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 6

36710 25266	21.3466	10	28.2690	0.0000	707332	100.00%
-------------	---------	----	---------	--------	--------	---------

Cuts: 9

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

38237 26068 5.4030 24 28.2690 0.0000 731378 100.00%

Cuts: 15

39376 26863 0.7880 49 28.2690 0.0000 756417 100.00%

Impl Bds: 6

40622 27864 0.0000 28 28.2690 0.0000 787596 100.00%

41892 28710 9.3716 25 28.2690 0.0000 814820 100.00%

Impl Bds: 3

43010 29546 1.3333 51 28.2690 0.0000 840848 100.00%

Cuts: 8

44379 30459 0.0000 70 28.2690 0.0000 869302 100.00%

Impl Bds: 25

45572 31237 0.2008 46 28.2690 0.0000 896652 100.00%

Impl Bds: 5

46637 32018 3.3820 62 28.2690 0.0000 924932 100.00%

Elapsed real time = 294.41 sec. (tree size = 62.25 MB, solutions = 11)

47766 32840 20.7567 19 28.2690 0.0000 954724 100.00%

Covers: 1

49108 33675 8.6058 23 28.2690 0.0000 982306 100.00%

Cuts: 4

50778 34707 0.0000 120 28.2690 0.0000 1009037 100.00%

51815 35417 7.9320 29 28.2690 0.0000 1039357 100.00%

Impl Bds: 1

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

53386	36218	8.1589	30	28.2690	0.0000	1069209	100.00%
Impl Bds: 12							
54779	37042	8.9824	27	28.2690	0.0000	1097025	100.00%
Impl Bds: 7							
56148	37862	0.0000	33	28.2690	0.0000	1126856	100.00%
Impl Bds: 1							
57694	38699	infeasible		28.2690	0.0000	1152845	100.00%
Impl Bds: 4							
58954	39473	0.0000	33	28.2690	0.0000	1181044	100.00%
* 59851	39983	integral	0	28.1300	0.0000	1200490	100.00%
Impl Bds: 2							
Elapsed real time = 375.98 sec. (tree size = 78.57 MB, solutions = 12)							
* 59951+40051				28.0960	0.0000	1202733	100.00%
* 59951+40049				28.0850	0.0000	1202733	100.00%
60695	40640	0.0000	143	28.0850	0.0000	1228893	100.00%
Covers: 1							
61934	41482	0.0000	35	28.0850	0.0000	1258369	100.00%
Impl Bds: 2							
63335	42287	2.7950	66	28.0850	0.0000	1286212	100.00%
Cuts: 6							
63872	42703	3.4160	75	28.0850	0.0000	1312066	100.00%
65108	43475	3.6330	117	28.0850	0.0000	1340094	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 1

65955 44050 21.0469 17 28.0850 0.0000 1369731 100.00%

Impl Bds: 5

67377 44886 0.4704 76 28.0850 0.0000 1398919 100.00%

Cuts: 12

69570 46076 0.2915 35 28.0850 0.0000 1427020 100.00%

Impl Bds: 5

71226 47113 9.7820 65 28.0850 0.0000 1457341 100.00%

Impl Bds: 9

72267 47731 2.7660 115 28.0850 0.0000 1484576 100.00%

Covers: 2

Elapsed real time = 463.81 sec. (tree size = 93.65 MB, solutions = 14)

73788 48535 7.2004 26 28.0850 0.0000 1513027 100.00%

Impl Bds: 9

74823 49195 0.0000 56 28.0850 0.0000 1545944 100.00%

Impl Bds: 15

76434 50102 14.3160 28 28.0850 0.0000 1582129 100.00%

Impl Bds: 6

77433 50984 0.5061 101 28.0850 0.0000 1618900 100.00%

Impl Bds: 14

78769 52034 19.3310 32 28.0850 0.0000 1654296 100.00%

Cuts: 3

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

80184 52974 0.0000 47 28.0850 0.0000 1685176 100.00%

Cuts: 5

81201 53735 7.5727 39 28.0850 0.0000 1715000 100.00%

Impl Bds: 13

82199 54528 3.9979 67 28.0850 0.0000 1742009 100.00%

Impl Bds: 2

82491 54791 0.1623 77 28.0850 0.0000 1764641 100.00%

82884 55159 0.0000 49 28.0850 0.0000 1795106 100.00%

Elapsed real time = 549.09 sec. (tree size = 108.22 MB, solutions = 14)

83916 56048 10.1990 28 28.0850 0.0000 1825598 100.00%

Impl Bds: 14

85468 57103 0.0000 41 28.0850 0.0000 1852449 100.00%

Covers: 1

87587 58201 8.3000 26 28.0850 0.0000 1870665 100.00%

Cuts: 4

90017 59433 15.7736 24 28.0850 0.0000 1889555 100.00%

Impl Bds: 4

91223 60245 12.3340 16 28.0850 0.0000 1911742 100.00%

Covers: 1

93228 61436 infeasible 28.0850 0.0000 1933462 100.00%

Impl Bds: 2

95455 62814 9.3660 17 28.0850 0.0000 1955200 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

97811 64088 0.0000 110 28.0850 0.0000 1973088 100.00%

Cuts: 4

98329 64547 0.6000 81 28.0850 0.0000 1995181 100.00%

100149 65725 0.0000 69 28.0850 0.0000 2022909 100.00%

Impl Bds: 4

Elapsed real time = 627.83 sec. (tree size = 129.90 MB, solutions = 14)

Nodefile size = 2.00 MB (0.63 MB after compression)

101962 66953 24.3990 14 28.0850 0.0000 2049429 100.00%

Impl Bds: 3

103800 68230 10.5970 25 28.0850 0.0000 2075902 100.00%

Cuts: 2

105773 69514 7.3660 35 28.0850 0.0000 2101960 100.00%

Impl Bds: 12

107583 70763 0.0000 35 28.0850 0.0000 2130634 100.00%

Impl Bds: 6

108671 71582 1.6500 50 28.0850 0.0000 2159729 100.00%

Impl Bds: 3

110030 72522 1.6160 54 28.0850 0.0000 2189406 100.00%

Impl Bds: 1

110785 73214 0.0000 144 28.0850 0.0000 2222063 100.00%

111721 73990 0.8500 86 28.0850 0.0000 2254240 100.00%

Impl Bds: 2

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

113359 75160 infeasible 28.0850 0.0000 2282249 100.00%

Impl Bds: 5

115214 76450 4.9318 35 28.0850 0.0000 2312302 100.00%

Impl Bds: 5

Elapsed real time = 708.17 sec. (tree size = 151.87 MB, solutions = 14)

Nodefile size = 23.97 MB (8.15 MB after compression)

116917 77725 5.2330 42 28.0850 0.0000 2343946 100.00%

Impl Bds: 8

118764 78864 12.2650 25 28.0850 0.0000 2371978 100.00%

Covers: 1

120984 80186 17.2980 28 28.0850 0.0000 2396573 100.00%

Impl Bds: 1

122912 81501 0.0000 29 28.0850 0.0000 2426253 100.00%

Impl Bds: 2

124793 82730 13.3150 12 28.0850 0.0000 2454725 100.00%

Impl Bds: 10

126789 83955 0.0000 39 28.0850 0.0000 2480195 100.00%

Impl Bds: 6

128790 85206 0.0000 34 28.0850 0.0000 2508648 100.00%

Impl Bds: 2

130662 86421 0.0000 42 28.0850 0.0000 2537181 100.00%

Impl Bds: 5

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

132241 87503	4.3116	53	28.0850	0.0000	2569143	100.00%
133930 88555	0.0000	69	28.0850	0.0000	2597606	100.00%

Elapsed real time = 786.51 sec. (tree size = 177.01 MB, solutions = 14)

Nodefile size = 49.94 MB (16.93 MB after compression)

135913 89731	12.3636	38	28.0850	0.0000	2622442	100.00%
137512 90736	8.4160	41	28.0850	0.0000	2650500	100.00%
138750 91586	0.0000	46	28.0850	0.0000	2681062	100.00%

Impl Bds: 1

140236 92495	0.0000	45	28.0850	0.0000	2709492	100.00%
142184 93608	0.8330	36	28.0850	0.0000	2734683	100.00%
144031 94656	7.9320	21	28.0850	0.0000	2761406	100.00%

Impl Bds: 1

145398 95580	11.9237	15	28.0850	0.0000	2790074	100.00%
--------------	---------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 1

147100 96720	0.0000	96	28.0850	0.0000	2814554	100.00%
148440 97638	27.0970	12	28.0850	0.0000	2845613	100.00%
150607 98745	9.3741	24	28.0850	0.0000	2872915	100.00%

Impl Bds: 1

Elapsed real time = 866.51 sec. (tree size = 197.84 MB, solutions = 14)

Nodefile size = 69.92 MB (23.41 MB after compression)

152165 99702	1.2083	65	28.0850	0.0000	2902399	100.00%
153841 100648	0.0000	45	28.0850	0.0000	2931767	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Cuts: 6

155763	101598	13.4151	25	28.0850	0.0000	2957943	100.00%
--------	--------	---------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 2

157550	102627	0.0000	35	28.0850	0.0000	2989739	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

158460	103329	8.8660	36	28.0850	0.0000	3012793	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 6

159684	104213	1.9895	53	28.0850	0.0000	3039306	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

*159984+99148				21.7970	0.0000	3047091	100.00%
---------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

*159984+99148				21.6470	0.0000	3047091	100.00%
---------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

*159984+98666				21.4530	0.0000	3047091	100.00%
---------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

*160284+98861				21.3810	0.0000	3053597	100.00%
---------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 4

160684	99106	21.3614	25	21.3810	0.0000	3060868	100.00%
--------	-------	---------	----	---------	--------	---------	---------

161599	99684	21.1970	24	21.3810	0.0000	3076367	100.00%
--------	-------	---------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 3

*161784+99788				21.3310	0.0000	3078652	100.00%
---------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

163012	100523	17.7970	31	21.3310	0.0000	3096777	100.00%
--------	--------	---------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 10

*163284+100666				21.2860	0.0000	3099458	100.00%
----------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

*163384+100732				21.2700	0.0000	3100163	100.00%
----------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

*163984+100613				21.0520	0.0000	3108691	100.00%
----------------	--	--	--	---------	--------	---------	---------

164284	100778	17.3130	24	21.0520	0.0000	3112399	100.00%
--------	--------	---------	----	---------	--------	---------	---------

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Elapsed real time = 948.26 sec. (tree size = 201.73 MB, solutions = 22)

Nodefile size = 73.92 MB (24.25 MB after compression)

*164784+100553				20.8190	0.0000	3118554	100.00%
165384 100881	0.0000	30		20.8190	0.0000	3125457	100.00%
166184 101468	0.0000	49		20.8190	0.0000	3145265	100.00%
166892 102065	2.2990	49		20.8190	0.0000	3169181	100.00%
Impl Bds: 4							
167866 102811	0.0000	50		20.8190	0.0000	3194696	100.00%
169475 104008	10.8872	22		20.8190	0.0000	3231684	100.00%

Impl Bds: 2

Cover cuts applied: 23

Implied bound cuts applied: 753

Mixed integer rounding cuts applied: 4

MIP status(107): time limit exceeded

Fixing integer variables, and solving final LP...

Tried aggregator 1 time.

LP Presolve eliminated 8430 rows and 5786 columns.

Aggregator did 30 substitutions.

Reduced LP has 34 rows, 19 columns, and 68 nonzeros.

Presolve time = 0.00 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Iteration log . . .

Iteration: 1 Dual infeasibility = 2.000000

Iteration: 4 Dual objective = -23.034000

Fixed MIP status(1): optimal

Resource limit exceeded.

MIP Solution: 20.819000 (3265849 iterations, 171312 nodes)

Final Solve: 20.819000 (16 iterations)

Best possible: 0.000000

Absolute gap: 20.819000

Relative gap: 1.000000

--- Restarting execution

--- lunes.gms(152) 2 Mb

--- Reading solution for model transp

--- lunes.gms(152) 3 Mb

--- Executing after solve: elapsed 0:16:42.898

--- lunes.gms(153) 4 Mb

\*\*\* Status: Normal completion

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

--- Job lunes.gms Stop 04/20/19 16:42:44 elapsed 0:16:42.920

### **9.5. Script de resultados GAMS – martes/viernes**

--- Job martes.gms Start 04/20/19 17:11:22 WEX-WEI 23.6.5 x86\_64/MS Windows

GAMS Rev 236 Copyright (C) 1987-2011 GAMS Development. All rights

reserved

Licensee: Gary Goldstein

G010614:2121CA-WIN

Decision Ware, Inc.

DC2807

## Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

### Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

```
--- Starting compilation
--- martes.gms(123) 3 Mb
--- Starting execution: elapsed 0:00:00.008
--- Generating MIP model transp
--- martes.gms(122) 5 Mb
--- 3,328 rows 2,331 columns 11,459 non-zeroes
--- 1,210 discrete-columns
--- martes.gms(122) 5 Mb
--- Executing CPLEX: elapsed 0:00:00.423
--- martes.gms(122) 5 Mb
```

IBM ILOG CPLEX Dec 13, 2010 23.6.5 WEX 24181.24195 WEI x86\_64/MS

#### Windows

Cplex 12.2.0.2, GAMS Link 34

GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.

Reading data...

Starting Cplex...

Tried aggregator 2 times.

MIP Presolve eliminated 1457 rows and 890 columns.

MIP Presolve modified 3908 coefficients.

Aggregator did 498 substitutions.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Reduced MIP has 1373 rows, 943 columns, and 5790 nonzeros.

Reduced MIP has 912 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Probing time = 0.01 sec.

Tried aggregator 1 time.

Presolve time = 0.05 sec.

Probing time = 0.02 sec.

Clique table members: 7846.

MIP emphasis: balance optimality and feasibility.

MIP search method: dynamic search.

Parallel mode: none, using 1 thread.

Tried aggregator 1 time.

No LP presolve or aggregator reductions.

Presolve time = 0.00 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .

Iteration: 1 Dual objective = -231.300000

Iteration: 62 Dual objective = -0.000000

Perturbation started.

Iteration: 103 Dual objective = 0.000000

Iteration: 165 Dual objective = 0.000001

Iteration: 227 Dual objective = 0.000003

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Removing perturbation.

Root relaxation solution time = 0.03 sec.

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	IInf	Best Integer	Best Node	ItCnt	Gap
0	0	0.0000	35	0.0000	264		
*	0+	0	28.3700	0.0000	264	100.00%	
*	0+	0	21.2100	0.0000	264	100.00%	
0	2	0.0000	9	21.2100	0.0000	264	100.00%

Elapsed real time = 0.23 sec. (tree size = 0.00 MB, solutions = 2)

235	210	7.6400	38	21.2100	0.0000	4268	100.00%
Impl Bds: 22							
472	403	infeasible		21.2100	0.0000	8209	100.00%
Impl Bds: 30							
474	405	0.0000	11	21.2100	0.0000	8381	100.00%
*	514+	255		21.1900	0.0000	8748	100.00%
515	257	0.0000	21	21.1900	0.0000	8760	100.00%
*	534+	183		20.1100	0.0000	8959	100.00%
574	203	5.7700	18	20.1100	0.0000	9099	100.00%
612	208	0.0000	49	20.1100	0.0000	9613	100.00%
652	226	0.1200	32	20.1100	0.0000	10196	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

717	254	0.0000	71	20.1100	0.0000	10975	100.00%
858	305	0.0000	12	20.1100	0.0000	12137	100.00%
1693	925	2.6575	12	20.1100	0.0000	19734	100.00%

Impl Bds: 1

Elapsed real time = 7.95 sec. (tree size = 0.68 MB, solutions = 4)

* 1884+	1031			18.9000	0.0000	21819	100.00%
* 2550	1333	integral	0	13.5300	0.0000	28280	100.00%

Impl Bds: 8

3465	1884	0.0000	28	13.5300	0.0000	39557	100.00%
------	------	--------	----	---------	--------	-------	---------

Impl Bds: 12

4397	2294	2.4862	17	13.5300	0.0000	51761	100.00%
------	------	--------	----	---------	--------	-------	---------

Impl Bds: 41

5305	2682	11.5500	8	13.5300	0.0000	67560	100.00%
------	------	---------	---	---------	--------	-------	---------

Impl Bds: 10

* 5378	2689	integral	0	13.2700	0.0000	68456	100.00%
* 5478+	2730			13.1800	0.0000	69355	100.00%
* 6274+	3140			13.0400	0.0000	78537	100.00%

Impl Bds: 2

6657	3362	0.0000	15	13.0400	0.0000	82496	100.00%
7355	3680	0.0000	32	13.0400	0.0000	94704	100.00%

Impl Bds: 19

8067	4062	0.0000	20	13.0400	0.0000	107381	100.00%
------	------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 29

8913 4510 0.0000 13 13.0400 0.0000 121271 100.00%

Cuts: 10

9644 4806 0.0000 30 13.0400 0.0000 133958 100.00%

Impl Bds: 19

Elapsed real time = 25.67 sec. (tree size = 3.55 MB, solutions = 9)

\* 9954+ 4947 13.0200 0.0000 138506 100.00%

Impl Bds: 2

9954 4949 12.8100 11 13.0200 0.0000 138506 100.00%

10643 5395 3.4276 12 13.0200 0.0000 151969 100.00%

Cuts: 9

11373 5712 6.9400 36 13.0200 0.0000 164662 100.00%

Impl Bds: 9

\* 12174+ 6125 12.9300 0.0000 175906 100.00%

12436 6295 infeasible 12.9300 0.0000 178738 100.00%

13423 6794 0.0000 18 12.9300 0.0000 193800 100.00%

14115 7145 0.0000 15 12.9300 0.0000 208445 100.00%

15079 7619 11.7500 17 12.9300 0.0000 223810 100.00%

Impl Bds: 2

15995 8163 10.5300 9 12.9300 0.0000 237032 100.00%

16764 8448 6.9200 12 12.9300 0.0000 251339 100.00%

17603 8817 9.7500 10 12.9300 0.0000 265567 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Elapsed real time = 45.88 sec. (tree size = 6.62 MB, solutions = 11)

18588 9301 11.8700 9 12.9300 0.0000 278467 100.00%

Impl Bds: 3

19359 9660 0.0000 18 12.9300 0.0000 291802 100.00%

Cuts: 3

19943 9995 0.0000 17 12.9300 0.0000 305659 100.00%

Impl Bds: 2

20759 10476 0.0000 10 12.9300 0.0000 318571 100.00%

Impl Bds: 10

21723 10985 0.0000 20 12.9300 0.0000 334341 100.00%

Impl Bds: 2

22521 11594 11.2500 25 12.9300 0.0000 349950 100.00%

23403 12108 4.0524 12 12.9300 0.0000 363802 100.00%

Impl Bds: 5

24397 12592 12.2400 10 12.9300 0.0000 376401 100.00%

Impl Bds: 2

25057 12881 cutoff 12.9300 0.0000 390452 100.00%

Impl Bds: 1

26039 13385 0.0000 24 12.9300 0.0000 403325 100.00%

Elapsed real time = 65.02 sec. (tree size = 10.02 MB, solutions = 11)

26969 13765 0.3180 18 12.9300 0.0000 415684 100.00%

Impl Bds: 10

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

27655	14067	cutoff		12.9300	0.0000	427777	100.00%
Impl Bds: 1							
28475	14536	2.7376	17	12.9300	0.0000	442758	100.00%
29183	14884	cutoff		12.9300	0.0000	456622	100.00%
Impl Bds: 2							
30000	15378	0.0000	14	12.9300	0.0000	470988	100.00%
Impl Bds: 1							
30984	15713	0.8328	12	12.9300	0.0000	487256	100.00%
32004	16235	4.1602	12	12.9300	0.0000	502875	100.00%
32865	16720	0.0000	24	12.9300	0.0000	519824	100.00%
Covers: 1							
33729	17169	3.8196	15	12.9300	0.0000	536307	100.00%
34628	17487	0.0000	20	12.9300	0.0000	552843	100.00%
Impl Bds: 5							
Elapsed real time = 84.16 sec. (tree size = 13.56 MB, solutions = 11)							
35505	17970	0.0000	19	12.9300	0.0000	566714	100.00%
* 35524	17652	integral	0	12.8700	0.0000	566973	100.00%
36270	18101	7.4031	13	12.8700	0.0000	580674	100.00%
37137	18532	0.0000	20	12.8700	0.0000	592587	100.00%
Impl Bds: 6							
37904	18958	11.6800	13	12.8700	0.0000	606840	100.00%
38428	19234	0.0000	21	12.8700	0.0000	620164	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

39316	19632	cutoff		12.8700	0.0000	633594	100.00%
40206	20198	0.0000	23	12.8700	0.0000	647231	100.00%
41012	20644	12.8300	6	12.8700	0.0000	663279	100.00%
41772	21048	6.3032	23	12.8700	0.0000	677361	100.00%

Elapsed real time = 101.49 sec. (tree size = 16.26 MB, solutions = 12)

42618	21449	0.0000	32	12.8700	0.0000	693551	100.00%
43674	21997	0.0000	11	12.8700	0.0000	708949	100.00%

Impl Bds: 2

44795	22688	0.0000	14	12.8700	0.0000	725388	100.00%
45984	23373	0.0000	24	12.8700	0.0000	741630	100.00%
46895	23861	0.0000	14	12.8700	0.0000	758719	100.00%

Impl Bds: 1

47613	24180	4.0019	22	12.8700	0.0000	774954	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 4

48604	24744	0.0000	23	12.8700	0.0000	790849	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 4

49494	25163	0.0000	17	12.8700	0.0000	807540	100.00%
50424	25642	0.0000	29	12.8700	0.0000	825277	100.00%
51268	26008	0.8904	23	12.8700	0.0000	842274	100.00%

Elapsed real time = 120.78 sec. (tree size = 20.05 MB, solutions = 12)

51965	26423	0.0000	31	12.8700	0.0000	858628	100.00%
52743	26897	12.5200	10	12.8700	0.0000	874013	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

53561 27285 0.0000 21 12.8700 0.0000 889060 100.00%

54443 27786 10.1200 18 12.8700 0.0000 903106 100.00%

Impl Bds: 1

55323 28248 0.0000 22 12.8700 0.0000 916794 100.00%

56161 28577 0.0000 18 12.8700 0.0000 931865 100.00%

Impl Bds: 7

57028 29058 6.4458 17 12.8700 0.0000 946861 100.00%

Impl Bds: 1

57957 29509 8.1129 23 12.8700 0.0000 961968 100.00%

58769 30041 infeasible 12.8700 0.0000 977312 100.00%

59551 30507 5.3000 13 12.8700 0.0000 992467 100.00%

Impl Bds: 4

Elapsed real time = 140.30 sec. (tree size = 23.33 MB, solutions = 12)

60640 31129 11.5400 11 12.8700 0.0000 1008291 100.00%

61693 31694 0.0000 35 12.8700 0.0000 1024107 100.00%

62619 32092 0.0000 20 12.8700 0.0000 1041769 100.00%

63463 32638 7.5309 34 12.8700 0.0000 1060665 100.00%

64308 33170 0.0000 19 12.8700 0.0000 1078093 100.00%

65204 33554 8.9500 32 12.8700 0.0000 1096098 100.00%

66206 34098 0.0000 28 12.8700 0.0000 1113150 100.00%

67167 34583 0.1501 18 12.8700 0.0000 1130301 100.00%

68188 35051 10.2600 10 12.8700 0.0000 1147314 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

69241 35546 8.8929 12 12.8700 0.0000 1162966 100.00%

Impl Bds: 5

Elapsed real time = 159.67 sec. (tree size = 27.80 MB, solutions = 12)

70296 36141 0.0000 11 12.8700 0.0000 1179775 100.00%

Impl Bds: 2

71204 36651 10.7600 15 12.8700 0.0000 1195244 100.00%

71681 36978 0.6902 35 12.8700 0.0000 1210952 100.00%

Impl Bds: 6

72414 37508 10.6900 14 12.8700 0.0000 1226080 100.00%

73324 38124 1.1096 10 12.8700 0.0000 1240258 100.00%

74031 38533 0.0000 25 12.8700 0.0000 1254410 100.00%

Impl Bds: 4

74827 39104 0.0000 36 12.8700 0.0000 1268949 100.00%

Impl Bds: 6

75641 39592 11.8040 16 12.8700 0.0000 1283958 100.00%

76434 40019 12.2100 6 12.8700 0.0000 1297693 100.00%

79697 41731 4.6872 12 12.8700 0.0000 1357630 100.00%

Impl Bds: 2

Elapsed real time = 184.84 sec. (tree size = 32.44 MB, solutions = 12)

83391 43675 0.0000 27 12.8700 0.0000 1423264 100.00%

Impl Bds: 2

87071 45809 6.4771 16 12.8700 0.0000 1493087 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 3

90885 47799 7.7400 17 12.8700 0.0000 1559879 100.00%

Impl Bds: 1

93834 49720 5.3000 16 12.8700 0.0000 1623844 100.00%

Impl Bds: 1

96943 51267 12.5036 12 12.8700 0.0000 1683163 100.00%

Impl Bds: 6

100268 53047 10.1800 15 12.8700 0.0000 1744012 100.00%

103716 54899 12.5900 18 12.8700 0.0000 1808086 100.00%

Impl Bds: 2

107344 56888 1.5498 17 12.8700 0.0000 1873240 100.00%

Impl Bds: 2

111014 58655 0.0000 39 12.8700 0.0000 1941293 100.00%

Impl Bds: 1

114967 60980 2.7046 10 12.8700 0.0000 2010208 100.00%

Elapsed real time = 263.34 sec. (tree size = 46.91 MB, solutions = 12)

118192 62848 12.2200 9 12.8700 0.0000 2075331 100.00%

121607 64793 11.5100 12 12.8700 0.0000 2137130 100.00%

124968 66784 cutoff 12.8700 0.0000 2199329 100.00%

128400 68825 8.1900 16 12.8700 0.0000 2262912 100.00%

132093 71179 10.0429 12 12.8700 0.0000 2333226 100.00%

Impl Bds: 1

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

135338 73024 7.5400 11 12.8700 0.0000 2401248 100.00%

138970 75308 0.0000 25 12.8700 0.0000 2470660 100.00%

Impl Bds: 2

142499 77435 11.6500 10 12.8700 0.0000 2537574 100.00%

145353 79130 1.0893 29 12.8700 0.0000 2600788 100.00%

148184 80525 4.3541 36 12.8700 0.0000 2662582 100.00%

Cuts: 2

Elapsed real time = 342.28 sec. (tree size = 63.42 MB, solutions = 12)

151567 82484 8.0000 34 12.8700 0.0000 2722700 100.00%

154499 84103 4.6723 21 12.8700 0.0000 2786528 100.00%

Impl Bds: 1

157949 86356 0.7465 39 12.8700 0.0000 2852018 100.00%

Impl Bds: 2

160943 88018 0.0000 23 12.8700 0.0000 2920990 100.00%

164588 90240 cutoff 12.8700 0.0000 2991035 100.00%

168313 92115 8.3700 28 12.8700 0.0000 3056742 100.00%

171547 94229 9.0200 9 12.8700 0.0000 3118880 100.00%

174584 95856 0.0000 30 12.8700 0.0000 3173039 100.00%

Impl Bds: 8

177627 97020 6.4203 18 12.8700 0.0000 3224498 100.00%

Impl Bds: 28

180568 98846 5.8321 18 12.8700 0.0000 3283991 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Elapsed real time = 420.33 sec. (tree size = 77.50 MB, solutions = 12)

183075	100225	4.2128	21	12.8700	0.0000	3349248	100.00%
186520	102184	12.3800	16	12.8700	0.0000	3412881	100.00%
189716	103863	7.7400	29	12.8700	0.0000	3478779	100.00%
192674	105788	12.7500	11	12.8700	0.0000	3546163	100.00%

Impl Bds: 6

195571	107751	12.3500	8	12.8700	0.0000	3614260	100.00%
--------	--------	---------	---	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 15

198744	109781	12.4600	18	12.8700	0.0000	3680621	100.00%
201504	111708	0.3637	14	12.8700	0.0000	3741946	100.00%
204481	113463	7.7400	30	12.8700	0.0000	3803476	100.00%
207259	115028	11.8300	15	12.8700	0.0000	3861901	100.00%

Impl Bds: 12

210339	117091	infeasible		12.8700	0.0000	3922163	100.00%
--------	--------	------------	--	---------	--------	---------	---------

Elapsed real time = 499.56 sec. (tree size = 91.12 MB, solutions = 12)

213131	118962	0.0000	33	12.8700	0.0000	3981171	100.00%
216016	120916	7.0200	24	12.8700	0.0000	4043734	100.00%

Impl Bds: 15

218811	122562	infeasible		12.8700	0.0000	4106646	100.00%
--------	--------	------------	--	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 11

221179	124474	0.1000	33	12.8700	0.0000	4172997	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 2

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

223600	126415	0.5690	24	12.8700	0.0000	4238997	100.00%
Impl Bds: 13							
226313	128317	0.2600	43	12.8700	0.0000	4304489	100.00%
Impl Bds: 9							
229011	130142	12.3400	15	12.8700	0.0000	4368217	100.00%
Impl Bds: 1							
231938	132263	3.1739	21	12.8700	0.0000	4427386	100.00%
Impl Bds: 3							
234519	133909	0.0000	11	12.8700	0.0000	4488152	100.00%
236774	135426	1.0069	23	12.8700	0.0000	4546629	100.00%
Elapsed real time = 581.09 sec. (tree size = 105.95 MB, solutions = 12)							
239213	137028	1.5248	19	12.8700	0.0000	4604097	100.00%
Impl Bds: 16							
242111	139076	0.5565	34	12.8700	0.0000	4660690	100.00%
Impl Bds: 2							
245533	141317	12.2600	16	12.8700	0.0000	4719074	100.00%
249044	143607	11.1800	30	12.8700	0.0000	4775761	100.00%
*250074+144000				12.8600	0.0000	4798430	100.00%
251461	145040	0.1900	41	12.8600	0.0000	4839080	100.00%
253725	146688	7.7400	22	12.8600	0.0000	4899278	100.00%
Impl Bds: 11							
256044	148156	0.9984	44	12.8600	0.0000	4959040	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 16

258359 149867 infeasible 12.8600 0.0000 5020568 100.00%

Impl Bds: 5

261156 151480 0.0000 13 12.8600 0.0000 5081015 100.00%

Impl Bds: 4

263907 153215 11.8300 26 12.8600 0.0000 5137322 100.00%

Impl Bds: 3

Elapsed real time = 664.94 sec. (tree size = 119.50 MB, solutions = 13)

266932 155022 0.6013 28 12.8600 0.0000 5193934 100.00%

269858 156387 infeasible 12.8600 0.0000 5246940 100.00%

Impl Bds: 13

273055 157937 6.3645 20 12.8600 0.0000 5297846 100.00%

Cuts: 10

276222 159500 cutoff 12.8600 0.0000 5351415 100.00%

Impl Bds: 7

279642 160976 2.8054 13 12.8600 0.0000 5407633 100.00%

Impl Bds: 5

282847 162697 0.0000 20 12.8600 0.0000 5465429 100.00%

Cuts: 10

285813 164409 0.0755 17 12.8600 0.0000 5522952 100.00%

Impl Bds: 3

289209 165962 0.2900 27 12.8600 0.0000 5580055 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

292082 167515 5.5244 17 12.8600 0.0000 5637970 100.00%

Impl Bds: 15

295272 168978 infeasible 12.8600 0.0000 5695540 100.00%

Impl Bds: 5

Elapsed real time = 744.16 sec. (tree size = 132.69 MB, solutions = 13)

Nodefile size = 5.00 MB (1.68 MB after compression)

298446 170495 0.0000 18 12.8600 0.0000 5751579 100.00%

Impl Bds: 12

301762 171650 6.3930 15 12.8600 0.0000 5802237 100.00%

Impl Bds: 2

305022 173301 0.0000 28 12.8600 0.0000 5852937 100.00%

Impl Bds: 17

307970 174642 3.5275 15 12.8600 0.0000 5904004 100.00%

Impl Bds: 7

310864 175816 8.9500 16 12.8600 0.0000 5959405 100.00%

Impl Bds: 3

313960 177510 11.7600 10 12.8600 0.0000 6015354 100.00%

316936 179132 8.0600 13 12.8600 0.0000 6074713 100.00%

Impl Bds: 4

320284 180761 11.0168 10 12.8600 0.0000 6131572 100.00%

Impl Bds: 2

323040 182338 0.1685 27 12.8600 0.0000 6183265 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 5

326278 183462 0.0000 32 12.8600 0.0000 6237596 100.00%

Elapsed real time = 826.41 sec. (tree size = 144.34 MB, solutions = 13)

Nodefile size = 16.99 MB (5.48 MB after compression)

329510 184748 1.8737 14 12.8600 0.0000 6293265 100.00%

Impl Bds: 9

332646 186169 0.0000 20 12.8600 0.0000 6350157 100.00%

Impl Bds: 1

335507 187700 0.0000 21 12.8600 0.0000 6410917 100.00%

338196 188811 7.1879 14 12.8600 0.0000 6472224 100.00%

341044 189984 8.1826 13 12.8600 0.0000 6530636 100.00%

Cuts: 2

343993 191080 0.0000 28 12.8600 0.0000 6584466 100.00%

Impl Bds: 4

346844 192152 10.3000 11 12.8600 0.0000 6638499 100.00%

Impl Bds: 1

349648 193341 1.6782 26 12.8600 0.0000 6693062 100.00%

Impl Bds: 6

352166 194469 infeasible 12.8600 0.0000 6738932 100.00%

Impl Bds: 5

353774 195205 0.0000 19 12.8600 0.0000 6763119 100.00%

Elapsed real time = 913.09 sec. (tree size = 153.95 MB, solutions = 13)

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Nodefile size = 25.98 MB (8.65 MB after compression)

354553	195560	10.8004	11	12.8600	0.0000	6773941	100.00%
355674	196302	7.6613	15	12.8600	0.0000	6789780	100.00%
356774	196959	7.7400	9	12.8600	0.0000	6804412	100.00%
357274	197352	0.0000	21	12.8600	0.0000	6812665	100.00%
360568	198766	9.5900	13	12.8600	0.0000	6855484	100.00%
363668	200354	2.0716	21	12.8600	0.0000	6914464	100.00%

Impl Bds: 3

366833	201746	5.0431	12	12.8600	0.0000	6970782	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 2

369858	202792	0.0000	19	12.8600	0.0000	7023672	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 3

372874	204128	0.0000	18	12.8600	0.0000	7079218	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 4

Clique cuts applied: 2

Cover cuts applied: 3

Implied bound cuts applied: 650

Flow cuts applied: 1

Mixed integer rounding cuts applied: 6

Gomory fractional cuts applied: 2

MIP status(107): time limit exceeded

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Fixing integer variables, and solving final LP...

Tried aggregator 1 time.

LP Presolve eliminated 3311 rows and 2313 columns.

Aggregator did 9 substitutions.

Reduced LP has 8 rows, 9 columns, and 16 nonzeros.

Presolve time = 0.00 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .

Iteration: 1 Dual infeasibility = 0.000000

Iteration: 2 Dual objective = 6.520000

Fixed MIP status(1): optimal

Resource limit exceeded.

MIP Solution: 12.860000 (7118174 iterations, 375158 nodes)

Final Solve: 12.860000 (4 iterations)

Best possible: 0.000000

Absolute gap: 12.860000

Relative gap: 1.000000

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

--- Restarting execution

--- martes.gms(122) 2 Mb

--- Reading solution for model transp

--- martes.gms(122) 2 Mb

--- Executing after solve: elapsed 0:16:40.891

--- martes.gms(123) 3 Mb

\*\*\* Status: Normal completion

--- Job martes.gms Stop 04/20/19 17:28:03 elapsed 0:16:40.912

### 9.6. Script de resultados GAMS – miércoles/sábado

--- Job miercoles.gms Start 04/20/19 17:53:33 WEX-WEI 23.6.5 x86\_64/MS

Windows

GAMS Rev 236 Copyright (C) 1987-2011 GAMS Development. All rights reserved

Licensee: Gary Goldstein

G010614:2121CA-WIN

Decision Ware, Inc.

DC2807

--- Starting compilation

--- miercoles.gms(123) 3 Mb

--- Starting execution: elapsed 0:00:00.009

--- Generating MIP model transp

--- miercoles.gms(122) 5 Mb

--- 3,328 rows 2,331 columns 11,459 non-zeroes

--- 1,210 discrete-columns

--- miercoles.gms(122) 5 Mb

--- Executing CPLEX: elapsed 0:00:00.087

--- miercoles.gms(122) 5 Mb

IBM ILOG CPLEX Dec 13, 2010 23.6.5 WEX 24181.24195 WEI x86\_64/MS

Windows

Cplex 12.2.0.2, GAMS Link 34

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.

Reading data...

Starting Cplex...

Tried aggregator 2 times.

MIP Presolve eliminated 1406 rows and 863 columns.

MIP Presolve modified 3772 coefficients.

Aggregator did 498 substitutions.

Reduced MIP has 1424 rows, 970 columns, and 5956 nonzeros.

Reduced MIP has 939 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Probing time = 0.02 sec.

Tried aggregator 1 time.

Presolve time = 0.05 sec.

Probing time = 0.00 sec.

Clique table members: 8009.

MIP emphasis: balance optimality and feasibility.

MIP search method: dynamic search.

Parallel mode: none, using 1 thread.

Tried aggregator 1 time.

No LP presolve or aggregator reductions.

Presolve time = 0.01 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Iteration log . . .

Iteration: 1 Dual objective = -245.700000

Iteration: 62 Dual objective = -0.000000

Perturbation started.

Iteration: 103 Dual objective = 0.000000

Iteration: 165 Dual objective = 0.000003

Removing perturbation.

Root relaxation solution time = 0.03 sec.

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	IInf	Best Integer	Best Node	ItCnt	Gap
0	0	0.0000	43	0.0000	213		
*	0+	0	39.7100	0.0000	213	100.00%	
0	2	0.0000	8	39.7100	0.0000	213	100.00%
Elapsed real time = 0.23 sec. (tree size = 0.00 MB, solutions = 1)							
*	10+	10	30.2400	0.0000	393	100.00%	
*	21	19	integral	0	23.7100	0.0000	446 100.00%
297	287	0.0000	75	23.7100	0.0000	2493	100.00%
Impl Bds: 8							
*	509+	484	23.2000	0.0000	5353	100.00%	

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Cuts: 13

512	489	0.0000	14	23.2000	0.0000	6016	100.00%
527	499	0.0000	24	23.2000	0.0000	6457	100.00%
* 532+	340			22.1900	0.0000	6506	100.00%
561	305	4.8600	20	22.1900	0.0000	6813	100.00%
598	281	0.0000	42	22.1900	0.0000	7166	100.00%
653	257	0.0000	33	22.1900	0.0000	7697	100.00%

Cuts: 8

768	236	1.7483	26	22.1900	0.0000	9556	100.00%
-----	-----	--------	----	---------	--------	------	---------

Impl Bds: 14

906	192	cutoff		22.1900	0.0000	11235	100.00%
-----	-----	--------	--	---------	--------	-------	---------

Cuts: 8

* 912+	183			22.0600	0.0000	11362	100.00%
* 1312+	381			21.5200	0.0000	15340	100.00%

Impl Bds: 7

1422	409	9.3600	11	21.5200	0.0000	16147	100.00%
------	-----	--------	----	---------	--------	-------	---------

Elapsed real time = 7.76 sec. (tree size = 0.42 MB, solutions = 7)

* 1812+	561			21.4200	0.0000	19711	100.00%
2260	762	9.3600	18	21.4200	0.0000	23027	100.00%

Impl Bds: 10

3061	1151	13.7600	18	21.4200	0.0000	30396	100.00%
------	------	---------	----	---------	--------	-------	---------

Cuts: 25

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

3739 1580 0.0000 22 21.4200 0.0000 37402 100.00%

Impl Bds: 18

4454 2017 19.7469 6 21.4200 0.0000 45793 100.00%

Impl Bds: 30

5345 2476 9.0200 10 21.4200 0.0000 56629 100.00%

Impl Bds: 16

6213 2949 0.0000 16 21.4200 0.0000 69600 100.00%

Impl Bds: 8

7011 3252 7.0600 20 21.4200 0.0000 78827 100.00%

Impl Bds: 26

7704 3608 3.3468 14 21.4200 0.0000 89565 100.00%

Cuts: 24

8412 3925 1.0237 31 21.4200 0.0000 99997 100.00%

Impl Bds: 11

9205 4357 0.0000 48 21.4200 0.0000 111610 100.00%

Impl Bds: 14

Elapsed real time = 25.64 sec. (tree size = 3.67 MB, solutions = 8)

9923 4824 0.2096 29 21.4200 0.0000 123830 100.00%

Impl Bds: 24

10660 5145 16.7123 8 21.4200 0.0000 134981 100.00%

Impl Bds: 25

\* 10752+ 5071 21.1100 0.0000 136028 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

* 10752+ 5059				20.9900	0.0000	136028	100.00%
* 10752+ 5058				20.9600	0.0000	136028	100.00%
10779 5075	1.5204	29		20.9600	0.0000	136691	100.00%
11334 5398	8.4889	25		20.9600	0.0000	148847	100.00%
Cuts: 3							
11825 5747	0.0000	18		20.9600	0.0000	158036	100.00%
12480 6180	0.8566	41		20.9600	0.0000	170700	100.00%
Impl Bds: 12							
13337 6854	6.3600	17		20.9600	0.0000	183211	100.00%
14121 7386	1.3412	40		20.9600	0.0000	195714	100.00%
Impl Bds: 24							
14742 7818	5.5267	53		20.9600	0.0000	208098	100.00%
Impl Bds: 24							
15412 8199	0.0000	22		20.9600	0.0000	218819	100.00%
Impl Bds: 11							
Elapsed real time = 44.34 sec. (tree size = 6.87 MB, solutions = 11)							
15993 8523	0.0225	37		20.9600	0.0000	230162	100.00%
Impl Bds: 18							
16542 8829	0.7715	45		20.9600	0.0000	241297	100.00%
Cuts: 11							
17155 9190	5.7400	20		20.9600	0.0000	252338	100.00%
Impl Bds: 11							

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

17812 9495 0.0000 80 20.9600 0.0000 262699 100.00%

Impl Bds: 10

18343 9935 4.9863 31 20.9600 0.0000 274903 100.00%

Impl Bds: 23

19027 10392 10.5800 25 20.9600 0.0000 287075 100.00%

Impl Bds: 13

19808 10903 1.2597 30 20.9600 0.0000 300079 100.00%

Impl Bds: 8

20576 11322 0.0000 25 20.9600 0.0000 313228 100.00%

Impl Bds: 2

21214 11750 1.3238 40 20.9600 0.0000 325255 100.00%

21899 12164 3.0164 22 20.9600 0.0000 337258 100.00%

Impl Bds: 2

Elapsed real time = 62.91 sec. (tree size = 10.26 MB, solutions = 11)

22455 12463 0.0000 36 20.9600 0.0000 347610 100.00%

Impl Bds: 14

22983 12801 1.4027 17 20.9600 0.0000 359122 100.00%

Impl Bds: 12

23831 13161 0.0000 52 20.9600 0.0000 370136 100.00%

Impl Bds: 2

24611 13521 2.4105 17 20.9600 0.0000 382770 100.00%

25292 13937 19.4800 15 20.9600 0.0000 395936 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 2

26064 14557 infeasible 20.9600 0.0000 408855 100.00%

Impl Bds: 2

26912 15152 6.2241 30 20.9600 0.0000 422681 100.00%

Impl Bds: 4

27712 15618 20.4400 8 20.9600 0.0000 435097 100.00%

Impl Bds: 3

28289 15960 0.0000 22 20.9600 0.0000 447241 100.00%

Impl Bds: 4

28830 16279 0.0000 37 20.9600 0.0000 458286 100.00%

Impl Bds: 8

Elapsed real time = 81.33 sec. (tree size = 13.75 MB, solutions = 11)

29425 16671 1.9877 16 20.9600 0.0000 469558 100.00%

Impl Bds: 3

29974 17067 5.8625 26 20.9600 0.0000 481457 100.00%

Impl Bds: 5

30660 17527 9.0800 27 20.9600 0.0000 493303 100.00%

31460 18125 3.3897 17 20.9600 0.0000 506944 100.00%

32107 18507 20.3900 11 20.9600 0.0000 520179 100.00%

Impl Bds: 6

32854 19038 0.1414 34 20.9600 0.0000 533823 100.00%

Cuts: 7

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

* 33092+18810			20.6100	0.0000	538261	100.00%
* 33192+18352			20.3800	0.0000	539853	100.00%
33545 18612	0.0528	30	20.3800	0.0000	546656	100.00%
34157 19014	0.0000	25	20.3800	0.0000	561126	100.00%
34897 19473	5.0875	23	20.3800	0.0000	575402	100.00%
Impl Bds: 6						
35565 19824	cutoff		20.3800	0.0000	588579	100.00%
Impl Bds: 7						
Elapsed real time = 100.38 sec. (tree size = 16.94 MB, solutions = 13)						
36075 20093	4.9925	55	20.3800	0.0000	598769	100.00%
Impl Bds: 5						
36563 20379	10.1600	13	20.3800	0.0000	608211	100.00%
Impl Bds: 3						
37096 20645	5.5771	26	20.3800	0.0000	619401	100.00%
37904 21087	8.2200	11	20.3800	0.0000	633035	100.00%
Impl Bds: 1						
38388 21361	9.7397	8	20.3800	0.0000	645697	100.00%
39097 21738	2.6409	35	20.3800	0.0000	659708	100.00%
Impl Bds: 1						
39776 22205	2.8641	35	20.3800	0.0000	673127	100.00%
Impl Bds: 1						
40268 22526	13.0407	27	20.3800	0.0000	684585	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 4

40924 22941 0.0000 28 20.3800 0.0000 697684 100.00%

Impl Bds: 5

41623 23462 1.5898 29 20.3800 0.0000 710377 100.00%

Elapsed real time = 119.08 sec. (tree size = 19.85 MB, solutions = 13)

42271 23900 7.6900 19 20.3800 0.0000 722981 100.00%

MIRcuts: 1

43038 24301 0.6926 56 20.3800 0.0000 734006 100.00%

Impl Bds: 3

43479 24569 cutoff 20.3800 0.0000 745302 100.00%

Impl Bds: 15

44067 24834 8.1788 15 20.3800 0.0000 756123 100.00%

Impl Bds: 2

44596 25163 7.2935 17 20.3800 0.0000 767592 100.00%

Impl Bds: 8

45105 25436 0.0000 51 20.3800 0.0000 779773 100.00%

Impl Bds: 9

45562 25738 9.6826 26 20.3800 0.0000 791880 100.00%

Impl Bds: 5

46051 26108 13.0300 17 20.3800 0.0000 804814 100.00%

Impl Bds: 5

46625 26513 3.6138 20 20.3800 0.0000 817908 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Cuts: 3

47220	26873	0.0000	24	20.3800	0.0000	831294	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 4

Elapsed real time = 137.81 sec. (tree size = 22.56 MB, solutions = 13)

47942	27391	5.9414	21	20.3800	0.0000	843646	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

48408	27621	0.0000	23	20.3800	0.0000	856312	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

49190	27975	1.1034	20	20.3800	0.0000	869383	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

49845	28368	27.0500	11	20.3800	0.0000	883200	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

50312	28704	16.9500	19	20.3800	0.0000	894756	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

50871	29071	5.8624	17	20.3800	0.0000	908099	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

51541	29475	7.6581	26	20.3800	0.0000	921856	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

52145	29885	0.0000	22	20.3800	0.0000	934737	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 8

52727	30229	0.0000	49	20.3800	0.0000	948992	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 1

53423	30747	11.1417	14	20.3800	0.0000	963001	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

Elapsed real time = 156.61 sec. (tree size = 25.68 MB, solutions = 13)

54142	31227	8.5271	15	20.3800	0.0000	977599	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 4

54794	31654	18.2700	16	20.3800	0.0000	991194	100.00%
-------	-------	---------	----	---------	--------	--------	---------

Impl Bds: 1

55541	32174	6.2785	17	20.3800	0.0000	1004648	100.00%
-------	-------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 2

56154 32571 0.0000 38 20.3800 0.0000 1017320 100.00%

Impl Bds: 2

56698 32934 10.9800 12 20.3800 0.0000 1030015 100.00%

Impl Bds: 4

57312 33300 7.5600 16 20.3800 0.0000 1042533 100.00%

57978 33519 7.2500 27 20.3800 0.0000 1054649 100.00%

Impl Bds: 2

58537 33813 6.2734 14 20.3800 0.0000 1066024 100.00%

59244 33977 0.0000 41 20.3800 0.0000 1075747 100.00%

Impl Bds: 3

61567 35394 17.2700 9 20.3800 0.0000 1122514 100.00%

Impl Bds: 11

Elapsed real time = 180.72 sec. (tree size = 30.32 MB, solutions = 13)

64497 37315 11.6000 9 20.3800 0.0000 1174044 100.00%

Impl Bds: 12

67412 38485 0.4974 41 20.3800 0.0000 1218990 100.00%

Impl Bds: 8

69985 39898 6.0660 22 20.3800 0.0000 1275180 100.00%

Impl Bds: 1

73913 42300 infeasible 20.3800 0.0000 1323235 100.00%

Impl Bds: 1

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

77472	44375	12.5300	9	20.3800	0.0000	1367807	100.00%
* 78712+44630				20.3100	0.0000	1383890	100.00%
80763	45639	10.8200	12	20.3100	0.0000	1409331	100.00%
84062	47337	6.9220	18	20.3100	0.0000	1454496	100.00%
86631	48473	6.5600	68	20.3100	0.0000	1495704	100.00%
88411	49933	0.2355	22	20.3100	0.0000	1538220	100.00%
Impl Bds: 16							
90081	51080	0.0000	63	20.3100	0.0000	1577210	100.00%
Impl Bds: 44							
Elapsed real time = 253.98 sec. (tree size = 43.46 MB, solutions = 14)							
92433	52582	0.3471	27	20.3100	0.0000	1628588	100.00%
Impl Bds: 7							
95142	54171	14.6258	6	20.3100	0.0000	1679623	100.00%
Impl Bds: 4							
97158	55475	4.0971	26	20.3100	0.0000	1726646	100.00%
Impl Bds: 12							
99966	57036	13.6800	16	20.3100	0.0000	1777460	100.00%
Cuts: 12							
102046	58342	15.2205	10	20.3100	0.0000	1829337	100.00%
Impl Bds: 5							
104740	59872	10.8800	10	20.3100	0.0000	1877871	100.00%
Impl Bds: 11							

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

108398 61480 0.0000 12 20.3100 0.0000 1919272 100.00%

Impl Bds: 2

111604 62957 3.7517 36 20.3100 0.0000 1957322 100.00%

Impl Bds: 2

114149 64523 10.1474 14 20.3100 0.0000 2003734 100.00%

Impl Bds: 8

116680 65873 7.2771 16 20.3100 0.0000 2045749 100.00%

Impl Bds: 17

Elapsed real time = 327.14 sec. (tree size = 57.49 MB, solutions = 14)

119396 67343 13.9300 24 20.3100 0.0000 2093783 100.00%

Impl Bds: 5

122365 69053 1.9237 26 20.3100 0.0000 2143441 100.00%

Impl Bds: 5

126012 71037 1.1103 10 20.3100 0.0000 2184662 100.00%

Impl Bds: 7

129306 72768 0.0000 17 20.3100 0.0000 2233992 100.00%

132641 74357 12.8236 7 20.3100 0.0000 2277249 100.00%

Impl Bds: 3

135457 75830 0.2591 55 20.3100 0.0000 2324003 100.00%

Impl Bds: 5

138270 77159 0.4717 66 20.3100 0.0000 2365715 100.00%

Impl Bds: 15

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

141126 78580 9.8152 14 20.3100 0.0000 2410210 100.00%

Impl Bds: 2

144668 80012 2.5902 30 20.3100 0.0000 2452593 100.00%

148232 81591 1.5030 27 20.3100 0.0000 2496458 100.00%

Elapsed real time = 399.23 sec. (tree size = 70.95 MB, solutions = 14)

151254 83001 0.0000 39 20.3100 0.0000 2540390 100.00%

153684 84272 0.0000 21 20.3100 0.0000 2584064 100.00%

156208 85557 10.7100 27 20.3100 0.0000 2631211 100.00%

158968 87115 12.2150 8 20.3100 0.0000 2677392 100.00%

161501 88521 13.0900 8 20.3100 0.0000 2725368 100.00%

164158 89961 16.8121 13 20.3100 0.0000 2771266 100.00%

Cuts: 9

167314 91372 cutoff 20.3100 0.0000 2809888 100.00%

169488 92819 infeasible 20.3100 0.0000 2857590 100.00%

171542 94115 1.9304 31 20.3100 0.0000 2903297 100.00%

173896 95743 7.5600 16 20.3100 0.0000 2947621 100.00%

Impl Bds: 6

Elapsed real time = 472.17 sec. (tree size = 83.00 MB, solutions = 14)

176468 97288 9.8647 20 20.3100 0.0000 2994482 100.00%

Impl Bds: 2

179055 98948 0.2939 45 20.3100 0.0000 3036060 100.00%

Impl Bds: 1

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

181101 100396 5.5862 27 20.3100 0.0000 3082994 100.00%

Impl Bds: 7

183142 101700 8.6700 19 20.3100 0.0000 3131105 100.00%

Impl Bds: 16

185201 103124 18.9700 9 20.3100 0.0000 3176182 100.00%

Impl Bds: 16

187594 104437 6.8140 23 20.3100 0.0000 3223900 100.00%

Impl Bds: 3

189889 105797 0.0000 24 20.3100 0.0000 3270574 100.00%

Impl Bds: 3

192405 107422 0.0000 20 20.3100 0.0000 3317919 100.00%

195137 108997 0.0000 27 20.3100 0.0000 3363192 100.00%

197682 110860 0.2631 30 20.3100 0.0000 3410085 100.00%

Cuts: 4

Elapsed real time = 545.69 sec. (tree size = 96.39 MB, solutions = 14)

200223 112617 cutoff 20.3100 0.0000 3450558 100.00%

Covers: 1

202628 114299 0.9246 30 20.3100 0.0000 3493141 100.00%

Impl Bds: 1

205146 115879 0.0008 76 20.3100 0.0000 3536682 100.00%

207865 117536 2.2288 21 20.3100 0.0000 3581776 100.00%

209840 118651 13.0100 10 20.3100 0.0000 3618381 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Fract: 1

212569 119803 12.3600 11 20.3100 0.0000 3657265 100.00%

Cuts: 6

215634 120906 0.0000 36 20.3100 0.0000 3694609 100.00%

218995 122106 12.6900 7 20.3100 0.0000 3737119 100.00%

221861 123373 0.0082 38 20.3100 0.0000 3782008 100.00%

Impl Bds: 13

224608 124595 0.0000 24 20.3100 0.0000 3825981 100.00%

Elapsed real time = 618.05 sec. (tree size = 108.90 MB, solutions = 14)

227443 125918 13.9700 7 20.3100 0.0000 3867457 100.00%

Impl Bds: 25

229926 126891 5.8600 21 20.3100 0.0000 3912274 100.00%

Cuts: 9

232333 128309 4.9023 38 20.3100 0.0000 3961323 100.00%

235296 129983 0.0000 30 20.3100 0.0000 4006891 100.00%

238173 130894 0.0000 15 20.3100 0.0000 4046960 100.00%

240912 132284 6.1389 15 20.3100 0.0000 4085905 100.00%

243411 133235 6.9000 17 20.3100 0.0000 4126636 100.00%

Impl Bds: 1

245812 134060 17.8024 6 20.3100 0.0000 4167589 100.00%

Impl Bds: 3

248711 135658 0.0000 22 20.3100 0.0000 4209616 100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Cliques: 1

251326 136938 9.3600 23 20.3100 0.0000 4254878 100.00%

Elapsed real time = 690.59 sec. (tree size = 121.31 MB, solutions = 14)

254075 138120 7.0600 48 20.3100 0.0000 4297236 100.00%

Impl Bds: 8

256674 139261 10.8400 6 20.3100 0.0000 4339363 100.00%

Impl Bds: 12

259057 140517 11.6941 10 20.3100 0.0000 4383564 100.00%

Impl Bds: 7

260886 141367 infeasible 20.3100 0.0000 4424877 100.00%

Impl Bds: 8

263713 142439 0.0000 16 20.3100 0.0000 4468991 100.00%

Cuts: 3

266743 143988 4.3249 13 20.3100 0.0000 4513336 100.00%

269638 144902 0.2866 28 20.3100 0.0000 4556685 100.00%

271848 145975 0.0831 22 20.3100 0.0000 4604835 100.00%

Impl Bds: 1

274268 147231 2.2626 19 20.3100 0.0000 4646860 100.00%

Impl Bds: 3

276838 148070 2.9301 21 20.3100 0.0000 4688129 100.00%

Cuts: 2

Elapsed real time = 764.34 sec. (tree size = 131.62 MB, solutions = 14)

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Nodefile size = 4.00 MB (1.28 MB after compression)

278809	149104	0.4375	57	20.3100	0.0000	4731795	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Covers: 1

281452	150531	3.5199	32	20.3100	0.0000	4771280	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

283391	151642	1.4005	23	20.3100	0.0000	4815532	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Cuts: 3

285447	152868	1.9700	35	20.3100	0.0000	4861358	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 3

287286	154059	0.0000	44	20.3100	0.0000	4907019	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Cuts: 2

289584	155581	9.0102	16	20.3100	0.0000	4951406	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 6

291786	156786	infeasible		20.3100	0.0000	4997229	100.00%
--------	--------	------------	--	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 1

294210	157972	5.2332	18	20.3100	0.0000	5044594	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

297007	159390	0.0000	13	20.3100	0.0000	5086926	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 4

299904	160725	0.0000	30	20.3100	0.0000	5129115	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 1

Elapsed real time = 838.91 sec. (tree size = 143.16 MB, solutions = 14)

Nodefile size = 15.96 MB (5.63 MB after compression)

302670	162405	3.4235	27	20.3100	0.0000	5174948	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 2

305036	163645	0.0000	28	20.3100	0.0000	5223054	100.00%
306999	165058	9.1047	36	20.3100	0.0000	5266082	100.00%

Impl Bds: 2

309582	165949	0.0000	21	20.3100	0.0000	5303579	100.00%
312105	166666	14.4966	9	20.3100	0.0000	5343330	100.00%
314425	167717	0.5249	48	20.3100	0.0000	5388263	100.00%
316669	169154	0.0000	96	20.3100	0.0000	5430669	100.00%
318869	170535	0.0000	29	20.3100	0.0000	5473142	100.00%

Covers: 1

320212	171479	0.0498	27	20.3100	0.0000	5502902	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 1

*321012+171934				20.3000	0.0000	5518298	100.00%
321370	172118	infeasible		20.3000	0.0000	5524748	100.00%

Elapsed real time = 914.94 sec. (tree size = 153.57 MB, solutions = 15)

Nodefile size = 25.93 MB (9.65 MB after compression)

322912	172962	8.6911	15	20.3000	0.0000	5554303	100.00%
--------	--------	--------	----	---------	--------	---------	---------

Impl Bds: 1

324088	173225	0.0000	31	20.3000	0.0000	5574417	100.00%
325212	173578	0.0000	20	20.3000	0.0000	5592914	100.00%
326306	173851	0.0000	19	20.3000	0.0000	5612756	100.00%
327950	174356	infeasible		20.3000	0.0000	5642300	100.00%

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Impl Bds: 1

328640	174566	0.0000	34	20.3000	0.0000	5656423	100.00%
329912	175242	4.6891	12	20.3000	0.0000	5678150	100.00%
331924	176183	7.4000	33	20.3000	0.0000	5725062	100.00%
333509	176952	5.9266	17	20.3000	0.0000	5775473	100.00%
335412	177830	0.0000	39	20.3000	0.0000	5824368	100.00%

Impl Bds: 2

Elapsed real time = 994.72 sec. (tree size = 158.75 MB, solutions = 15)

Nodefile size = 30.93 MB (11.33 MB after compression)

GUB cover cuts applied: 1

Clique cuts applied: 3

Cover cuts applied: 7

Implied bound cuts applied: 1024

Flow cuts applied: 1

Mixed integer rounding cuts applied: 12

Zero-half cuts applied: 3

Gomory fractional cuts applied: 3

MIP status(107): time limit exceeded

Fixing integer variables, and solving final LP...

Tried aggregator 1 time.

LP Presolve eliminated 3290 rows and 2300 columns.

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

Aggregator did 18 substitutions.

Reduced LP has 20 rows, 13 columns, and 40 nonzeros.

Presolve time = 0.00 sec.

Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .

Iteration: 1 Dual infeasibility = 2.000000

Iteration: 5 Dual objective = -10.470000

Fixed MIP status(1): optimal

Resource limit exceeded.

MIP Solution: 20.300000 (5855706 iterations, 336411 nodes)

Final Solve: 20.300000 (13 iterations)

Best possible: 0.000000

Absolute gap: 20.300000

Relative gap: 1.000000

--- Restarting execution

--- miercoles.gms(122) 2 Mb

--- Reading solution for model transp

Propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa

Alimentos Cárnicos - Zenú en la zona del Urabá Antioqueño

--- miercoles.gms(122) 2 Mb

--- Executing after solve: elapsed 0:16:40.482

--- miercoles.gms(123) 3 Mb

\*\*\* Status: Normal completion

--- Job miercoles.gms Stop 04/20/19 18:10:13 elapsed 0:16:40.499