

**DISEÑO DE UN MODELO OPERATIVO PARA LA ASIGNACIÓN DE  
RECURSOS VEHÍCULARES DE TIPO DE CARGA PAQUETEO EXPRESS A  
NIVEL NACIONAL EN LA COOPERATIVA SANTANDEREANA DE  
TRANSPORTADORES “COPETRAN LTDA”**

**NADIA FERNANDA MURCIA VILLAMIL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**DISEÑO DE UN MODELO OPERATIVO PARA LA ASIGNACIÓN DE  
RECURSOS VEHÍCULARES DE TIPO DE CARGA PAQUETEO EXPRESS A  
NIVEL NACIONAL EN LA COOPERATIVA SANTANDEREANA DE  
TRANSPORTADORES “COPETRAN LTDA”**

**NADIA FERNANDA MURCIA VILLAMIL COD: 2083023**

**Proyecto presentado como requisito para optar al título de:  
INGENIERA INDUSTRIAL**

**Director:  
Carlos Eduardo Díaz Bohórquez  
Msc. Ingeniero Industrial**

**Tutor:  
Andrés Humberto Calderón Carvajal  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi Dios que me dio fortaleza, sabiduría, entendimiento y paz que necesité día a día para seguir adelante. A mi mamá, la pequeña Lulú por ser el motor de mi vida, por ser la razón de mí existir, por ser una mujer luchadora, mi mayor ejemplo a seguir. A mis hermanos: Lady, Ingri, Cindy y mi Eliitas por creer en mí, en mis habilidades. A mi cielo José David por ser mi apoyo incondicional, cuando más me sentía agobiada y sin ganas de seguir, era quien me animaba a seguir adelante, sacrificando su trabajo, gracias mi vida porque eres el angelito que Dios me mando. A mi director de proyecto el profesor Carlos Eduardo Díaz por su orientación y sobre todo por su paciencia durante el desarrollo del proyecto. A Tatiana, Daniel y Marvin porque sin ningún interés me colaboraron, me guiaron en el desarrollo del proyecto.*

*A mi amiga Gloria Isabel y Astrid Andrea por ofrecerme una amistad sincera e incondicional.*

*A toda la familia Copetran: al ingeniero Andrés, Don Miguel, Olguita, Gerardo por acogerme y colaborarme durante todo el proyecto realizado para la empresa. A todas aquellas personas que me ayudaron para alcanzar el logro de esta meta.*

## **DEDICATORIA**

A mi Dios por bendecirme para alcanzar todas mis metas propuestas.

A mi madre por su amor, apoyo incondicional y por la educación brindada durante toda mi vida.

A mis hermanos porque me dieron fuerza para seguir adelante con mi carrera.

A mi amor lindo, mi angelito de la guarda por brindarme un amor puro y sincero.  
Por tenerme tanta paciencia.

A mi tío que es y ha sido como un padre para mí, por sus enseñanzas, amor, buenos consejos y sobre todo por su apoyo.

A mis amigas y amigos por su amistad y su compañía.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	16
1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	18
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	18
1.2 OBJETO SOCIAL .....	19
1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	19
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	20
1.4.1 Número de cargos. ....	20
1.4.2 Número de empleados directos e indirectos. ....	20
1.5 PORTAFOLIO DE SERVICIOS OFRECIDOS POR COPETRAN.....	20
1.5.1 Servicio de transporte de carga. ....	21
1.5.2 Servicio de transporte de pasajeros.....	22
1.5.3 Turismo.....	22
1.5.4 Giros. ....	22
2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO PARA EL TIPO DE CARGA PAQUETEO EXPRESS .....	23
2.1 DEFINICIÓN DE PAQUETEO EXPRESS .....	23
2.2 PRESTACIÓN DEL SERVICIO.....	23
2.2.1 Comercial.....	24
2.2.2 Formalización del servicio.....	24

2.2.3	Tránsito y entrega de mercancía. ....	24
2.3	DESCRIPCIÓN DE LA FLOTA DE VEHICULAR.....	24
2.4	COMPARATIVO EN FLETES PAQUETEO Y ENCOMIENDAS .....	25
2.5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN VEHICULAR .....	27
2.5.1	Registro en clavijero. ....	27
2.5.2	Selección y asignación de vehículos. ....	28
2.5.3	Documentos para el transporte de mercancías. ....	29
2.5.4	Despacho de vehículos tercerizados. ....	29
2.6	COSTOS DE TRANSPORTE .....	30
3	GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	33
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
3.2	OBJETIVOS.....	35
3.2.1	Objetivo general.....	35
3.2.2	Objetivos específicos.....	35
3.3	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	36
3.4	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	37
4	MARCO TEÓRICO .....	41
4.1	LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE .....	41
4.2	PROBLEMA DE ASIGNACIÓN.....	45
4.3	CASOS PRÁCTICOS .....	47
4.4	MARCO DE ANTECEDENTES.....	49
5	ANÁLISIS REMESAS REGISTRADAS EN LOS AÑOS 2013 Y 2014 .....	55
5.1	DEMANDA.....	55
6	DISEÑO DEL MODELO.....	70

6.1	FORMULACIÓN MATEMÁTICA PROPUESTA .....	70
6.1.1	Supuestos.....	71
6.1.2	Datos de entrada. ....	72
6.1.3	Solución programación lineal.....	73
6.1.4	Función objetivo.....	74
6.1.6	Variables.....	74
6.1.7	Restricción. ....	75
6.1.8	Notación.....	76
6.1.9	Ecuaciones. ....	77
6.2	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO .....	78
6.2.1	Bloques de un modelo en GAMS.....	78
6.2.2	Declaración de conjuntos.....	79
6.2.3	Datos de entrada. ....	80
6.2.4	Variables.....	82
6.2.5	Ecuaciones. ....	82
6.2.6	Solución del modelo.....	83
7	RESULTADOS OBTENIDOS.....	84
8	CONCLUSIONES .....	90
9	RECOMENDACIONES .....	92
	BIBLIOGRAFÍA .....	93

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Caracterización de la flota vehicular Copetran Ltda. ....	25
<b>Tabla 2.</b> Comparativo en fletes paqueteo y encomiendas. ....	25
<b>Tabla 3.</b> Comparativa producción por tipo de vehículo. ....	26
<b>Tabla 4.</b> Toneladas transportadas del tipo de carga Paqueteo Express. ....	39
<b>Tabla 5.</b> Capacidad Real Vs Capacidad utilizada de la flota vehicular de los años 2013 y 2014. ....	40
<b>Tabla 6.</b> Rutas ciudades principales. ....	59
<b>Tabla 7.</b> Clusters de rutas Copetran Ltda. ....	60
<b>Tabla 8.</b> Resultados Análisis Demanda (Kg) Copetran Ltda., años 2013, 2014 y 2015. ....	66
<b>Tabla 9.</b> Resultados programación semanal vehicular por ruta. ....	89

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Servicios de Transporte de mercancías ofrecidos por Copetran Ltda....	21
<b>Figura 2.</b> Mapa de procesos Copetran Ltda. ....	23
<b>Figura 3.</b> Comparativo de fletes detallado por tipo de vehículo.....	26
<b>Figura 4.</b> Clavijero Copetran Ltda. ....	28
<b>Figura 5.</b> Estructura de costos. ....	31
<b>Figura 6.</b> Actividades Logísticas.....	42
<b>Figura 7.</b> Rutas transporte de encomiendas Copetran Ltda.....	58
<b>Figura 8.</b> Metodología solución programación lineal. ....	73
<b>Figura 10.</b> Declaración y asignación de conjuntos en GAMS.....	80
<b>Figura 11.</b> Declaración y asignación de parámetros en GAMS.....	81
<b>Figura 12 .</b> Declaración y asignación de Tablas en GAMS .....	81
<b>Figura 13.</b> Declaración y asignación de variables en GAMS.....	82
<b>Figura 14.</b> Declaración y asignación de ecuaciones en GAMS.....	83
<b>Figura 15.</b> Solución modelo matemático .....	86

## **LISTA DE ANEXOS**

**Nota:** Los siguientes anexos se encuentran en carpeta adjunta, donde pueden ser consultados en la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander, Sala Base de datos.

**ANEXO A.** Estructura Organizacional de la empresa

**ANEXO B.** Definiciones

**ANEXO C.** Tabla de anticipos vehículos sencillos

**ANEXO D.** Tabla relaciones económicas mínimas entre las empresas de transporte y el propietario del vehículo vinculado

**ANEXO E.** Análisis datos demanda 2013

**ANEXO F.** Análisis datos demanda 2013

**ANEXO G.** Análisis datos demanda 2013

**ANEXO H.** Solución del Modelo Matemático

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE UN MODELO OPERATIVO PARA LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS VEHICULARES DE TIPO DE CARGA PAQUETEO EXPRESS A NIVEL NACIONAL EN LA COOPERATIVA SANTANDEREANA DE TRANSPORTADORES “COPETLAN LTDA”.\*

**AUTOR:** MURCIA VILLAMIL, Nadia Fernanda\*\*.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo de asignación, Asignación vehicular, análisis estadístico.

### DESCRIPCIÓN

El presente proyecto de grado diseña un modelo operativo para la asignación de recursos vehiculares para la empresa Copetlan Ltda., su objetivo es realizar una planeación semanal de los vehículos necesarios en cada uno de los nodos principales, logrando así tener una mayor participación de los asociados. El punto de partida para el correcto desarrollo del proyecto inició con el agrupamiento de los datos y las rutas suministradas por la empresa. Teniendo la información de las rutas se procede a organizar los datos, posteriormente un análisis de la demanda con el fin de garantizar una representación cercana al comportamiento de la compañía.

En esta investigación, se diseña el modelo matemático con sus respectivas restricciones, datos de entrada, función objetivo y variables, con una descripción detallada de cada uno de los elementos que lo componen. Se realizó la programación del modelo matemático en el software General Algebraic Modeling System (GAMS). Una vez obtenidos los resultados arrojados por el software se comparó la programación semanal con la situación actual de la empresa, donde se evidenció que los resultados son la solución a la problemática que se presenta en la empresa Copetlan Ltda., en cuanto a la asignación vehicular.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y empresariales. Ingeniería Industrial. Director: Msc. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, Tutor: Ing. Andrés Humberto Calderón.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF A MODEL OPERATIVE FOR THE ASSIGNMENT OF RESOURCE VEHICULAR OF LOAD TYPE PACKAGE EXPRESS AT THE NATIONAL LEVEL COOPERATIVE IN SANTANDEREANA OF TRANSPORTADORES “COPETLAN LTDA” \*

**AUTHOR:** MURCIA VILLAMI, Nadia Fernanda \*\*

**KEY WORDS:** Model of assignment, assignment vehicles, statistical analysis.

### DESCRIPTION:

The next degree project designs an operative model for vehicular resources assignment for Copetlan Ltda. company. Its target is to performance an weekly planning for needed vehicles in each one of main nodes, reaching a major associates participation. Starting point for a proper project development was a data collect from company supplied routes. With routes information, the next step is to organize data and later an analysis of demand with the final purpose to guarantee a near behavioral representation of company.

This is investigation a mathematical model was designed with its respective restrictions, input data, objective function and variables, with detailed description of each elements that compose it. A programming for mathematical model was made with software General Algebraic Modeling System (GAMS). When the results from software were obtained, a comparison between weekly planning and actual company's situation was performed, what made evident that results are the solution to actual problematic, about vehicular assignment in Copetlan Ltda. company.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of Physics Mechanics Engineering. School of Industrial and Bussiness Studies. Industrial Engineering. Director: Msc. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez. Tutor: Eng. Andrés Humberto Calderón

## TABLA CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
1	Revisar la literatura existente relacionada con la asignación de recursos vehiculares para identificar el modelo que se ajuste a la operación actual.	Capítulo 4. Marco Teórico
2	Analizar los procesos actuales de asignación de vehículos para identificar fortalezas y oportunidades de mejora.	Capítulo 3. Generalidades del Proyecto
3	Realizar un análisis estadístico a las remesas registradas del servicio Paqueteo Express de los años 2013 y 2014, caracterizando patrones de comportamiento de la demanda según el día de la semana para cada uno de los meses.	Capítulo 5. Análisis remesas registradas en los años 2013 y 2014
4	Construcción y validación de un modelo matemático que permita la asignación del recurso vehicular en un horizonte de tiempo semanal para cada uno de los nodos.	Capítulo 6. Diseño del Modelo
5	Realizar una prueba piloto para comprobar la efectividad del modelo.	Capítulo 7. Resultados Obtenidos

## INTRODUCCIÓN

Debido al alto grado de competencia en el sector, el transporte de carga se ha convertido en un elemento clave que puede agregar o quitar valor en las empresas, algunas empresas dedicadas al transporte, han evolucionado y se han transformado en grandes operadores logísticos con herramientas tecnológicas y operativas. Por las exigencias del mercado las empresas tienen como objetivo fundamental pensar en el cliente, en sus necesidades y hábitos de consumo, con el fin de poder ofrecer productos y servicios de alta calidad que superen sus expectativas.

Copetran Ltda., es una cooperativa dedicada al transporte de pasajeros y carga a nivel nacional e internacional, la necesidad de ser más competitivos a través de entregas rápidas en sus envíos, conservando la calidad del producto y generando un aumento en los ingresos de sus asociados sin afectar el factor costo, los han impulsado a adoptar nuevas estrategias para abarcar parte del mercado que ha ganado la competencia en los últimos años.

Este proyecto de grado se enfoca en mejorar el proceso de asignación de los vehículos asociados al transporte de carga tipo Paqueteo Express, logrando una mayor eficiencia en el manejo de los recursos disponibles, lo cual se verá reflejado en la rotación de los vehículos y el aprovechamiento de la capacidad operativa.

El presente documento describe el proceso que se llevó a cabo para la realización del modelo matemático, el cual tiene como objetivo mejorar el método de asignación vehicular que se viene desarrollando en la empresa. Este proyecto está estructurado en ocho (8) capítulos cuyo contenido se muestra a continuación:

En el capítulo 1 se encuentra la descripción detallada de la empresa Copetran Ltda., reseña histórica, estructura organizacional, actividad económica, objeto social y portafolio de servicios ofrecidos por la empresa, seguido en el capítulo 2 se exponen las características del proceso de prestación de servicio del tipo de carga Paqueteo Express, un detallado de la flota vehicular con sus respectivas capacidades de carga, el comparativo de los años 2013 y 2014 con respecto a los fletes y las encomiendas realizadas y por último una descripción completa del proceso de asignación vehicular que se viene ejecutando en la actualidad en la empresa con los costos de transporte en los cuales incurren al prestar el servicio.

El capítulo 3 abarca las generalidades del proyecto definiendo de manera puntual el problema que se va a abordar, identificando el objetivo principal y sus respectivos objetivos específicos, justificando de manera precisa el por qué se realizará este proyecto y finalmente se expone la situación actual de la empresa. En el capítulo 4 se presenta el marco teórico y fundamentos sobre el cual está soportado este proyecto, también una breve descripción de los diferentes proyectos de grado marcados como antecedentes para la realización del mismo.

Posteriormente en el capítulo 5 se realiza un análisis detallado de las remesas registradas para los años 2013 y 2014 tomadas como la demanda. A continuación, en el capítulo 6 se da a conocer el diseño y la implementación del modelo con su respectiva formulación matemática en el software utilizado (GAMS). En el capítulo 7 se encuentran los resultados obtenidos de la implementación del modelo matemático en la empresa. Por último, en el capítulo 8 se presentan las conclusiones y recomendaciones de este proyecto de grado.

# 1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

## 1.1 RESEÑA HISTÓRICA

A principios de 1942, en las calles de Bucaramanga, había un grupo de 3 propietarios de buses con carrocería de madera y camiones de todos los estilos, que se reunían a conversar mientras esperaban que les saliera un trayecto.

Nadie sabe quiénes serían los promotores de que se organizarían bajo la forma de cooperativa de transportes, pero lo cierto es que el entonces Gobernador del departamento, el Doctor Arturo Santos, tomó la idea, brindándole apoyo decisivo y necesario, pues en aquel entonces, en que el cooperativismo se encontraba en etapa incipiente, fundar una empresa de ese tipo era supervisado muy de cerca de las autoridades del sector.

En la notaria primera de Bucaramanga hay copia del acta de fundación de la “cooperativa” de unión económica santandereana, aparecen las firmas de 22 socios, que en presencia del Gobernador Santos y el Alcalde municipal de Bucaramanga, Valentín González, manifiestan constituirse en junta de fundadores de la cooperativa, el acta tiene la fecha 29 de septiembre de 1942. Para octubre del mismo año había 692 socios.

El ministro de economía, aprobó los estatutos de la cooperativa y le concedió personería jurídica, pudiendo funcionar en los siguientes renglones<sup>1</sup>:

- Sección de transporte de carga y pasajeros.
- Sección de previsión y servicios especiales.

Actualmente la Cooperativa cuenta con más de 100 agencias distribuidas en todo el país, tanto de carga como de pasajes.

## **1.2 OBJETO SOCIAL**

Organización cooperativa líder en el transporte terrestre de pasajeros, carga y mensajería especializada, que dirige sus beneficios socio-económicos a los asociados, empleados y comunidad en general, fundamentada con la identificación, evaluación e intervención de los aspectos ambientales y factores de riesgo que afectan las partes interesadas y la calidad de sus servicios, aplicando el mejoramiento continuo, conocimiento técnicos y científicos que garanticen la satisfacción del cliente en el desarrollo de sus procesos<sup>2</sup>.

## **1.3 ACTIVIDAD ECONÓMICA**

Transporte terrestre de pasajeros, carga, mensajería especializada, giros postales y turismo<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> COPETTRAN. Reseña histórica. [En línea] [Consultado 10 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.copetran.com.co/index.php/conozcanos/resena-historica>

<sup>2</sup> COPETTRAN. Objeto social. [En línea] [Consultado 10 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.copetran.com.co/index.php/conozcanos> >

<sup>3</sup> COPETTRAN. Misión. [En línea] [Consultado 10 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.copetran.com.co/index.php/mision-y-vision> >

## **1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La Asamblea General de Asociados es la máxima autoridad, sus decisiones son ejecutadas por el consejo de administración conformado por asociados elegidos por la misma por periodo de dos años. A su vez es ella quien elige los principales organismos de control dentro de los cuales se encuentran: la junta de vigilancia, el revisor fiscal y los diferentes comités de apoyo a la gestión administrativa<sup>4</sup>. La estructura organizacional se encuentra detallada en el anexo 1.

### **1.4.1 Número de cargos.**

Actualmente la Cooperativa cuenta con 189 cargos.

### **1.4.2 Número de empleados directos e indirectos.**

En total Copetran Ltda., tiene 812 empleados, de los cuales, 591 son empleados directos y 221 empleados indirectos.

## **1.5 PORTAFOLIO DE SERVICIOS OFRECIDOS POR COPETRAN**

Copetran Ltda., tiene a la disponibilidad de los clientes servicios desarrollados acorde a sus necesidades, cumpliendo los requerimientos de calidad, confiabilidad, tiempo de entrega y seguridad.

---

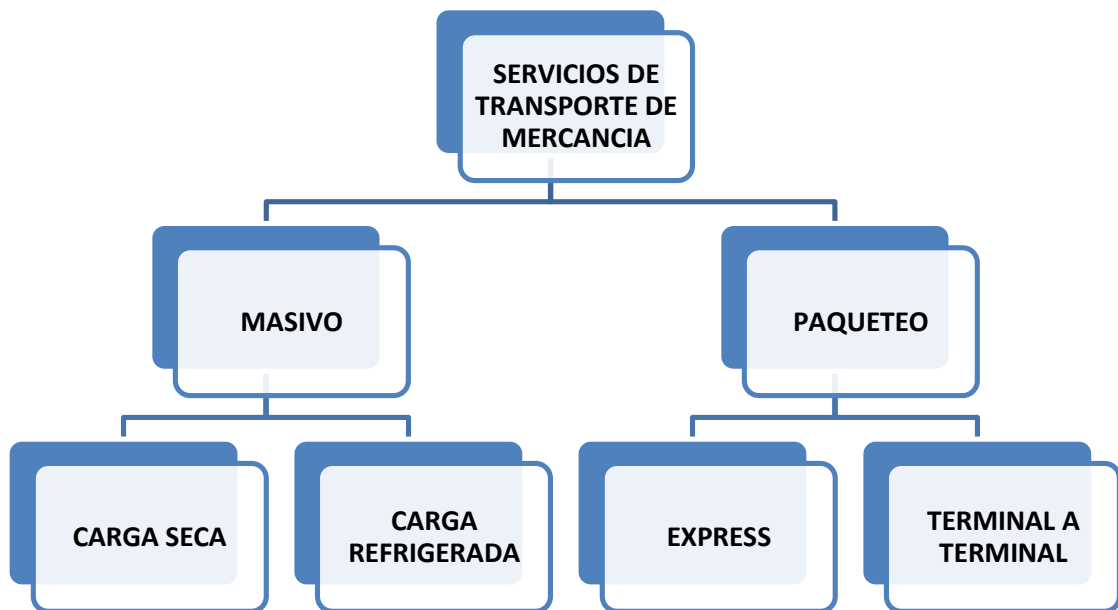
<sup>4</sup> RAMIREZ, Jenny. Actualización de la documentación (Procedimientos y formatos) correspondientes a la oficina de auditoría interna de la Cooperativa Santandereana de transportadores Copetran Ltda. Trabajo de grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. 2010.18 p.

El portafolio está compuesto por: transporte de carga, transporte de pasajeros, giros, turismo, sobres y paquetes.<sup>5</sup> Para el desarrollo del presente proyecto se analizará el tipo de carga Paqueteo Express.

### 1.5.1 Servicio de transporte de carga.

Dentro del portafolio de servicios que ofrece la empresa, el transporte de carga es uno de sus servicios más destacados dentro de la organización. En la Figura 1 se muestra el esquema de los servicios de carga ofrecidos a sus clientes.

**Figura 1.** Servicios de Transporte de mercancías ofrecidos por Copetran Ltda.



**Fuente:** Adaptado de Servicios, página Web Copetran Ltda.

---

<sup>5</sup> Ibid., p. 19.

### **1.5.2 Servicio de transporte de pasajeros.**

Copetran cuenta con vehículos modernos y dotados con los últimos avances tecnológicos, garantizando un servicio cómodo y seguro para el transporte terrestre de pasajeros, cubriendo más de 150 destino en todo el país<sup>6</sup>.

### **1.5.3 Turismo.**

Ofrece todo lo relacionado con tours, a nivel Nacional e Internacional, por tierra y por aire. Alquiler de buses y busetas completamente dotados para paseos, viajes y vacaciones en alianza con la empresa Santur Ltda.<sup>7</sup>

### **1.5.4 Giros.**

Copetran cuenta con una amplia plataforma de envíos a las principales ciudades y municipios de todo el país, con más de 1300 oficinas. Hizo una alianza con Invercosta con el fin de llegar más lejos, brindándoles a sus clientes un servicio de alta calidad y rapidez<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup> COPETTRAN. Pasajes. [En línea] [Consultado 10 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.copetran.com.co/index.php/servicios/pasajes-art>

<sup>7</sup> COPETTRAN. Turismo. [En línea] [Consultado 10 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.copetran.com.co/index.php/servicios/turismo-art>

<sup>8</sup> BANDERA, Angélica; DUARTE, Mónica. Plan de negocios para el montaje de un modelo de turismo social en Copetran Ltda. Trabajo de grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas. 2012. 25 p.

## 2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO PARA EL TIPO DE CARGA PAQUETEO EXPRESS

### 2.1 DEFINICIÓN DE PAQUETEO EXPRESS

Paqueteo Express es toda aquella mercancía o encomienda que tiene un volumen y un peso que permita su fácil manipulación, según el tarifario manejado por la empresa este servicio comprende paquetes con un peso entre 5 y 10 kilogramos.

### 2.2 PRESTACIÓN DEL SERVICIO

El proceso de prestación del servicio se divide en tres subprocesos como se ve en la figura 2. Mapa de procesos:

**Figura 2.** Mapa de procesos Copetran Ltda.



**Fuente:** Intranet Copetran Ltda.

Dentro de los procesos de prestación del servicio se encuentran los siguientes subprocesos:

### **2.2.1 Comercial.**

Su principal objetivo es incrementar la participación de la cooperativa en el sector de transporte terrestre de carga masivo con el fin de obtener un mejor posicionamiento en el mercado.

### **2.2.2 Formalización del servicio.**

Su objetivo es cumplir con la asignación de vehículos de acuerdo al cumplimiento de las especificaciones del cliente, los requisitos legales y las directrices de la organización.

### **2.2.3 Tránsito y entrega de mercancía.**

El objetivo de este subproceso es cumplir con las condiciones pactadas con el cliente y las disposiciones legales para garantizar la prestación del servicio.

## **2.3 DESCRIPCIÓN DE LA FLOTA DE VEHICULAR**

A continuación, se presentan los tipos de vehículos usados actualmente para el transporte de carga tipo Paqueteo Express.

**Tabla 1.** Caracterización de la flota vehicular Copetran Ltda.

TIPO DE VEHÍCULO	FIGURA	CAPACIDAD	CANTIDAD DE VEHÍCULOS
Camión furgón		8 Toneladas	148
Camioneta de reparto		De 2 a 4.5 Toneladas	23

**Fuente:** Información suministrada por la Subgerencia de carga.

## 2.4 COMPARATIVO EN FLETES PAQUETEO Y ENCOMIENDAS

La siguiente tabla muestra datos relevantes de cada tipo de vehículo utilizado en la operación:

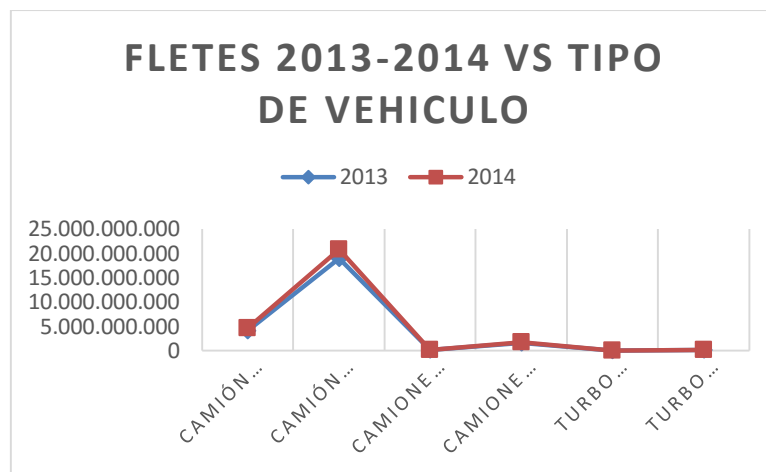
**Tabla 2.** Comparativo en fletes paqueteo y encomiendas.

TIPO DE CARGA	2013	2014	DIFERENCIA	%
<b>Camión Estacas</b>	\$4.105.801.912	\$4.669.826.720	\$564.024.808	13.74%
<b>Camión Furgón</b>	\$19.934.012.930	\$20.742.413.007	\$1.808.400.077	9.55%
<b>Camioneta Estacas</b>	\$199.396.946	\$124.000.260	(\$75.396.686)	37.81%
<b>Turbo Estacas</b>	\$5.436.758	\$8.273.880	\$2.837.122	52.18%
<b>Turbo Furgón</b>	\$150.011.721	\$172.507.115	\$22.495.394	15.00%

**Fuente:** Informe de Gestión año 2014. 65 p.

En la tabla No. 2 se observa que los ingresos en la operación de Copetran en el servicio de Paqueteo Express han venido creciendo en los últimos años, sin embargo, es necesario implementar acciones de mejora que permitan mantener en continuo crecimiento los resultados año a año.

**Figura 3.** Comparativo de fletes detallado por tipo de vehículo.



**Fuente:** Adaptado informe de Gestión año 2014

**Tabla 3.** Comparativa producción por tipo de vehículo.

TIPO DE VEHÍCULO	PROMEDIO	2013	2014	VARIACIÓN	%
Camiones y furgones	Promedio de mes	\$10.157.185	\$10.933.500	\$776.315	7.64%
	Promedio de vehículos	161	157	-4	

**Fuente:** Informe de Gestión año 2014. 65 p.

En la tabla No. 3 se concluye que en el año 2014 se logró aumentar la participación de los vehículos utilizados para el transporte de mercancía Paqueteo Express en un 7.64%, usando cuatro vehículos menos en comparación con el año 2013. Cabe resaltar que haciendo un uso eficiente de la capacidad vehicular se puede obtener mayores ingresos sin importar que la cantidad de vehículos disponibles sea mayor o menor con respecto a años anteriores.

## **2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN VEHICULAR**

### **2.5.1 Registro en clavijero.**

El clavijero es un estante utilizado para dar a conocer las rutas a despachar a los conductores de los vehículos, identificando cada uno por su número interno o la placa y organizados según el orden de despacho<sup>9</sup>.

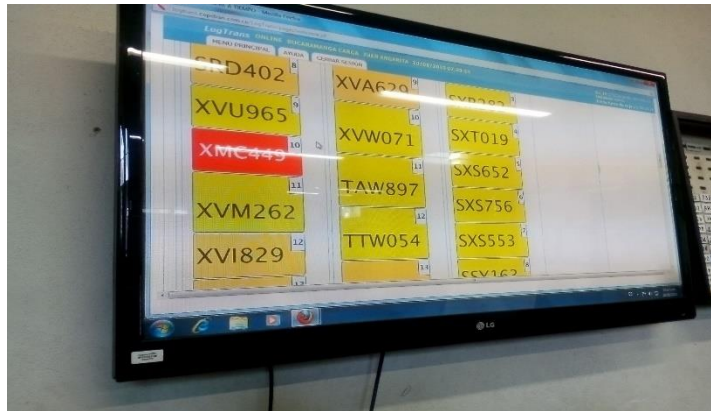
Cuando un vehículo llega a la ciudad de destino, debe tomar turno en la agencia respectiva para poder ingresar en la lista de espera de asignación de viajes. Para hacer la asignación se usa un clavijero electrónico donde se encuentra un listado por cada tipo de vehículo (camiones, camionetas y furgones) de acuerdo al orden de llegada, cada vehículo es identificado por su placa o número interno.

Para que el vehículo pueda solicitar ser enclavijado debe presentar manifiesto de carga, orden de vacío o comisión de embarque (ver anexo 2).

---

<sup>9</sup> SUBGERENCIA DE CARGA, COPETTRAN. Reglamento para furgones y camiones RG-FS-02. Fecha de Emisión 30 de agosto de 2010. 2 p.

**Figura 4.** Clavijero Copetran Ltda.



**Fuente:** Suministrado por la Subgerencia de Carga.

### **2.5.2 Selección y asignación de vehículos.**

La asignación de las rutas a cada tipo de vehículo se hace a través de un balotaje, en todas las agencias del país este sistema opera de la siguiente manera<sup>10</sup>:

- Registro en clavijero del vehículo en orden de llegada.
- Publicación rutas a cubrir.
- Sorteo rutas por balotaje en orden del clavijero.
- Aceptación o rechazo ruta.
- Elaboración documentos de viaje.
- Asignación de ruta a seguir. El jefe de despacho de la agencia asignará la ruta a seguir del vehículo en coordinación con el Centro de Información y Control (C.I.C) (ver anexo 2) esto es cuando en una ruta se presentan problemas como: paros, daños en la vía, orden público, etc., el departamento de seguridad comunicara al jefe de despacho los cambios de la ruta.

<sup>10</sup> SUBGERENCIA DE CARGA, COPETLAN. Reglamento para furgones y camiones RG-FS-02. Fecha de Emisión 30 de agosto de 2010. p.11-12.

- Despacho de vehículos asociados y/o terceros.
- Tránsito y entrega ciudad destino

### **2.5.3 Documentos para el transporte de mercancías.**

Después de la selección del vehículo, el conductor debe presentar al despachador los siguientes documentos: tarjeta de propiedad, SOAT y carné que lo acredite como conductor de la cooperativa, a fin de verificar la vigencia de los documentos y la propiedad del vehículo. Posteriormente se elaboran los documentos necesarios para el tránsito y entrega de la mercancía (Orden de cargue, remesa, manifiesto de carga y anticipo). Los anticipos que se suministran se encuentran establecidos en una tabla que se actualiza anualmente por el comité de furgones y camiones. (Ver anexo. 3).

### **2.5.4 Despacho de vehículos tercerizados.**

La empresa puede requerir la contratación de vehículos tercerizados cuando no hay flota vehicular disponible para cubrir parte de la operación. Para que un vehículo tercerizados pueda transportar mercancía por medio de la cooperativa, el dueño del vehículo debe enviar una solicitud al C.I.C. con datos del propietario, conductor y vehículo con el fin de verificar que cumpla con los requerimientos para poder transportar.

## 2.6 COSTOS DE TRANSPORTE

Copetran Ltda., determina los costos de transporte de acuerdo a los siguientes factores:

- Estado de las vías
- Peajes
- Ubicación entre origen y destino
- Carga transportada
- Actividades de cargue y descargue
- Tipo de vehículo
- Riesgos de orden público
- Peso de la mercancía

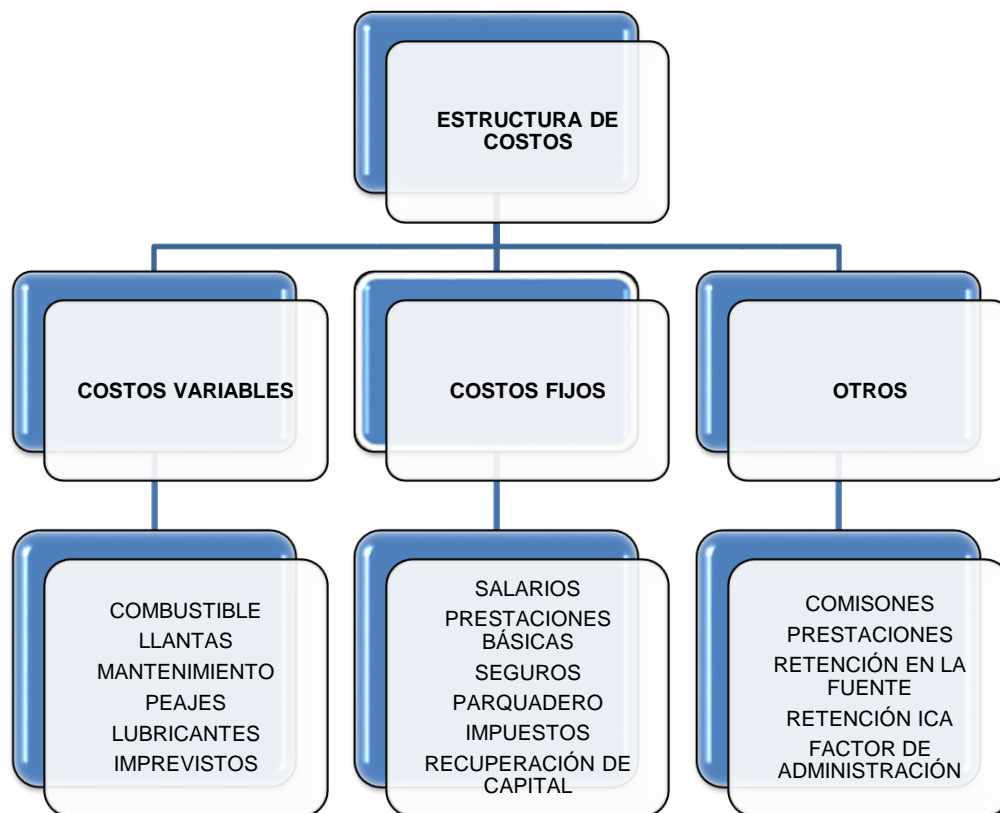
Existe una nueva política de transporte de carga terrestre relacionada con la libertad de tarifas que busca actualizar el sector, incentivar la competencia y la innovación. Esta medida tiene como objetivos:

- Permitir que las empresas más eficientes compitan a menores precios.
- Identificar situaciones del mercado que requieran monitoreo e intervención del estado.

- Facilitar la negociación entre el propietario, el generador de carga y la empresa de transporte.
- Dar a conocer la estructura de costos del transporte de mercancías para que las empresas tecnifiquen su operación.

Además, el ministerio de transporte tiene definido una estructura de costos que puede ser adoptada por las diferentes empresas. Donde se definen los siguientes costos:

**Figura 5.** Estructura de costos.



**Fuente:** Adaptado del modelo para la determinación de los costos de referencia del Ministerio de Transporte

Según la resolución No. 003175 de 2008, donde se establecen los valores mínimos a pagar al propietario del vehículo por la movilización de mercancía, dicho valor está determinado por tonelada transportada para cada origen-destino (Ver anexo 4).

### 3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

#### 3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte de mercancías es parte fundamental de todo proceso logístico, ya que permite a las empresas garantizar la correcta distribución y comercialización de los productos al menor costo posible. Específicamente en el transporte de carga terrestre, en el contexto Colombiano, las empresas transportadoras han sufrido diferentes problemáticas que han afectado sus márgenes de utilidad: “la infraestructura deficiente, altos costos logísticos, parque automotor antiguo, impuestos y trámites son parte de la problemática que debe enfrentar el gobierno y las empresas de transporte de carga terrestre y de logística, especialmente en tiempos en que los convenios comerciales exigen un desarrollo del país acorde con niveles efectivos de operatividad”<sup>11</sup>.

“El sector transportador realiza ingentes esfuerzos para adaptarse a los requerimientos que impone la suscripción de los distintos tratados de libre comercio de Colombia con distintos países del mundo, los cuales generan amplias y positivas expectativas para el transporte terrestre automotor de carga”, agrega Sorzano (Presidente ejecutivo de la federación colombiana de transportadores de carga por carretera, Colfecar)<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> BERNAL, Marta. Transporte de carga: Una cuantía aún a medio pagar. Revista de logística [En línea]. Disponible en: [https://issuu.com/legiscomex/docs/rev\\_logistica\\_ed\\_17\\_web2](https://issuu.com/legiscomex/docs/rev_logistica_ed_17_web2) [citado el 30 de junio de 2015].

<sup>12</sup> Ibid.

Según Colfecar, los empresarios del sector transporte han realizado inversiones importantes en la modernización del equipo automotor, en instalaciones físicas, en tecnologías de comunicación y conectividad, y en el desarrollo y capacitación de recurso humano<sup>13</sup>.

La globalización ha impactado todos los sectores de la industria, incluyendo el sector de transporte de carga. No existe hoy en día una empresa que no trabaje para sus clientes, aunque en ocasiones las empresas lo olvidan y orientan su trabajo exclusivamente a las finanzas, a las relaciones políticas o a la manera más rápida de generar liquidez, lo que les permite ser rentables y tener una posición financiera cómoda<sup>14</sup>.

Las estrategias para entrar a la globalización pueden ser muchas, sin embargo, todas las áreas de una empresa deben reinventarse para entrar a ese proceso, debido a que la globalización pone a todas las empresas del mundo en la línea de salida y les marca una carrera de 400 metros libres. Sin embargo, para poder competir es necesario tener la capacidad para reinventarse, adaptarse y decidir<sup>15</sup>.

La falta de una estimación real de la demanda en cada uno de los nodos ha afectado la eficiencia del proceso de planificación de los recursos vehiculares requeridos para el transporte de mercancía tipo Paqueteo Express. Debido a lo anterior, se han

---

<sup>13</sup>Ibid.

<sup>14</sup> RAMIREZ VELASCO, Armando. La globalización y el impacto en el mundo empresarial. *Negocios e Industrias: Análisis y opinión*. [En línea]. Publicado el 11 agosto de 2012. [Consultado el 30 de junio de 2015]. Disponible en <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/la-globalizacion-y-el-impacto-en-el-mundo-empresarial>

<sup>15</sup> Ibid.

generado costos adicionales por una baja rotación vehicular, el retorno de vehículos vacíos y en ocasiones la falta de flota para cubrir las necesidades diarias.

Como respuesta a las exigencias del mercado impuestas por el proceso de globalización y la llegada de grandes operadores logísticos, Copetran Ltda. ha visto la necesidad de actuar de manera oportuna, haciendo grandes esfuerzos para que su proceso operativo sea más eficiente mediante la implementación de recursos electrónicos, renovando paulatinamente su parque automotor para estar a la vanguardia y contar con los recursos adecuados para responder a las necesidades de los clientes, con el fin de ser competitivo sin olvidar el factor costo y rentabilidad para la empresa y sus asociados.

## **3.2 OBJETIVOS**

### **3.2.1 Objetivo general.**

Diseñar un modelo operativo para la asignación de recursos vehiculares del tipo de carga Paqueteo Express a nivel nacional para la empresa Copetran Ltda.

### **3.2.2 Objetivos específicos.**

- Revisar la literatura existente relacionada con la asignación de recursos vehiculares para identificar el modelo que se ajuste a la operación actual.
- Analizar los procesos actuales de asignación de vehículos para identificar fortalezas y oportunidades de mejora.

- Realizar un análisis estadístico a las remesas registradas del servicio Paqueteo Express de los años 2013 y 2014, caracterizando patrones de comportamiento de la demanda según el día de la semana para cada uno de los meses.
- Construcción y validación de un modelo matemático que permita la asignación del recurso vehicular en un horizonte de tiempo semanal para cada uno de los nodos.
- Realizar una prueba piloto para comprobar la efectividad del modelo.

### **3.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto de grado permite a la empresa Copetran Ltda., responder a la creciente necesidad de hacer uso adecuado y eficiente de los recursos con los que cuenta para la asignación de su flota vehicular, de tal manera que su proceso operativo sea flexible a los continuos cambios del entorno, y así ser competitivo respecto a los grandes operadores logísticos.

A través del diseño de un modelo matemático para la asignación de la flota vehicular se contribuirá en la disminución de los costos, optimizando el uso de los recursos y fortaleciendo la capacidad operativa para mejorar la eficiencia del proceso, dando una respuesta oportuna a las necesidades de los clientes.

El verdadero valor de la empresa desde el punto de vista de mercado estará medido por su capacidad de proveer servicios en función a la evolución de los gustos y deseos de sus clientes, pasando la misión de la empresa a tener sentido desde el

punto de vista de clientes que atiende. La empresa puede ser líder hoy, y mañana puede perder mucha cuota de mercado si no atiende a sus clientes o simplemente no llega a tiempo<sup>16</sup>.

### **3.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

Copetran Ltda., es una empresa con varios años de trayectoria en el sector del transporte de carga. Según la opinión del Jefe de Paqueteo Express: *“Con el paso del tiempo, la exigencia del mercado y la llegada de nuevos operadores logísticos (éstos abarcan gran parte del mercado que cubría Copetran Ltda.), que ofrecen servicios de mejor calidad a través del uso eficiente de nuevas tecnologías lleva a la empresa a implementar mejoras para ser más competitivos y así dar un servicio oportuno a sus clientes”*.

La asignación vehicular que realiza la empresa posee fortalezas y a su vez grandes oportunidades de mejora, los cuales se ven reflejadas a la hora de prestar el servicio, las principales fortalezas son:

- Disponibilidad de vehículos en cada uno de los nodos.
- Registro electrónico de la asignación vehicular, el cual permite llevar un control y elimina la posibilidad de dar prioridad a algún asociado en particular.
- Está en un proceso continuo de aprendizaje y constante cambio con el fin de satisfacer las necesidades del cliente.

---

<sup>16</sup> CAJA GRANADA. Curso la empresa del siglo XXI. En: Lección 2: La globalización como entorno empresarial en el siglo XXI. [En línea]. Publicado en 2004. [Consultado el 30 de junio de 2015]. Disponible en < <http://82.165.131.239/hosting/empresa/cajagranada/leccion.asp?curso =15&leccion=2>>

- Tiene una política de renovación vehicular, con el fin de garantizar la operación y ser competitiva en todo momento, cumpliendo con las exigencias del mercado.

#### **Oportunidades de mejora:**

- Una de las principales oportunidades de mejora que este proceso de asignación vehicular sea eficiente, se debe implementar por medio de software la asignación desde el momento que el vehículo se enclavija en su ciudad destino hasta que este sea despachado con su respectivo manifiesto de carga.
- Implementación de un servicio de seguimiento del estado de sus encomiendas en tiempo real, desde el momento que sale de la ciudad origen, tránsito y entrega en la ciudad destino.
- Cuando el cliente solicita el servicio recolección a domicilio, tenga la oportunidad de crear la solicitud por medio electrónico estableciendo las especificaciones de la carga a transportar y esta información sea realimentada al software de asignación.

La empresa no tiene una estimación real de las demandas asociadas a cada uno de los nodos, por lo tanto, sus vehículos se encuentran en continua rotación por todo el país, debido a que no se cuenta con un modelo estructurado que ayude a realizar una mejor asignación para lograr que haya una mayor eficiencia y efectividad a la hora de asignar la flota vehicular.

**Tabla 4.** Toneladas transportadas del tipo de carga Paqueteo Express.

REMESAS	KG TOTALES	TONELADAS TOTALES	VALOR TOTAL (\$)	VARIACIÓN
2013	51.030.060	51.030	\$17.348.230.553	23.78%
2014	63.169.057	63.169	\$20.783.908.347	

**Fuente:** Remesas 2013 y 2014 suministradas por la empresa.

Según el presidente de Colfecar Juan Carlos Rodríguez Muñoz, en el año 2014 se movilizaron 95.74 millones de toneladas de carga frente a 91.23 millones movilizadas en el año 2013. En materia de facturación se registra un alza de 4.47% al pasar de 10.29 billones de pesos en 2013 a 10.75 billones de pesos en 2014<sup>17</sup>.

Comparando las cifras nacionales con las toneladas movilizadas del tipo de carga Paqueteo Express, Copetran tuvo un porcentaje de participación del 0.055% en el año 2013, mientras que en el año la participación aumento a un 0.065%.

A pesar de no contar con datos de otras empresas del sector que permitan hacer una comparación, es preocupante la poca participación de la empresa en el total de toneladas movilizadas a nivel nacional, teniendo en cuenta que ésta lleva más de 70 años en el sector transporte. En cambio, empresas que tienen pocos años han mostrado un mayor crecimiento y presencia a nivel nacional e internacional.

Analizando el factor de utilización de la capacidad vehicular se consideró que cada vehículo realiza 7 viajes por mes, obtuvieron los siguientes resultados:

---

<sup>17</sup> Aumentó transporte de carga pesada en Colombia. En: Revista Dinero [En línea]. Disponible en: < <http://www.dinero.com/pais/articulo/transporte-carga-pesada-colombia/204505>> [Consultado 14 de julio de 2015].

**Tabla 5.** Capacidad Real Vs Capacidad utilizada de la flota vehicular de los años 2013 y 2014.

CAPACIDAD POR VEHÍCULO	CAPACIDAD EN (TON)	VEHÍCULOS DISPONIBLES	CAPACIDAD REAL ANUAL (TON)	CAPACIDAD UTILIZADA ANUAL 2013 (TON)	CAPACIDAD UTILIZADA ANUAL 2014 (TON)
Camión Furgón	8	148	99.456	51.030	63.169
Camioneta de Reparto	4,5	23	8.694		
<b>TOTAL</b>			108.150		

**Fuente:** Datos suministrados por la Subgerencia de Carga.

Para el año 2013 se obtuvo un porcentaje de utilización del 47.18%, lo que representa que hubo una subutilización del 52.81% de capacidad restante de la flota vehicular. En el año 2014 el porcentaje de utilización aumento a un 58.40%, pero cabe resaltar que la capacidad subutilizada sigue siendo considerable en comparación a la capacidad total disponible. A pesar del crecimiento reflejado, las directivas de la empresa tienen planteado en el corto plazo generar estrategias para que dicho porcentaje de utilización aumente.

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 LOGÍSTICA DEL TRANSPORTE

El primer antecedente de la logística se encuentra en la industria militar al ser aplicada en el control de los recursos para la batalla, durante algún tiempo también fue considerada como un arte militar que estudiaba el movimiento, transporte y estacionamiento de las tropas fuera del campo de batalla <sup>18</sup>.

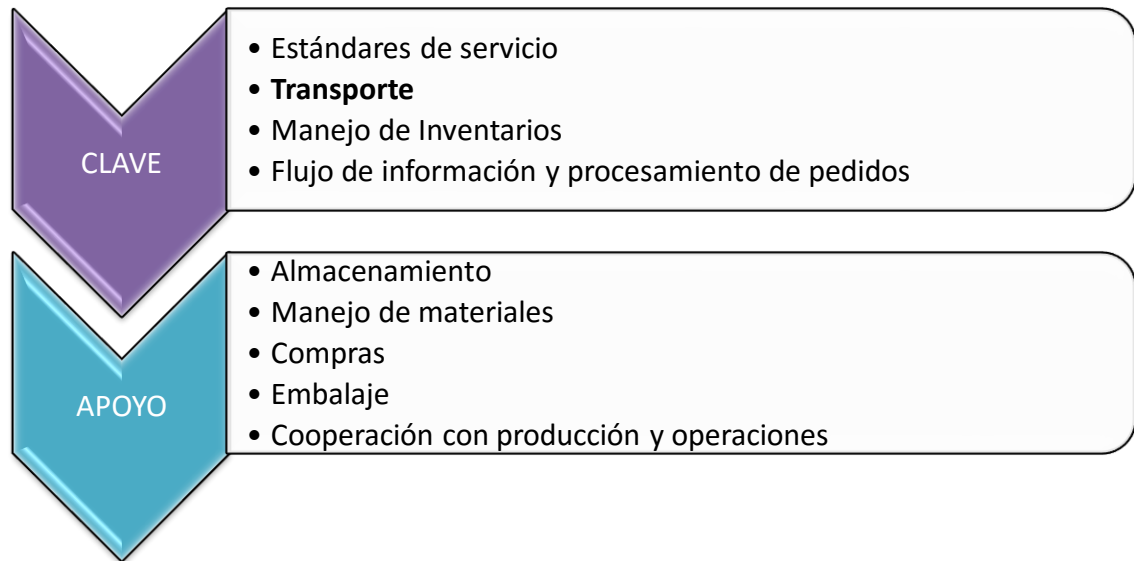
La logística es considerada una técnica de control y de gestión de flujos de materias primas y de productos, desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo<sup>19</sup>. Gira en torno a crear valor para los clientes y proveedores de la empresa. El valor en la logística se expresa fundamentalmente en términos de tiempo y lugar, debido a que los productos y servicios no tienen valor para los clientes, a menos que estén disponibles cuando y donde ellos deseen adquirirlos.

---

<sup>18</sup> ANTUN, Juan. Logística: una visión sistémica. En: Instituto Mexicano del Transporte [En línea]. Proyecto 2104, 1993. [Consultado 10 de agosto de 2015]. Disponible en <<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentosTecnico/dt14.pdf>>

<sup>19</sup> Ibid., p.

**Figura 6.** Actividades Logísticas



**Fuente:** Adaptada de Logística: Administración de la cadena de suministro. Ronald H. Ballou.

Las actividades claves son las que más contribuyen al costo total de logística o son esenciales para la coordinación efectiva y para complementar la tarea logística. El transporte y el mantenimiento de inventarios son las actividades logísticas que más absorben costos, representando entre el 50 y 66% de los costos logísticos totales<sup>20</sup>.

En el ámbito empresarial, el transporte tiene una gran incidencia en los niveles de competitividad y efectividad de la industria, además incide directamente en la calidad de vida y la competitividad del país. Generalmente representa el elemento individual más importante en los costos logísticos para la mayoría de las empresas<sup>21</sup>.

<sup>20</sup> BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Pearson Educación, 2004. p 12.

<sup>21</sup> Ibid., p. 174.

El transporte de carga, conocido también como servicio de distribución, logística o gestión de distribución, cumple con el transporte de productos a un determinado costo (el cual es conocido como flete). Este traslado se realiza desde el punto de partida hacia el destino final de la mercancía, pasando por lugares de embarque, almacenaje y desembarque<sup>22</sup>.

En este proyecto de grado, se analizará el transporte de carga por carretera, siendo éste el medio que moviliza el 80% de la carga total generada en todo el territorio colombiano. En el transporte de carga por carretera, interactúan tres tipos de agentes: generadores de carga, empresas de transporte y transportadores. El generador de carga es un empresario de otro sector que produce la mercancía a ser transportada, éste contrata los servicios de una empresa de transporte cuya actividad involucra el traslado de la mercancía, la seguridad de la carga, la coordinación de su recepción, entrega y, eventualmente, la realización de trámites de aduana. Las empresas de transporte de carga utilizan vehículos propios o externos, a los cuales les pagan unos fletes por transportar la mercancía que le ha sido entregada por los generadores de carga<sup>23</sup>.

Los transportadores son los operadores de medio de transporte, su relación es con el propietario del vehículo, y algunas veces es el mismo propietario<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> MENDOZA MOREIRA, Emiliana Esperanza. Análisis de la propuesta de un modelo administrativo para la compañía de transporte de carga pesada sultana colorada S.A, en Santo Domingo de los Tsachilas, 2012. 2013. Tesis Doctoral. p 10.

<sup>23</sup> ROGRIGUEZ, Carlos Mario. Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional. Tesis de grado: Administración de Negocios Internacionales. Bogotá D.C: Universidad Colegio mayor de nuestra señora del rosario. Facultad de Administración. 2013. 20.p

<sup>24</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Caracterización del transporte en Colombia: Diagnostico y proyectos de transporte e infraestructura. En: bases de datos. [En línea]. Febrero de 2005. Disponible

En Colombia, se movilizan por carretera más de 100 millones de toneladas al año, de las cuales el 59% son productos del sector manufacturero, el 22% del agrícola y el resto, por partes iguales, del minero y pecuario. Las regiones que más reciben carga se relacionan con los principales centros urbanos: Bogotá, Valle y Medellín; continúan las que están entorno a Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga. El 70% de la oferta de empresas del sector transporte se encuentran distribuidas en Cundinamarca (40%), Antioquia (14%), Valle (10%) y Atlántico (6%)<sup>25</sup>.

La generación de carga a nivel nacional se distribuye de la siguiente manera: el occidente colombiano con el Valle al frente genera el 31%, el eje Santander-Cundinamarca - Tolima el 30% con Bogotá a la cabeza, y la Costa Atlántica el 17% con Barranquilla en primer lugar. Por carga anual movilizada en millones de toneladas: Valle (19), Bogotá y Cundinamarca (12), Antioquia (12), los dos Santanderes (8,8), Atlántico (7,8), Gran Tolima (5,5), Bolívar (5,0), Boyacá (4), Cesar (4), Cauca, Nariño y Chocó (3,6), Eje Cafetero (3,6), Córdoba y Sucre (2,7), Magdalena y Guajira (2,4) y Meta y Casanare (1,5)<sup>26</sup>.

---

en <[https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/Ministerio/bases\\_de\\_datos](https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/Ministerio/bases_de_datos)> [Consultado el 28 de Julio de 2015].

<sup>25</sup> DUQUE ESCOBAR, Gonzalo, et al. Problemática y posibilidades del sistema de transporte de carga en Colombia. Página web, 2008, p. 1-7.

<sup>26</sup> Ibid. p. 2.

## 4.2 PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

El problema de asignación (GAP - Generalized Assignment Problem) un tipo especial de problema de programación lineal, y un caso particular del problema de transporte, en el que los asignados son recursos que se destinan a la realización de tareas<sup>27</sup>.

Según Toro y otros *“el problema de asignación generalizada (PAG) es uno de los clásicos de la investigación de operaciones. Consiste en encontrar una adecuada asignación de  $m$  tareas a  $n$  agentes, de manera que se minimice el costo total de asignación”*<sup>28</sup>.

Todo problema de asignación cumple con los siguientes supuestos<sup>29</sup>:

- El número de asignados es igual al número de tareas.
- A cada asignado se le asigna una sola tarea.
- Cada tarea debe realizarla un solo asignado.
- Existe un costo  $C_{ij}$  asociado con el asignado  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) que realiza la tarea  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

---

<sup>27</sup> FREDERICK, Hillier; LIBERMAN, Gerald. Investigación de operaciones. Editorial Mc. Graw Hill. Capítulo 3, 2002, Novena Edición. 309 p.

<sup>28</sup> TORO OCAMPO, Eliana Mirledy; GRANADA ECHEVERRY, Mauricio; ROMERO, Rubén. Algoritmo memético aplicado a la solución del problema de asignación generalizada. *Revista Tecnura*, 2012, vol. 8, no 16, p. 56.

<sup>29</sup> Ibid., p.

- El objetivo es determinar cómo deben hacerse  $n$  asignaciones para minimizar los costos totales.

El modelo matemático del problema de asignación utiliza las siguientes variables:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si se asigna } i \text{ para realizar la tarea } j, \\ 0 & \text{si no es así,} \end{cases}$$

Para  $i = 1, 2, \dots, n$  y  $j = 1, 2, \dots, n$ . Entonces, cada  $X_{ij}$  es una variable binaria ya que toma valores de 0 o 1.

Si  $Z$  es el costo total, el modelo del problema de asignación es<sup>30</sup>:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (4.1)$$

$$\text{sujeto a: } \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \text{ Para } i = 1, 2, \dots, n, \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \text{ Para } j = 1, 2, \dots, n, \quad (4.3)$$

$(X_{ij} \text{ binaria, para toda } i \text{ y } j)$

---

<sup>30</sup> Ibid., p. 310.

El primer conjunto de restricciones especifica que cada asignado realice sólo una asignación, mientras que el segundo conjunto requiere que cada asignación sea realizada sólo por un asignado<sup>31</sup>.

Varias generalizaciones del GAP surgen de variantes encontradas en aplicaciones prácticas hechas en diferentes industrias. El multi-resource generalized assignment problema (MRGAP), considera más de una tarea para cada asignado o agente, es una generalización natural del GAP teniendo un gran número de aplicaciones prácticas en la industria del transporte<sup>32</sup>.

### 4.3 CASOS PRÁCTICOS

Andrés F. Quintero & Carlos L. Quintero diseñaron un modelo de asignación de turnos para la operación de sistemas de transporte, estructurando su investigación en dos fases. *“La primera fase consistió en un modelo de generación de turnos basados en la generación de columnas con un algoritmo de resolución Branch & Price, el cual entrega como resultado el tipo de turnos a desarrollar con el número de conductores necesarios para cada uno de ellos. La segunda fase de la herramienta consistió en un modelo matemático de programación lineal con las*

---

<sup>31</sup> Ibid., p. 311.

<sup>32</sup> YAGIURA, Mutsunori; IBARAKI, Toshihide. The Generalized Assignment Problem and Its Generalizations. P1.

*restricciones laborales de la legislación colombiana que entregó como solución la asignación y rotación de conductores para una semana de siete (7) días*<sup>33</sup>.

Como lo mencionan los autores, para el caso del transporte, un método muy utilizado es el cubrimiento de conjuntos o “*set covering*”, el cual busca satisfacer la demanda a partir de la asignación de una cantidad de conductores en un periodo determinado. Este problema es adecuado para la asignación de turnos e involucra la planeación de intervalos de tiempos en los cuales se tiene los tiempos de trabajo, descanso y relevo para un grupo de conductores. Para la solución de este problema se utilizan generalmente métodos lineales, heurísticos y/o metaheurísticos obteniendo diferentes resultados dependiendo de la complejidad y restricciones a cumplir en cada uno<sup>34</sup>.

Incorporado al problema de asignación de conductores está el problema de rotación de turnos de trabajo, consiste en asignar un número de empleados a intervalos de tiempo determinados cada día de la semana, respetando restricciones laborales que dependen del campo de aplicación<sup>35</sup>. Según Pradenas y otros “*el desafío es encontrar asignaciones eficientes que permitan cumplir con la demanda existente a un costo aceptable, y al mismo tiempo evitando violar contratos laborales o restricciones legales*”<sup>36</sup>.

---

<sup>33</sup> QUINTERO MONCADA, Diego; QUINTERO ARAUJO, Carlos. Diseño de un modelo de asignación de turnos para la operación de sistemas de transporte masivo tipo BRT. Eleventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI), 2013. 10 p.

<sup>34</sup> Ibid., p. 2.

<sup>35</sup> Ernest, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. Staff Scheduling and Rostering: A review of applications, methods and models. European Journal of Operation Research, 2004, vol. 153. P. 3 – 27.

<sup>36</sup> PRADENAS ROJAS, Lorena; HIDALGO TAPIA, Samuel; JENSEN CASTILLO, Magdalena. Asignación de supervisores forestales: resolución mediante un algoritmo Tabu Search. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2008, vol. 16, no 3, p. 404

Cavada y otros, a través de un modelo de planificación asignación de personal para el patio de equipaje de un aeropuerto internacional, determinando el personal requerido utilizando dos modelos de programación lineal entera resueltos de manera sucesiva. El primero modelo determinó la necesidad de personal utilizando información histórica y considerando las restricciones de la operación. Para el segundo modelo utilizaron las demandas generadas y realizaron la asignación diaria de tareas para los operarios, definiendo para cada uno de ellos sus turnos de trabajo y las labores a realizar. Este modelo se puede clasificar como un problema de partición de conjuntos, el cual utiliza un conjunto de turnos factibles generados previamente para satisfacer la demanda<sup>37</sup>.

#### **4.4 MARCO DE ANTECEDENTES**

Andrés Calderón, Jorge Escobar, Arístides Guerrero y Juan Suarez<sup>38</sup> desarrollaron en el año 2012 un trabajo de especialización titulado: Optimización vehicular en operativos nacionales en Servientrega S.A. Donde identificaron un gran número de vehículos que retornaban vacíos desde los diferentes nodos nacionales, asimismo la empresa no contaba con una asignación óptima del recurso vehicular.

Para esto, aplicaron un modelo de programación lineal que permitiera analizar diferentes alternativas utilizando la herramienta informática GAMS, para generar

---

<sup>37</sup> HERRERA, Juan Pablo Cavada; CORTÉS, Cristián E.; REY, Pablo A. Modelo de planificación y asignación de personal para el patio de equipajes de un aeropuerto internacional. 2012.

<sup>38</sup> CALDERÓN, Andrés. ESCOBAR, Jorge. GUERRERO, Arístides. SUÁREZ, Juan. Optimización vehicular en operativos nacionales en Servientrega S.A. Trabajo de Especialización en gerencia logística. Bogotá D.C: Universidad Sergio Arboleda. 2012. 24 p, 30 p, 35 p.

alternativas operacionales que incrementaran el uso de la capacidad vehicular con retorno a Bogotá.

Para el planteamiento del problema definieron las variables, parámetros, restricciones y función objetivo:

- **Variables:**

$i =$  Ciudad de origen

$j =$  Ciudad de destino

$k =$  día

$w =$  Tipo de vehículo

$p = 1$  verde,  $2$  timón,  $3$  outsourcing

- **Conjuntos:**

$CV_{ijkwp} =$  Cantidad de vehículos

- **Parámetros:**

$CC_w =$  Cantidad de vehículos disponibles tipo verde

$C_{ijwp} =$  Costo

$CN_{ijwp} =$  Capacidad necesaria de  $i$  hasta  $j$  en el día  $k$

$CD_w =$  Capacidad disponible por vehículo (Ton)

$I_{iw}$  = Inventario de vehículos en ciudades  $i$  tipo  $w$

Definieron una función objetivo sujeta a restricciones de capacidad requerida y capacidad vehicular:

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_w \sum_p = CV_{ijkwp} * C_{ijwp} \quad (4.4)$$

- Restricción de capacidad requerida:

$$\sum_{p=1}^n \sum_{w=1}^n CV_{ijkwp} * CD_w \geq CN_{ijk} \neq 0 \quad (4.5)$$

- Restricción de capacidad de vehículos:

$$\sum_{p=1}^n \sum_{w=1}^n CV_{ijkwp} = CC_w \neq 0 \quad (4.6)$$

Tomaron como muestra siete nodos, de los cuales determinaron la cantidad requerida de cada tipo de vehículo y cuántos de estos eran propios o externos, logrando hacer un uso eficiente de la capacidad de los vehículos asignados, disminuyendo así un 10% los costos operativos de la compañía.

Paula Andrea Hoyos Orozco<sup>39</sup> desarrolló en el año 2005 el trabajo de grado “Diseño e implementación de un modelo de asignación para la programación de los equipos de bombeo en Holcim (Colombia) S.A zona centro” donde identificó el problema que generaba el no hacer una programación de los servicios de bombeo (permite la colocación del concreto en elementos de altura o de difícil acceso a través de una tubería) de acuerdo a la demanda de los clientes, capacidades y recursos de la compañía. La asignación y programación de los equipos carecían de unificación de criterio y de una objetividad para la toma de decisiones, lo cual no garantizaba una máxima utilización de los recursos.

Para la solución a esta problemática, lo primero que hizo el autor fue un estudio de tiempos basado en datos históricos para poder realizar el cálculo del ciclo de viaje de bombeo. Construyó una base de datos para tener un mejor acceso a la información, estableció parámetros de decisión para la asignación de los equipos y finalmente desarrolló una herramienta computacional donde además de permitir el ingreso de las solicitudes daba como resultado un modelo de asignación preliminar de los equipos teniendo en cuenta las variables y restricciones que identifiqué en el problema.

Al implementar esta herramienta la compañía Holcim, pudo obtener una mejor distribución de la asignación de los servicios, logrando una disminución de la desviación estándar de los tiempos, y finalmente con el establecimiento de los parámetros de decisión (Comportamiento del cliente, nivel de cumplimiento y volumen a fundir) se lograron los siguientes resultados<sup>40</sup>:

---

<sup>39</sup> HOYOS OROZCO, Paula. Diseño e implementación de un modelo de asignación para la programación de los equipos de bombeo en Holcim (Colombia) S.A. Zona centro. Trabajo de grado ingeniero industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico mecánicas. p. 1-2.

<sup>40</sup> Ibid., p. 48 – 49.

- Registro de las solicitudes de los clientes en el menor tiempo posible.
- Implementación de un nuevo indicador para el análisis del comportamiento individual de los clientes.
- Unificar criterio en la asignación de los equipos.
- Distribución equitativa de los servicios entre los equipos disponibles, evidenciado en el comportamiento del indicador de utilización de capacidad de los equipos antes y después de la implementación de la herramienta, logrando una disminución de la desviación estándar de un 22% a un 17% entre agosto y diciembre de 2007.

Carolina Chacón, Mario Rueda<sup>41</sup> desarrollaron en el año 2008 un trabajo de grado titulado: “Diseño e implementación de un modelo para asignación de vehículos de carga en la cooperativa de transportadores del sur COTRASUR”. Donde diseñaron un modelo para la asignación de vehículos sujetos a las políticas de la empresa y a las características del proceso, con el fin de que la asignación fuera más eficiente, haciendo uso adecuado de la información que se suministra y la que se genera durante el desarrollo del proceso. Durante la fase de diagnóstico encontraron mediante un análisis causa-efecto la falta de objetividad, precisión y agilidad en el proceso de asignación vehicular, lo que justifica el enfoque del proyecto al diseñar un modelo de asignación que permita superar dichas dificultades y agilizar el proceso de una forma eficiente.

---

<sup>41</sup> CHACON, Carolina. RUEDA, Mario. Diseño e implementación de un modelo para asignación de vehículos de carga en la cooperativa de transportadores del sur COTRASUR. Trabajo de grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2008. p 77 – 86.

Para conocer el comportamiento de las variables que inciden en el proceso de asignación, realizaron un análisis estadístico descriptivo e inferencial para cada tipo de vehículo usando la herramienta Statgraphics 5.1. Definiendo así dos tipos de factores clave para el modelo de asignación<sup>42</sup>:

- Factores de disponibilidad y capacidad: disponibilidad de vehículos y las especificaciones físicas de la carga.
- Factores de asignación: criterios de asignación y aceptación del socio.

El modelo propuesto está basado en comparaciones lógicas de acuerdo al flujo de la operación, es decir, funciona según las comparaciones menor, mayor o igual, permitiendo determinar qué vehículos cumplen con las características de disponibilidad y capacidad para la asignación. Es así que, al ingresar los datos el modelo hace la comparación de las especificaciones solicitadas por el cliente con las características de capacidad y disponibilidad de los vehículos, presentado finalmente los posibles candidatos para la asignación. Del proceso anterior se genera una lista de vehículos preseleccionados que se ordenan de mayor a menor de acuerdo al porcentaje de utilización y luego según el orden de llegada siguiendo la política FIFO. Finalmente el responsable del vehículo seleccionado será notificado y éste tendrá la posibilidad de aceptar o rechazar el viaje, dado el caso que lo rechace deberá argumentar razones válidas sino será objeto de una penalización<sup>43</sup>.

---

<sup>42</sup> Ibid., p. 87-88.

<sup>43</sup> Ibid., p. 89-95.

## 5 ANÁLISIS REMESAS REGISTRADAS EN LOS AÑOS 2013 Y 2014

### 5.1 DEMANDA

Para el cálculo de la demanda de la empresa Copetran Ltda., se descargó de Intranet (Sistema de información de Copetran) el historial de remesas de los años 2013 y 2014 con un total de 24 meses. Debido a que en la empresa no se cuenta con un control detallado de la demanda, se decidió que dichas remesas serían tomadas como un punto de partida para el cálculo de la demanda.

Los datos iniciales suministrados por la empresa fueron 369.615 remesas para el año 2013 y 400.890 remesas para el año 2014 a nivel nacional, se realizó un filtro inicial con el apoyo de la herramienta Microsoft Excel por medio de tablas dinámicas y gráficas dinámicas, donde se seleccionó la información de los servicios: Paqueteo Express, Servicio Express, Mensajería Express y Encomienda Express, obteniendo los siguientes datos: 106.816 remesas año 2013 y 69.976 remesas del año 2014. De este filtro inicial se eliminó datos que no eran relevantes para el cálculo de la demanda, dejando la siguiente información:

- **Periodo:** meses correspondientes al año de enero a diciembre.
- **Afiliación:** vinculación a la empresa.
- **Peso Real:** peso de la remesa.

- **Cantidad:** unidades enviadas.
- **Servicio:** tipo de servicio prestado.
- **Tipo de carga:** presentación de la encomienda.
- **Tipo de vehículo:** características del vehículo.
- **Día de la semana:** día de la semana servicio prestado.
- **Fecha:** fecha envió de remesa.
- **Origen:** ciudad origen encomienda.
- **Destino:** ciudad destino encomienda.

La empresa indicó las ciudades origen y las ciudades destino, las rutas de tránsito y desplazamiento de los vehículos, las ciudades aledañas asociadas a cada origen y a cada destino que se vienen trabajando para la distribución y entrega de las encomiendas en el territorio Nacional. Las ciudades origen y ciudades destino son:

**Origen:**

- Barrancabermeja, Santander
- Barranquilla, Atlántico
- Bogotá D.C

- Bucaramanga, Santander
- Cali, Valle del cauca
- Cúcuta, Norte de Santander
- Maicao, La Guajira
- Medellín, Antioquia
- Montería, Córdoba
- Santa Marta, Magdalena

**Destinos:**

- Barrancabermeja, Santander
- Barranquilla, Atlántico
- Bogotá D.C
- Bucaramanga, Santander
- Cali, Valle del cauca
- Cúcuta, Norte de Santander
- Maicao, La Guajira

- Medellín, Antioquia
- Montería, Córdoba
- Santa Marta, Magdalena

Las rutas o red de transporte establecidas por Copetran Ltda., para el servicio de transporte de encomiendas a nivel nacional están asociadas a una ciudad de origen principal y una ciudad destino principal. Estas rutas cuentan con una trayectoria de servicio, tiempo y reconocimiento por parte de sus clientes.

**Figura 7.** Rutas transporte de encomiendas Copetran Ltda.



**Fuente:** Subgerencia de Carga Copetran Ltda.

Teniendo en cuenta las rutas establecidas y acreditadas por la empresa, se realizó un análisis de cada ruta con el fin de establecer las ciudades asociadas a cada origen y las ciudades por las cuales el vehículo hace su recorrido hacia su ciudad de destino final, entregando las encomiendas. A continuación, se enumeran las rutas que la empresa Copetran Ltda., tiene definidas:

**Tabla 6.** Rutas ciudades principales

CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA
	MONTERÍA/SINCELEJO
	MEDELLÍN
	CÚCUTA
	MAICAO
	SANTA MARTA
	BOGOTÁ
	CALI
	CARTAGENA
MAICAO	BUCARAMANGA
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA
CÚCUTA	BUCARAMANGA
SANTA MARTA	BUCARAMANGA
MEDELLÍN	BUCARAMANGA
	CALI
BOGOTA	MEDELLIN
	BUCARAMANGA
	CALI
CALI	BUCARAMANGA
	MEDELLÍN
	BOGOTÁ

**Fuente:** Subgerencia de Carga Copetran Ltda.

**Tabla 7.** Clusters de rutas Copetran Ltda.

<b>CIUDAD ORIGEN</b>	<b>CIUDAD DESTINO</b>
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>BARRANCABERMEJA</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Barrancabermeja, Dagota
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>MONTERÍA/SINCELEJO</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Cerete, Chinú, Cicuco, Ciénaga de Oro, Corozal, Coveñas, El carmen de Bolivar, El difícil, Lorica, Magangue, Montelibano, Montería, Planeta rica, Plato, Sahagún, Sampues, San Antero, San Marcos, San Onofre, Sincelejo, Talaiga Nuevo, Tolú viejo.
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>CARTAGENA</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Arjona, Barranquilla, Calamar(Bolivar), Cantagallo, Cartagena, Clemencia, Galapa, Malambo, Nueva Granada, Puerto Colombia, Sabanalarga.
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>MEDELLÍN</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Apartado, Barbosa (A), Bello, Caldas, Caucasia, Carepa, Copacabana, Dagota, Envigado, Girardota, Guarne, Itagui, Ituango, La ceja, La Dorada, la estrella, La tebaida, La virginia, Mariquita, Medellin, Montenegro, Puerto Araujo, Puerto Berrio, Rionegro, Sabaneta, San Diego, Turbo y Valdivia.
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>CÚCUTA</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Cucuta, Cucutilla, El molino, El Zulia, Los patios, Pamplona, Puerto Santander NS, San cayetano, Saravena (Arauca), Tibu, Villa del rosario.

<b>CIUDAD ORIGEN</b>	<b>CIUDAD DESTINO</b>
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>MAICAO</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Agustín Codazzi, Albania (G), Barrancas, Becerril, Distracción, Fonseca, Hatonuevo, La Jagua de Ibirico, La paz ©, Maicao, Mingueo, Riohacha, San Juan del Cesar, Valledupar, Villanueva(G).
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>SANTA MARTA</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Aguachica, Aracataca (mag), Astrea, Bosconia, Chimichagua, Cienaga, Cuatro vientos, Curumaní, El banco, El copey, El cruce de chiriguana, Fundación, la loma de potrerillo, La mata, Ocaña, Pailitas, Pelaya, Pivijay, San Alberto, San Martin, San roque, Santa Marta, Talameque.
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>BOGOTÁ</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Barbosa (s),Bogotá, Briceño, Cajica, Chía, Chiquinquirá, Chocontá, Cota, Duitama, Facatativa, Funza, Fusagasuga, Girardot, Granada, La mesa, Madrid (cund), Melgar, Moniquira, Monterrey, Mosquera, Nobsa, Oiba, Paipa, Puente Nacional, Puerto Boyacá, Puerto Lopez, Puro salgar, Puerto Serviez, Ricaurte, Saboya, Sachica, San gil, Santamaria, Santana, Saravena, Soacha, Socorro, Sogamoso, Sopo, Sotaquira, Sutamarcha, Tauramena, Tocancipa, Tunja, Tuta, Ubate, Vadoreal, Vasconia, Velez, Villa de leyva, Villavicencio, Villeta, Yopal, Zipaquirá.
<b>BUCARAMANGA</b>	<b>CALI</b>
Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija	Pereira, Manizales, Honda, Puerto Boyacá, Dágota, Armenia, Caldas, Pasto, Ipiales, Buenaventura, Popayan, Jamundí, Tolima, Pitalito, Tuluá, Bugalagrande, Caloto, Yumbo, Chocó, Cartago, Neiva, Palmira, Turbaco, Túqueres, Santander de Quilichao, Miranda.

<b>CIUDAD ORIGEN</b>	<b>CIUDAD DESTINO</b>
<b>MAICAO</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
	Aguachica, Agustin Codazzi, Albania(Guajira), Barrancas, Becerril, Bucaramanga, Cuestecitas, Curumani, El cruce de chiriguana, Fonseca, Hatonuevo, La jagua de Ibirico, La mata, Mingueo, Pailitas, Pelaya, Río de oro, Riohacha, San alberto, San Juan del cesar, San Martin(cesar), Valleduparm Villanueva (la guajira). Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija
<b>BARRANCABERMEJA</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Puerto Wilches, San vicente de chucuri,	Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija
<b>CÚCUTA</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Cucutilla, Convención, Duranía, El Zulia, Los Patios, Ocaña, Puerto Santander, San Cayetano, Tibu(NS), Villa del Rosario.	Giron, Floridablanca, Bucaramanga, piedecuesta, Lebrija, Pamplona, Chinacota, Pamplonita, Silos, Barrancabermeja, Toledo (NS).
<b>SANTA MARTA</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Cartagena, Barranquilla, Montería, Sincelejo, Soedad, Santa Marta.	Cienaga, Fundación, El copey, Bosconia, Cuatro vientos, La loma, Chiriguana, El crece, Curumaní, Pailitas, Pelaya, La mata, Aguachica, Ocaña, Gamarra, San Alberto, La gloria, San martin y Bucaramanga.

<b>CIUDAD ORIGEN</b>	<b>CIUDAD DESTINO</b>
<b>MEDELLÍN</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Bello, Caldas, Envigado, Itagui, La estrella, Medellín, Rionegro, Sabaneta.	Bucaramanga, Giron, Floridablanca, Piedecuesta, Lebrija, Dagota, Puerto Berrio, Copacabana, Barbosa (A), Girardota.
<b>MEDELLÍN</b>	<b>CALI</b>
Bello, Caldas, Envigado, Itagui, La estrella, Medellín, Rionegro, Sabaneta.	Armenia, Buenaventura, Bugalagrande, Cali, Caloto, Cartago, Chinchina, Dosquebradas, El cerrito, Florencia (caqueta), Guadalajara de Buga, Ibague, Ipiales, La paila, Manizales, Mariquita, Neiva, Palmira, Pasto, Pereira, Puerto Tejada, Tarazá, Tulúa, Yumbo.
<b>BOGOTA</b>	<b>MEDELLIN</b>
Bogota, Chia, Cota, Facatativa, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Tocancipa	Apartado, Barbosa (A), Bello, Caldas, Cauca, Chigorodo, Envigado, Girardota, Guarne, Itagui, la Ceja, la Dorada, la Estrella, la Tebaida, la Virginia, Medellín, Pereira, Puerto Boyaca, Retiro, Rionegro, Sabaneta, San Diego, Yondo
<b>BOGOTA</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Bogota, Chia, Cota, Facatativa, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Tocancipa	Tunja, Chiquinquirá, Barbosa(s), Santa, Vadorreal, Oiba, Socorro, San Gil, Bucaramanga, Barrancabermeja, Dagota, Giron, Malaga, Moniquira, Pamplona, Piedecuesta, Puente Nacional, Puerto Santander, Sogamoso, Ventaquemada, Yopal, Aguazul, Zapatoca, Floridablanca, Lebrija, Tunja.
<b>BOGOTA</b>	<b>CALI</b>
Bogota, Chia, Cota, Facatativa, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Tocancipa	Chicoral, Gualanday, Ibague, Cajamarca, Calarca, Armenia, Pereira, Cartago, La paila, Buenaventura, Bugalagrande, Caloto, Guadalajara de buga, Guamal, Pasto, Ipiales, Jamundí, Manizales, Mariquita, Melgar, Miranda (cauca), Neiva, Palmira, Popayan, Purificación, Turbaco (Nariño), Puerto Tejada, Chocó, TULÚA (Valle), Yumbo.

<b>CIUDAD ORIGEN</b>	<b>CIUDAD DESTINO</b>
<b>CALI</b>	<b>BUCARAMANGA</b>
Ipiales, Pasto, Buenaventura, Popayan, Jamundi, Tulua, Caloto, Yumbo, Cartago, Neiva, Palmira, Santander de quilichao, Miranda.	Pereira, Manizales, Honda, Puerto Boyaca, Dagota, Bucaramanga, Floridablanca, Giron, Piedecuesta, Lebrija, Armenia, Caldas.
<b>CALI</b>	<b>MEDELLÍN</b>
Ipiales, Pasto, Buenaventura, Popayan, Jamundi, Tulua, Caloto, Yumbo, Cartago, Neiva, Palmira, Santander de quilichao, Miranda.	Envigado, Apartadó, Barbosa(A), Bello, Caucasia, Giradota, Itagui, La dorada, La estrella, Puerto Triunfo, San diego, Quibdo, Rionegro, Sabaneta, Medellin
<b>CALI</b>	<b>BOGOTÁ</b>
Ipiales, Pasto, Buenaventura, Popayan, Jamundi, Caloto, Yumbo, Cartago, Neiva, Palmira, Santander de quilichao, Miranda.	Guadalajara de buga, Armenia, Ibague, Tulua, Ayacucho( cund), Manizales, Tocancipa, Chía, Fusagasuga, Funza, Soacha, Cajica, Zipaquirá, Madrid(cund), Mosquera, Neiva, Yopal y tunja, Bogota, Villavicencio, Suba

Una vez agrupadas las rutas a las ciudades principales origen- destino, se realizó el análisis de las remesas enviadas por ruta utilizando tablas dinámicas y gráficas dinámicas con el fin de filtrar la información relevante de cada ruta. Los criterios usados para realizar el proceso de filtrado fueron los siguientes:

- Ciudad origen
- Ciudad destino

- Día de la semana
- Mes

Para cada ruta se realizó el análisis de las remesas teniendo en cuenta el comportamiento de las encomiendas enviadas diariamente, este análisis se ejecutó de la siguiente manera: se filtró las encomiendas enviadas por día de la semana lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado de cada mes, obteniendo el comportamiento detallado de las encomiendas de los días mencionados anteriormente, se realizó el cálculo del promedio de las remesas de cada día de la semana durante los meses correspondientes a los años 2013 y 2014. Ver anexo 5 y anexo 6 respectivamente.

Al obtener los resultados de los promedios de las remesas por día de la semana se asumió que este comportamiento promedio seria la demanda de las remesas. Ya obtenida esta demanda detallada de cada día de la semana por cada mes del año se realizó un promedio total para así obtener un valor de demanda por año de cada día de la semana. Estos valores de la demanda por ruta, por día de la semana se encuentran en la **Tabla 8**.

Para dar una mayor solides y una mejor consistencia al cálculo promedio de la demanda anual, se determinó analizar los datos de las remesas del año 2015, esta demanda fue calculada filtrando cada ruta y calculando el promedio anual de cada día de la semana, de esta manera se actualizó el valor de la demanda con la cual se iba a trabajar como dato inicial del modelo matemático. Los resultados de este análisis de la demanda 2015 están plasmados en el anexo 7.

**Tabla 8.** Resultados Análisis Demanda (Kg) Copetran Ltda., años 2013, 2014 y 2015.

ORIGEN	DESTINO	DIA	DEMANDA 2013 (Kg)	DEMANDA 2014 (Kg)	DEMANDA 2015 (Kg)	DEMANDA PROMEDIO (Kg)
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	LUNES	1245,25	5526,42	3895,46	3555,71
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	MARTES	1924,33	5586,35	5676,24	4395,64
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	MIÉRCOLES	2764,83	6977,69	5237,99	4993,50
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	JUEVES	1770,75	4864,33	5745,38	4126,82
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	VIERNES	2991,25	6132,50	4881,21	4668,32
BUCARAMANGA	BOGOTÁ	SÁBADO	1885,83	3572,58	3228,61	2895,67
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	LUNES	884,16	563,72	571,89	673,25
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	MARTES	857,28	751,08	284,19	630,85
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	MIÉRCOLES	634,51	857,05	522,72	671,43
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	JUEVES	860,11	935,95	552,41	782,82
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	VIERNES	894,07	570,16	828,37	764,20
BUCARAMANGA	BARRANCABERMEJA	SÁBADO	691,77	187,20	210,07	363,01
BUCARAMANGA	MAICAO	LUNES	3330,92	3743,50	4235,80	3770,07
BUCARAMANGA	MAICAO	MARTES	3066,50	3387,50	6078,93	4177,64
BUCARAMANGA	MAICAO	MIÉRCOLES	3440,00	3529,25	6087,80	4352,35
BUCARAMANGA	MAICAO	JUEVES	4403,58	3908,58	7501,82	5271,33
BUCARAMANGA	MAICAO	VIERNES	3836,17	3398,08	3742,63	3658,96
BUCARAMANGA	MAICAO	SÁBADO	3084,82	2521,58	4323,84	3310,08
BUCARAMANGA	MAICAO	DOMINGO			1802,53	1802,53
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	LUNES	2153,17	2089,25	2399,48	2213,97
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	MARTES	2525,70	1943,08	4232,98	2900,59
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	MIÉRCOLES	2971,28	1709,33	2801,12	2493,91
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	JUEVES	2723,33	1822,33	9718,56	4754,74
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	VIERNES	2905,58	2167,92	2360,94	2478,15
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	SÁBADO	2018,83	1538,92	4772,12	2776,62
BUCARAMANGA	SANTA MARTA	DOMINGO			3438,58	3438,58
BUCARAMANGA	CARTAGENA	LUNES	3755,50	3189,08	3729,83	3558,14
BUCARAMANGA	CARTAGENA	MARTES	5769,33	4195,32	5008,86	4991,17
BUCARAMANGA	CARTAGENA	MIÉRCOLES	5605,33	5380,25	5188,03	5391,21
BUCARAMANGA	CARTAGENA	JUEVES	5009,92	7203,75	5426,52	5880,06
BUCARAMANGA	CARTAGENA	VIERNES	5233,25	4961,08	7525,98	5906,77
BUCARAMANGA	CARTAGENA	SÁBADO	4322,00	3670,67	9238,39	5743,68

ORIGEN	DESTINO	DIA	DEMANDA 2013 (Kg)	DEMANDA 2014 (Kg)	DEMANDA 2015 (Kg)	DEMANDA PROMEDIO (Kg)
BUCARAMANGA	MONTERÍA	LUNES	807,92	1080,33	879,64	922,63
BUCARAMANGA	MONTERÍA	MARTES	1915,25	1465,50	1868,85	1749,87
BUCARAMANGA	MONTERÍA	MIÉRCOLES	1555,25	2347,25	2172,86	2025,12
BUCARAMANGA	MONTERÍA	JUEVES	1682,75	2139,92	2307,73	2043,46
BUCARAMANGA	MONTERÍA	VIERNES	1936,50	1858,42	2319,00	2037,97
BUCARAMANGA	MONTERÍA	SÁBADO	2495,75	2403,00	2932,85	2610,53
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	LUNES	1864,42	1893,75	2799,57	2185,91
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	MARTES	2301,75	3112,73	3959,32	3124,60
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	MIÉRCOLES	3037,08	2899,73	4143,19	3360,00
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	JUEVES	2676,75	3434,92	4034,70	3382,12
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	VIERNES	2899,92	3781,33	3715,28	3465,51
BUCARAMANGA	MEDELLÍN	SÁBADO	1906,42	2349,67	2931,36	2395,81
BUCARAMANGA	CÚCUTA	LUNES	2708,83	2953,25	4163,45	3275,18
BUCARAMANGA	CÚCUTA	MARTES	2908,42	3362,42	5034,05	3768,29
BUCARAMANGA	CÚCUTA	MIÉRCOLES	3694,50	4929,00	4913,81	4512,44
BUCARAMANGA	CÚCUTA	JUEVES	3639,08	4595,92	4410,06	4215,02
BUCARAMANGA	CÚCUTA	VIERNES	3165,50	3951,92	4557,57	3891,66
BUCARAMANGA	CÚCUTA	SÁBADO	1990,92	2826,83	2393,25	2403,67
BUCARAMANGA	CALI	LUNES	2030,08	3555,75	2645,30	2743,71
BUCARAMANGA	CALI	MARTES	3030,33	5102,67	4333,92	4155,64
BUCARAMANGA	CALI	MIÉRCOLES	3851,42	5589,08	4025,53	4488,68
BUCARAMANGA	CALI	JUEVES	3030,00	5440,17	3230,26	3900,14
BUCARAMANGA	CALI	VIERNES	3416,83	6104,75	4151,41	4557,66
BUCARAMANGA	CALI	SÁBADO	2788,17	5538,75	3821,84	4049,58
MAICAO	BUCARAMANGA	LUNES	1,00		9,71	5,36
MAICAO	BUCARAMANGA	MARTES	26,00	2060,00	5,67	697,22
MAICAO	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	5,50		32,13	18,81
MAICAO	BUCARAMANGA	JUEVES	102,50		40,11	71,31
MAICAO	BUCARAMANGA	VIERNES	1,00	125,00	13,00	46,33
MAICAO	BUCARAMANGA	SÁBADO	7,33		1200,50	603,92
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	LUNES	1984,58	2625,42	2403,76	2337,92
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	MARTES	3342,08	3194,83	3485,96	3340,96
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	2810,33	2849,83	3683,39	3114,52
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	JUEVES	2578,42	3841,58	3453,85	3291,28
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	VIERNES	3070,83	3048,67	3256,51	3125,34
MEDELLÍN	BUCARAMANGA	SÁBADO	3020,58	2215,67	2230,45	2488,90
MEDELLÍN	CALI	LUNES	2360,00	5253,58	4340,44	3984,68
MEDELLÍN	CALI	MARTES	4062,92	4340,17	4978,55	4460,54
MEDELLÍN	CALI	MIÉRCOLES	4028,50	4166,17	4666,33	4287,00
MEDELLÍN	CALI	JUEVES	3960,67	4167,58	4413,17	4180,47
MEDELLÍN	CALI	VIERNES	4454,18	3866,92	4089,44	4136,85
MEDELLÍN	CALI	SÁBADO	3123,33	2310,92	2860,41	2764,89

ORIGEN	DESTINO	DIA	DEMANDA 2013 (Kg)	DEMANDA 2014 (Kg)	DEMANDA 2015 (Kg)	DEMANDA PROMEDIO (Kg)
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	LUNES	9427,42	7938,58	9664,59	9010,20
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	MARTES	10546,50	9271,58	12247,16	10688,41
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	11356,00	9372,00	13815,27	11514,42
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	JUEVES	10821,08	9641,42	12666,68	11043,06
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	VIERNES	11377,08	9303,92	10685,84	10455,61
BOGOTÁ	BUCARAMANGA	SÁBADO	3812,50	3126,25	4711,28	3883,34
BOGOTÁ	CALI	LUNES	4158,67	3772,17	7548,41	5159,75
BOGOTÁ	CALI	MARTES	7419,67	5331,00	8549,59	7100,09
BOGOTÁ	CALI	MIÉRCOLES	6083,58	4716,00	7929,78	6243,12
BOGOTÁ	CALI	JUEVES	6751,50	5875,50	9632,29	7419,76
BOGOTÁ	CALI	VIERNES	5657,92	4853,75	9747,73	6753,13
BOGOTÁ	CALI	SÁBADO	3614,75	3032,83	5443,26	4030,28
BOGOTÁ	MEDELLÍN	LUNES	5752,67	7842,24	7612,19	7069,03
BOGOTÁ	MEDELLÍN	MARTES	8320,50	7348,98	9088,53	8252,67
BOGOTÁ	MEDELLÍN	MIÉRCOLES	7450,50	7631,96	8215,10	7765,85
BOGOTÁ	MEDELLÍN	JUEVES	7801,33	7798,12	8623,65	8074,37
BOGOTÁ	MEDELLÍN	VIERNES	6390,17	7738,92	9518,65	7882,58
BOGOTÁ	MEDELLÍN	SÁBADO	4529,83	4836,63	3901,94	4422,80
CALI	BUCARAMANGA	LUNES	6055,48	5294,50	6652,01	6000,66
CALI	BUCARAMANGA	MARTES	9859,44	7163,42	10029,59	9017,48
CALI	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	7039,96	8116,75	9721,33	8292,68
CALI	BUCARAMANGA	JUEVES	8242,14	5173,08	6440,63	6618,62
CALI	BUCARAMANGA	VIERNES	6504,93	6681,50	8370,04	7185,49
CALI	BUCARAMANGA	SÁBADO	4950,08	5828,92	6611,01	5796,67
CALI	MEDELLÍN	LUNES	919,00	4109,91	4083,65	3037,52
CALI	MEDELLÍN	MARTES	3031,75	2897,90	5595,43	3841,69
CALI	MEDELLÍN	MIÉRCOLES	2441,00	2041,43	3490,37	2657,60
CALI	MEDELLÍN	JUEVES	1559,33	2135,20	3417,09	2370,54
CALI	MEDELLÍN	VIERNES	4401,56	3142,36	2385,93	3309,95
CALI	MEDELLÍN	SÁBADO	4585,00	3373,71	2403,62	3454,11
CALI	BOGOTÁ	LUNES		1675,30	6305,43	3990,36
CALI	BOGOTÁ	MARTES	1110,50	1071,60	6656,36	2946,15
CALI	BOGOTÁ	MIÉRCOLES	600,00	851,00	7195,25	2882,08
CALI	BOGOTÁ	JUEVES	2370,00	476,50	6536,78	3127,76
CALI	BOGOTÁ	VIERNES	960,50	1018,80	8571,50	3516,93
CALI	BOGOTÁ	SÁBADO	2451,50	476,50	7033,93	3320,64

ORIGEN	DESTINO	DIA	DEMANDA 2013 (Kg)	DEMANDA 2014 (Kg)	DEMANDA 2015 (Kg)	DEMANDA PROMEDIO (Kg)
CÚCUTA	BUCARAMANGA	LUNES	851,92	556,75	119,79	509,49
CÚCUTA	BUCARAMANGA	MARTES	833,08	341,25	711,09	628,47
CÚCUTA	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	1002,92	322,33	959,33	761,53
CÚCUTA	BUCARAMANGA	JUEVES	1177,58	446,83	630,08	751,50
CÚCUTA	BUCARAMANGA	VIERNES	975,08	411,67	864,98	750,58
CÚCUTA	BUCARAMANGA	SÁBADO	730,50	713,83	677,88	707,41
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	LUNES	12,83	11,00	5,64	9,83
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	MARTES	47,92	63,67	24,17	45,25
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	105,08	373,25	48,27	175,53
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	JUEVES	120,33	15,25	13,68	49,75
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	VIERNES	343,83	82,83	173,59	200,09
BARRANCABERMEJA	BUCARAMANGA	SÁBADO	4,33	14,40	274,75	97,83
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	LUNES	4935,19	3929,36	6264,80	5043,12
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	MARTES	6857,81	4869,86	12549,52	8092,40
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	MIÉRCOLES	6516,68	4828,18	9189,52	6844,79
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	JUEVES	7984,63	5637,31	12406,04	8675,99
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	VIERNES	7532,45	5122,49	8880,29	7178,41
SANTA MARTA	BUCARAMANGA	SÁBADO	7442,28	8264,43	14425,01	10043,90

## **6 DISEÑO DEL MODELO**

La asignación vehicular en la empresa Copetran Ltda., presenta falencias las cuales requieren de una pronta solución, que permita realizar la asignación vehicular de una manera coherente, homogénea y a su vez rápida.

Se ha convertido en una necesidad saber con certeza y con soportes válidos la cantidad de vehículos necesarios en cada uno de los nodos principales, con el fin de minimizar los costos de transporte y a su vez maximizar las utilidades para sus asociados.

En este capítulo se mostrará el modelo propuesto para la empresa, el cual dará solución al problema de asignación vehicular en cada uno de los nodos. Mediante la herramienta GAMS se solucionó el modelo por medio de programación lineal.

### **6.1 FORMULACIÓN MATEMÁTICA PROPUESTA**

Se quiere establecer un modelo matemático que determine la programación semanal de vehículos en cada uno de los principales nodos a nivel nacional, utilizando datos de entrada suministrados por la empresa, cumpliendo con las demandas proyectadas y teniendo en cuenta los requerimientos de los clientes.

Los objetivos principales del modelo son el cumplimiento total de los requerimientos por parte del cliente y la minimización de los costos de operación de la empresa, al ser así, se aumentan las utilidades de sus asociados.

### **6.1.1 Supuestos.**

Para el desarrollo del modelo matemático se hicieron unos supuestos debido a que alguna información es de tipo confidencial y la empresa no la suministró. Los supuestos fueron:

- Copetran Ltda. suministró un histórico de las remesas registradas en los años 2013 y 2014, datos a nivel nacional, las cuales fueron tomados como la demanda para el modelo matemático.
- La empresa definió las rutas, se realizó un clusters por cada uno de ellas teniendo en cuenta las ciudades de origen, las ciudades de tránsito y las ciudades de destino.
- Debido a que la empresa no cuenta con un registro de demanda por ruta, se hizo un análisis detallado de las remesas por cada una de ellas, se tomó la demanda como el promedio de las remesas de cada día de la semana durante los meses correspondientes a los años 2013 y 2014.
- El costo de cada uno de los fletes por ruta varía dependiendo de la distancia que se tiene entre la ciudad origen y la ciudad destino, y la capacidad de carga cada uno de los vehículos.

### 6.1.2 Datos de entrada<sup>44</sup>.

Los datos de entrada o información inicial son primordiales en la formulación del modelo matemático, la información relevante que se tuvo en cuenta fue la siguiente:

- Tipo de servicio a prestar: la empresa tiene dividido su portafolio de servicio según la necesidad del cliente, para la solución del problema de asignación vehicular que presenta la empresa se tuvo en cuenta los siguientes servicios: Paqueteo Express, Servicio Express, Mensajería Express y Encomienda Express.
- Ciudades principales: estas son definidas por la empresa ya que en la actualidad están acreditadas y tienen mayor demanda por sus clientes.
- Clusters de ciudades por rutas: agrupación de ciudades origen y ciudades destino teniendo en cuenta tanto la ruta de cada una de ellas como sus ciudades vecinas a la ruta.
- Demanda: histórico de remesas de los años 2013 y 2014 a nivel nacional.
- Costos de transporte: valor de viaje según ruta y capacidad del vehículo que es pagado al asociado o si es el caso a un tercero.
- Inventario de vehículos: vehículos disponibles a realizar viajes en la ciudad de origen, con su capacidad de carga.

---

<sup>44</sup> Los datos de entrada se detallan en el capítulo 5 de este libro.

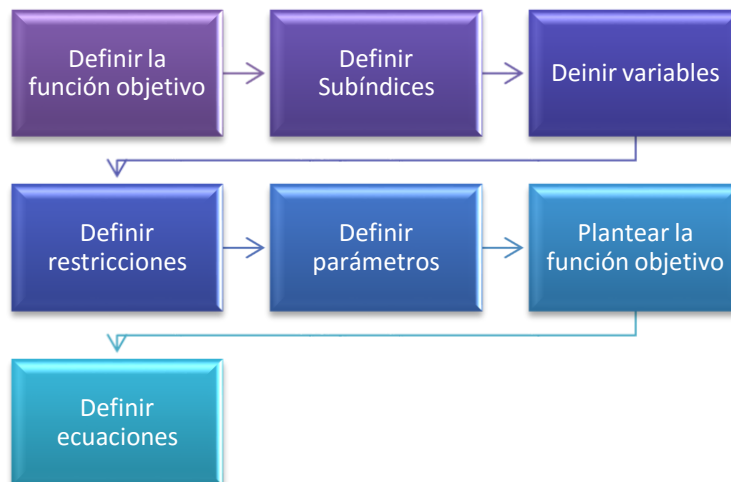
### 6.1.3 Solución programación lineal.

Para la solución del problema de programación lineal se identificó los elementos básicos del modelo matemático.

- Función objetivo
- Variables
- Restricciones

Posteriormente se determinaron los elementos con la siguiente metodología:

**Figura 8.** Metodología solución programación lineal.



**Fuente:** Investigación de Operaciones. Programación Lineal. Adaptado por el autor. <sup>45</sup>

<sup>45</sup> INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES: Programación Lineal. En: Ingeniería Industrial [En línea]. Disponible en < <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/programaci%C3%B3n-lineal/>> [Citado el 03 de junio de 2016].

#### **6.1.4 Función objetivo.**

La función objetivo tiene como finalidad aumentar las utilidades de los asociados, minimizando los costos, para un ingreso establecido al asociado, optimizando la asignación de los recursos vehiculares para el transporte de encomiendas de una ciudad origen a una ciudad destino, satisfaciendo la demanda de cada ciudad destino con vehículos asociados a la empresa.

Para el desarrollo del modelo matemático que dará solución al problema de asignación vehicular de la empresa se identificó que la función objetivo es minimizar los costos de operación. La programación lineal permite optimizar la función objetivo, la cual es una función lineal de varias variables:

#### **6.1.5 Subíndices.**

Los subíndices utilizados para el diseño del modelo matemático fueron:

**i:** Ciudad Origen

**j:** Ciudad Destino

**t:** Día de la semana

**l:** Tipo de vehículo

#### **6.1.6 Variables.**

Las variables están relacionadas con la función objetivo, los objetivos específicos y a su vez el objetivo general, para el desarrollo del modelo matemático se utilizó un solo tipo de variables: variables enteras.

VARIABLES A UTILIZAR:

$X(i, j, t, l)$  : Número de vehículos desde una ciudad origen (i) a una ciudad destino (j) en un día de la semana (t) con una capacidad de carga (l)

$invF(i, t)$  : Inventario final de vehículos en la ciudad origen (i) en el día de la semana (t)

$ii(i, t)$  : Inventario inicial de vehículos en la ciudad origen (i) al inicio del día de la programación (t)

$Z$  : Costo del transporte de las encomiendas desde una ciudad origen a una ciudad destino.

### 6.1.7 Restricción.

La restricción del modelo matemático es la siguiente:

$$Demanda(j, t): \sum_i \sum_l X_{i,j,t,l} \geq \sum_i \sum_l \frac{d_{(i,j,t)}}{cp(l)} ; \quad \forall i, \forall j \text{ y } \forall t \quad (6.1)$$

Con esta restricción se garantiza el cumplimiento del transporte de la demanda de la ciudad destino en el día t de la semana, con la asignación del número total de vehículos requeridos en cada uno de los nodos principales, cumpliendo que el número de vehículos sea mayor o igual al total de la demanda sobre la capacidad de cada vehículo.

### 6.1.8 Notación.

En la siguiente sección se indican los índices correspondientes al modelo matemático, sus datos de entrada y sus respectivas variables.

#### 6.1.8.1 Índices.

*i* : Índice que indica las ciudades origen

(*i* = Barrancabermeja, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Maicao, Medellín, Montería, Santa Marta)

*j* : Índice que indica las ciudades destino

(*j* = Barrancabermeja, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Maicao, Medellín, Montería, Santa Marta)

*t* : Índice que indica el día de la semana

(*t* = lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado)

*l* : Índice que indica el tipo de vehículo (capacidad de vehículo en Kilogramos)

Tipo 0: Camioneta Furgón (2 Toneladas)

Tipo 1: Camión Furgón (4.5 Toneladas)

Tipo 2: Camión Furgón (8 Toneladas)

(*l* = tip0, tip1, tip2)

### 6.1.8.2 Parámetros.

***Invent(i)***: Inventario de vehículos en cada uno de los nodos principales

***d(i,j,t)***: Matriz de demanda de ciudad origen (i) a ciudad destino (j) en el día de la semana (t)

***c(i,j,l)***: Matriz de costos por viaje de ciudad origen (i) a ciudad destino (j) en el tipo de vehículo (l)

***cp(l)***: Capacidad de carga de cada uno de los vehículos (l)

### 6.1.9 Ecuaciones.

En este numeral se muestran las ecuaciones pertinentes para el diseño del modelo de asignación vehicular propuesto para la empresa.

- Costo: Función objetivo

$$\text{Minimizar } Z = \sum_i \sum_j \sum_t \sum_l C_{ijl} * X_{ijtl} \quad (6.2)$$

- Demanda: cumplimiento de la demanda.

$$\text{Demanda } (j, t): \sum_i \sum_l X_{ij,t,l} \geq \sum_i \sum_l \frac{d_{(i,j,t)}}{cp(l)} ; \quad \forall i, \forall j \text{ y } \forall t \quad (6.3)$$

- Inventario inicial: inventario de vehículos al comienzo de la semana (lunes).

$$\text{InvII}(i) = ii (i, \text{'Lunes'}) = \text{invent}(i) \quad (6.4)$$

- Inventario: inventario después del despacho de cada uno de los vehículos en la ciudad origen.

$$inv(t, i) = ii(i, t) - \sum_j \sum_l X_{(i,j,t,l)} + \sum_j \sum_l X_{(i,j,t-1,l)} \quad (6.5)$$

## 6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Para la implementación del modelo matemático que dará solución al problema de asignación vehicular de la empresa Copetran Ltda., será modelado con la herramienta GAMS/MIP utilizando su estructura general del modelo, la cual contiene los siguientes ítems:

- Declaración de conjuntos.
- Datos de entrada.
- Variables.
- Ecuaciones.
- Solución modelo.

### 6.2.1 Bloques de un modelo en GAMS.

Para la correcta implementación de un modelo matemático en GAMS se debe cumplir con la siguiente estructura:

- Bloques obligatorios
  - VARIABLES
  - EQUATIONS
  - MODEL
  - SOLVE
  
- Opcionales
  - SETS: ALIAS
  - DATA: SCALARS, PARAMETERS, TABLE
  
- Valores (son válidos como datos)
  - INF
  - EPS

### 6.2.2 Declaración de conjuntos.

Se refiere a los subíndices con cuales fueron utilizados en la formulación del modelo matemático.

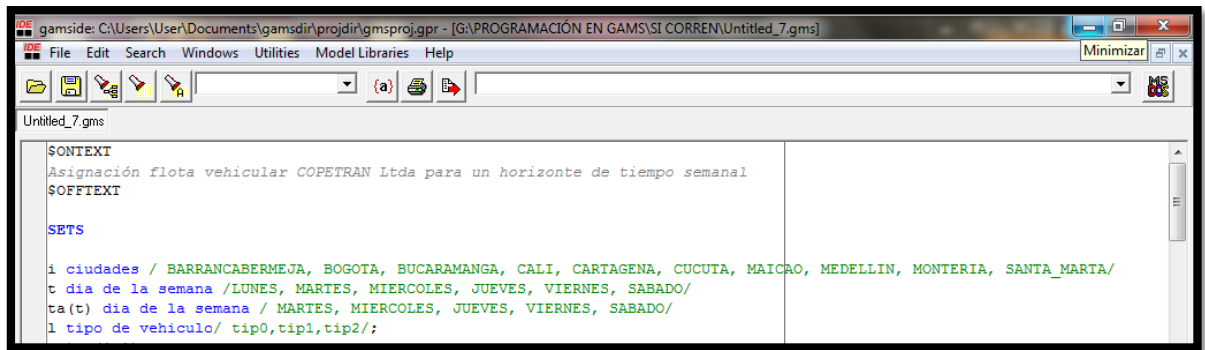
*i*: Índice que indica las diez (10) ciudades origen

*j*: Índice que indica las diez (10) ciudades destino

*t*: Índice que indica los seis (6) días de la semana

*l*: Índice que indica el tipo de vehículo (capacidad de vehículo de 2000,4500 y 8000 Kilogramos)

**Figura 9.** Declaración y asignación de conjuntos en GAMS



```
gamside: C:\Users\User\Documents\gamsdir\projdir\gmsproj\gpr - [G:\PROGRAMACIÓN EN GAMS\SI CORREN\Untitled_7.gms]
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
Untitled_7.gms
$ONTEXT
Asignación flota vehicular COPETRAN Ltda para un horizonte de tiempo semanal
$OFFTEXT
SETS
i ciudades / BARRANCABERMEJA, BOGOTA, BUCARAMANGA, CALI, CARTAGENA, CUCUTA, MAICAO, MEDELLIN, MONTERIA, SANTA_MARTA/
t dia de la semana /LUNES, MARTES, MIERCOLES, JUEVES, VIERNES, SABADO/
ta(t) dia de la semana / MARTES, MIERCOLES, JUEVES, VIERNES, SABADO/
l tipo de vehiculo/ tip0,tip1,tip2/;
```

### 6.2.3 Datos de entrada.

Los datos de entrada es la información necesaria para la implementación de la solución del modelo matemático.

#### 6.2.3.1 Tablas.

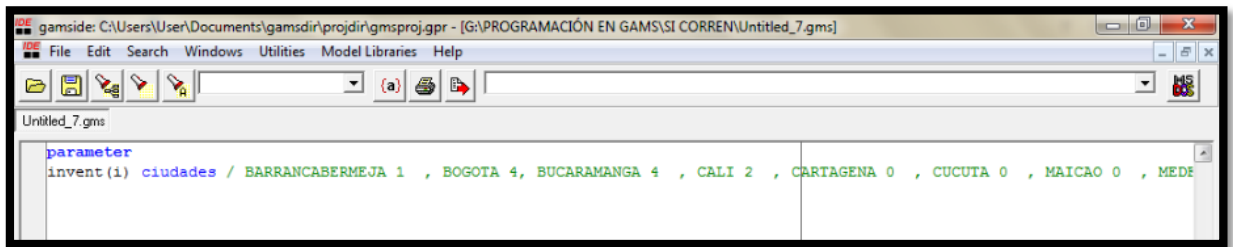
**Invent(i):** Inventario de vehículos al inicio de la semana

**d(i,j,t):** Matriz de demanda establecida por los patrones de demanda resultado del análisis de los datos iniciales

**c(i,j,l):** Matriz de costos por viaje de ciudad origen (i) a ciudad destino (j) en el tipo de vehículo (l)

**cp(l):** Capacidad de carga de cada uno de los vehículos en kilogramos (l)

**Figura 10.** Declaración y asignación de parámetros en GAMS



### 6.2.3.2 Tablas.

Los datos de entrada tipo tabla son aquellas que tienen la estructura de matriz, dónde se organiza la información.

**$d(i,j,t)$ :** Matriz de demanda de ciudad origen (i) a ciudad destino (j) en el día de la semana (t).

**$c(i,j,l)$ :** Matriz de costos por viaje de ciudad origen (i) a ciudad destino (j) en el tipo de vehículo (l).

**Figura 11 .** Declaración y asignación de Tablas en GAMS

```

TABLE
d(i,j,t) demanda de i a j en el dia t
    
```

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
BARRANCABERMEJA.BUCARAMANGA	9.825925926	45.25208333	175.5333333	49.75444444	200.0858586
BOGOTA.BUCARAMANGA	9010.197674	10688.41405	11514.42436	11043.06144	10455.61181
BOGOTA.CALI	5159.747953	7100.086222	6243.122549	7419.7625	6753.132861
BOGOTA.MEDELLIN	7069.029381	8252.671806	7765.85463	8074.369759	7882.578542
BUCARAMANGA.BARRANCABERMEJA	0	630.8506118	671.4266799	782.820181	764.2022365
BUCARAMANGA.BOGOTA	3555.709185	4395.639649	4993.504765	4126.820044	4668.319592
BUCARAMANGA.CALI	2743.71188	4155.639267	4488.675641	3900.142889	4557.662955
BUCARAMANGA.CARTAGENA	3558.137937	4991.17067	5391.205662	5880.062484	5906.771042
BUCARAMANGA.CUCUTA	3275.176111	3768.294911	4512.435705	4215.020133	3891.661456

#### 6.2.4 Variables.

Para la formulación y solución del modelo matemático se utilizó un solo tipo de variables: variables enteras.

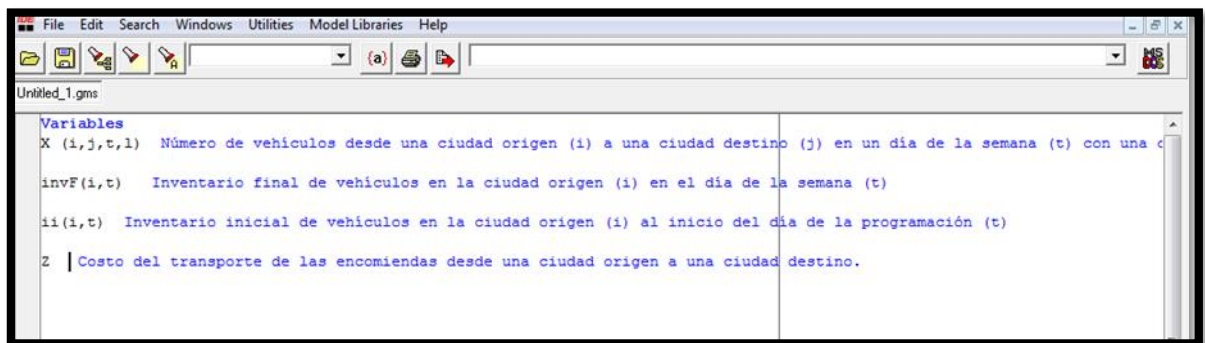
$X(i, j, t, l)$  : Número de vehículos desde una ciudad origen (i) a una ciudad destino (j) en un día de la semana (t) con una capacidad de carga (l)

$invF(i, t)$  : Inventario final de vehículos en la ciudad origen (i) en el día de la semana (t)

$ii(i, t)$  : Inventario inicial de vehículos en la ciudad origen (i) al inicio del día de la programación (t)

$Z$  : Costo del transporte de las encomiendas desde una ciudad origen a una ciudad destino.

Figura 12. Declaración y asignación de variables en GAMS

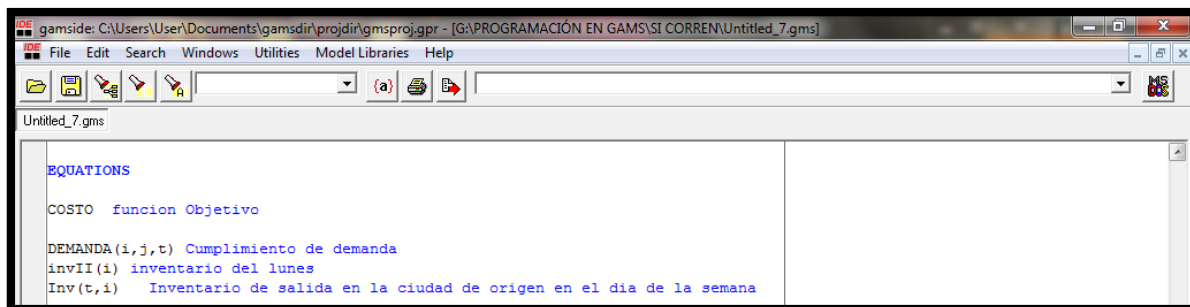


```
Variables
X (i,j,t,l) Número de vehiculos desde una ciudad origen (i) a una ciudad destino (j) en un día de la semana (t) con una c
invF(i,t) Inventario final de vehiculos en la ciudad origen (i) en el día de la semana (t)
ii(i,t) Inventario inicial de vehiculos en la ciudad origen (i) al inicio del día de la programación (t)
Z | Costo del transporte de las encomiendas desde una ciudad origen a una ciudad destino.
```

#### 6.2.5 Ecuaciones.

Para el modelamiento en GAMS primero se tuvo que definir y declarar las ecuaciones para posteriormente ser usadas, las ecuaciones están relacionadas tanto con las restricciones como con la función objetivo del modelo matemático.

**Figura 13.** Declaración y asignación de ecuaciones en GAMS



### 6.2.6 Solución del modelo.

Una vez implementado el modelo matemático en GAMS con su respectiva línea de código conservando su estructura, se procede a implementar la solución del modelo matemático utilizando las herramientas y librerías que ofrece GAMS.

Para solucionar el modelo en GAMS se utilizó la siguiente estructura en la línea de código con sus respectivos comandos:

- **MODEL** transporte /all/
- **SOLVE** nombre\_modelo **USING** tipo\_problema **MINIMIZING** variable\_f.o

Se utilizó el comando **MODEL** precedido del nombre del algoritmo con el fin de nombrar el modelo a implementar, a continuación, se declara el comando **SOLVE** para dar la orden al software de iniciar el proceso de solución del modelo, se debe definir el tipo de problema a solucionar y posteriormente se introduce el comando que va a **MINIMIZAR** nuestra función objetivo utilizando **MIP** (Programación lineal entera mixta).

## 7 RESULTADOS OBTENIDOS

El resultado obtenido del modelo matemático para la asignación de la flota vehicular en los principales nodos a nivel nacional da como respuesta una mayor participación de los asociados. Con base en la situación actual de la empresa Copetran Ltda., se desarrolló un modelo el cual permite acoplarse a las necesidades actuales de la empresa.

Por medio de la herramienta GAMS se obtuvo la solución del modelo matemático mediante el solver CPLEX y el tipo de programación lineal entera mixta (MIP), el cual dio como resultado la programación semanal en cada uno de los nodos principales a nivel nacional, especificando la cantidad de vehículos necesarios y la capacidad requerida de cada uno de ellos.

El modelo se ajusta a las necesidades operacionales de la empresa Copetran Ltda., logrando así una mayor eficiencia en el uso de los recursos vehiculares, dando prioridad a la contratación de los vehículos de los asociados. De esta manera se logra obtener un mayor rendimiento en las utilidades de los asociados puesto que al conocerse la programación vehicular en cada nodo con anticipación se puede dar prioridad a los asociados.

Una vez conocida la programación semanal de los vehículos en cada nodo se hace indispensable una excelente planeación por parte de la empresa en la asignación de cada uno de los vehículos cumpliendo con la demanda requerida en cada nodo, los encargados de la parte operativa irán realimentando el modelo con la demanda semanal inmediatamente anterior, con el fin de actualizar el comportamiento de la demanda y así obtener un modelo que se ajusta en respuesta a la demanda en cada

uno de los nodos, de esta manera el modelo se convierte en una herramienta indispensable que facilitará la asignación vehicular.

Al ser un modelo dinámico, éste se ajusta a las necesidades de cada uno de los nodos, por lo tanto, la programación semanal va depender de la información que se le suministre al modelo. Llevando un registro de las programaciones semanales, demanda e inventario de los vehículos en cada nodo se podrá realizar una mejor planeación de las rutas, dando prioridad a los asociados con la asignación de sus vehículos.

Conociendo con exactitud los vehículos necesarios en cada nodo, es decisión de la empresa si contrata a un vehículo tercerizado, realiza una orden de vacío a un vehículo de un asociado que esté cercano al nodo o le informa al asociado la necesidad del vehículo en el nodo y llegan a un acuerdo en términos de gastos, con el fin de cumplir la demanda en dicho nodo, siempre prevaleciendo la utilización de vehículos asociados para obtener mayores utilidades entre ellos.

Este modelo de asignación propuesto para Copetran Ltda., debe tener un continuo seguimiento por parte de la persona líder de carga, con el objetivo de supervisar la operatividad del modelo, detectando posibles fallas, nuevos factores a incluir en el modelo y posibles acciones de mejora en cuanto al proceso de asignación vehicular. El resultado de este monitoreo se verá reflejado en un modelo matemático más robusto, convirtiéndolo en un modelo más preciso, eficiente, confiable y a su vez efectivo. Con la implementación de este método de asignación vehicular se logra disminuir la subjetividad con la que se ha venido trabajando en este proceso.

En la siguiente figura se muestra el resultado arrojado por la herramienta GAMS, estos datos fueron analizados e interpretados con el fin de obtener la programación semanal vehicular requerida en cada nodo. Ver anexo 8 soluciones del modelo matemático.

**Figura 14.** Solución modelo matemático

```

amsdir\projdir\Untitled_7.lst]
ms  Untitled_2.lst  Untitled_7.lst  Untitled_7.gms

          S O L V E      S U M M A R Y

MODEL   transporte      OBJECTIVE  z
TYPE    MIP              DIRECTION  MINIMIZE
SOLVER  CPLEX           FROM LINE  151

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS       8 Integer Solution
**** OBJECTIVE VALUE    135170000.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT      0.266      1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT    119      2000000000

IBM ILOG CPLEX   Jul  4, 2012 23.9.5 WEX 36376.36401 WEI x86_64/MS Windows
--- GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.
Cplex 12.4.0.1

MIP status(102): integer optimal, tolerance
Fixing integer variables, and solving final LP...
Fixed MIP status(1): optimal
Solution satisfies tolerances.

MIP Solution:      135170000.000000      (119 iterations, 0 nodes)
Final Solve:      135170000.000000      (0 iterations)

Best possible:    128182094.322344
Absolute gap:     6987905.677656
Relative gap:     0.051697

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
---- EQU COSTO      .          .          .          1.000

      COSTO  funcion Objetivo

---- EQU DEMANDA  Cumplimiento de demanda

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
BARRANCABERMEJA.BARRANCABERMEJA
.LUNES      .          .          +INF      .
BARRANCABERMEJA.BARRANCABERMEJA
.MARTES     .          .          +INF      .
BARRANCABERMEJA.BARRANCABERMEJA
.MIERCOLES  .          .          +INF      .
BARRANCABERMEJA.BARRANCABERMEJA
.JUEVES     .          .          +INF      .

```

```

\gamsdir\projdir\Untitled_7.lst
-----
2.gms  Untitled_2.lst  Untitled_7.lst  Untitled_7.gms
-----
-----      152 VARIABLE X.L  numero de vehiculos de ir de i a j en
                               o de vehiculo 1

INDEX 1 = BARRANCABERMEJA

                               tip0

BUCARAMANGA  .LUNES           1.000
BUCARAMANGA  .MARTES          1.000
BUCARAMANGA  .MIERCOLES       1.000
BUCARAMANGA  .JUEVES          1.000
BUCARAMANGA  .VIERNES         1.000
BUCARAMANGA  .SABADO          1.000

INDEX 1 = BOGOTA

                               tip0           tip1           tip2

BUCARAMANGA  .LUNES           1.000                1.000
BUCARAMANGA  .MARTES                1.000           1.000
BUCARAMANGA  .MIERCOLES           1.000           1.000
BUCARAMANGA  .JUEVES                1.000           1.000
BUCARAMANGA  .VIERNES             1.000           1.000
BUCARAMANGA  .SABADO                1.000
CALI          .LUNES                1.000           1.000
CALI          .MARTES                1.000           1.000
CALI          .MIERCOLES           1.000           1.000
CALI          .JUEVES                1.000           1.000
CALI          .VIERNES             1.000           1.000
CALI          .SABADO                1.000           1.000
MEDELLIN     .LUNES                1.000           1.000
MEDELLIN     .MARTES                2.000           1.000
MEDELLIN     .MIERCOLES           2.000           1.000
MEDELLIN     .JUEVES                2.000           1.000
MEDELLIN     .VIERNES             1.000           1.000
MEDELLIN     .SABADO                1.000

INDEX 1 = BUCARAMANGA

                               tip0           tip1           tip2

BARRANCABERMEJA.MARTES           1.000
BARRANCABERMEJA.MIERCOLES       1.000
BARRANCABERMEJA.JUEVES          1.000
BARRANCABERMEJA.VIERNES         1.000
BARRANCABERMEJA.SABADO          1.000
BOGOTA       .LUNES                1.000           1.000
BOGOTA       .MARTES                1.000           1.000
BOGOTA       .MIERCOLES                1.000           1.000

```

Una vez compilado el modelo y obtenido la solución, se propone el siguiente modelo de asignación vehicular, teniendo en cuenta cada ruta establecida por la empresa, el número de vehículos con su respectiva capacidad de carga de los vehículos programados. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de la solución que arrojó la herramienta GAMS:

**Tabla 9.** Resultados programación semanal vehicular por ruta

RUTA/DIA DE LA SEMANA	LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO		
	2000	4500	8000	2000	4500	8000	2000	4500	8000	2000	4500	8000	2000	4500	8000	2000	4500	8000
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
B/BERMEJA - B/MANGA	1			1			1			1			1			1		
BOGOTA - B/MANGA	1		1		1	1		1	1		1	1		1	1		1	
BOGOTA - CALI			1			1			1		1			1		1		
BOGOTA - MEDELLIN			1		2				2		2			1		1		
B/MANGA - B/MEJA				1			1			1			1			1		
B/MANGA - BOGOTÁ		1			1				1		1				1		1	
B/MANGA - CALI		1			1			1			1			1		1		
B/MANGA - CARTAGENA		1				1			1			1		1				1
B/MANGA - CÚCUTA		1			1				1		1		1			1		
B/MANGA - MAICAO		1			1			1			1				1		1	
B/MANGA - MEDELLÍN		1			1			1			1			1			1	
B/MANGA - MONTERÍA	1			1				1			1			1			1	
B/MANGA - SANTA MARTA		1			1			1				1		1			1	

## 8 CONCLUSIONES

- Al haber realizado una verificación de la situación actual de la empresa, se pudo identificar las principales fortalezas y oportunidades de mejora que presenta Copetran Ltda en su proceso de asignación vehicular, siendo este el punto de partida para el inicio del proyecto.
- El análisis realizado a las remesas registradas en los años 2013 y 2014 arrojó el comportamiento patrón de la demanda en cada una de las rutas, el cual dio un aproximado a la realidad de la empresa. Debido que no se cuenta con un registro de la capacidad de carga que se transporta diariamente entre las rutas, se presentan fallas en la prestación del servicio aumentando los costos operativos.
- El diseño del modelo matemático ayudó a la empresa a tener una visión clara de la cantidad de vehículos que debe tener disponibles en cada uno de los nodos, logrando así obtener una mayor participación por parte de los vehículos de los asociados y satisfaciendo en todo momento las necesidades y exigencias del cliente.
- Para que los resultados arrojados por el software GAMS sean confiables, se debe tener una precisión en los datos de entrada, cuanto más se ajusten los datos a la realidad, más verídicos van a ser los resultados obtenidos.

- GAMS es una herramienta que facilita la solución de diferentes problemas de forma rápida y eficiente, permite realizar cambios de manera segura y sencilla, a su vez da acceso a la portabilidad de los modelos entre plataformas y sistemas operativos.
- La búsqueda exhaustiva en la literatura ayudó a tener un enfoque claro del problema de asignación vehicular, el cual fue adaptado a la situación actual de la empresa.
- Con la realización de este tipo de proyectos dónde se relaciona tanto la parte académica como la empresarial, aporta beneficios para las partes interesadas, el estudiante podrá demostrar los conocimientos adquiridos durante su formación académica, habilidades y fortalezas.

## 9 RECOMENDACIONES

A partir del trabajo de grado desarrollado en la empresa se recomienda:

- Implementando un método operativo efectivo en la empresa se aumentará la eficiencia en la prestación de sus servicios de transporte de carga. Logrando solucionar sus falencias en la asignación vehicular los asociados podrán tener mayor participación con sus vehículos y la empresa competirá con los grandes operadores logísticos con calidad y cumpliendo en todo momento con las expectativas del cliente.
- Como la empresa no cuenta con un dato real y concreto que estime la demanda diaria, se debe tener en cuenta los manifiestos de carga de cada uno de los vehículos con el fin de tener un registro de la capacidad de carga que se transporta diariamente entre las rutas.
- Es recomendable que la empresa realice la implementación del modelo matemático entregado en un software de fácil manejo. A su vez realizar la debida capacitación a la persona encargada de realizar la asignación vehicular en cada uno de los nodos principales a nivel nacional. Al realizar esta implementación, se logrará una adecuada planeación semanal de los recursos vehiculares necesarios en cada ciudad.

## BIBLIOGRAFÍA

BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Pearson Educación, 2004. 12 p.

CALDERÓN, Andrés. ESCOBAR, Jorge. GUERRERO, Arístides. SUÁREZ, Juan. Optimización vehicular en operativos nacionales en Servientrega S.A. Trabajo de Especialización en gerencia logística. Bogotá D.C: Universidad Sergio Arboleda. 2012. p 24 - 35.

CHACON, Carolina. RUEDA, Mario. Diseño e implementación de un modelo para asignación de vehículos de carga en la cooperativa de transportadores del sur COTRASUR. Trabajo de grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2008. p 77 - 86.

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo, et al. Problemática y posibilidades del sistema de transporte de carga en Colombia. Página web, 2008, p. 1-7.

ERNEST, A. T., JIANG, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. Staff Scheduling and Rostering: A review of applications, methods and models. European Journal of Operation Research, 2004, vol. 153. p. 3 – 27.

FREDERICK, Hillier; LIBERMAN, Gerald. Investigación de operaciones. Editorial Mc. Graw Hill. Capítulo 3, 2002, Novena Edición. 309 p.

HOYOS OROZCO, Paula. Diseño e implementación de un modelo de asignación para la programación de los equipos de bombeo en Holcim (Colombia) S.A. Zona centro. Trabajo de grado ingeniero industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico mecánicas. p. 1 - 2.

MENDOZA MOREIRA, Emiliana Esperanza. Análisis de la propuesta de un modelo administrativo para la compañía de transporte de carga pesada sultana colorada S.A, en Santo Domingo de los Tsachilas, 2012. 2013. Tesis Doctoral. 10 p.

PRADENAS ROJAS, Lorena; HIDALGO TAPIA, Samuel; JENSEN CASTILLO, Magdalena. Asignación de supervisores forestales: resolución mediante un algoritmo Tabu Search. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2008, vol. 16, no 3. 404 p.

QUINTERO MONCADA, Diego; QUINTERO ARAUJO, Carlos. Diseño de un modelo de asignación de turnos para la operación de sistemas de transporte masivo tipo BRT. Eleventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI), 2013. 10 p.

RAMIREZ, Jenny. Actualización de la documentación (Procedimientos y formatos) correspondientes a la oficina de auditoría interna de la Cooperativa Santandereana de transportadores Copetran Ltda. Trabajo de grado: Ingeniería Industrial. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. 2010. 18 p.

ROGRIGUEZ, Carlos Mario. Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional. Tesis de grado: Administración de Negocios Internacionales. Bogotá D.C: Universidad Colegio mayor de nuestra señora del rosario. Facultad de Administración. 2013. 20 p

TORO OCAMPO, Eliana Mirledy; GRANADA ECHEVERRY, Mauricio; ROMERO, Rubén. Algoritmo memético aplicado a la solución del problema de asignación generalizada. *Revista Tecnura*, 2012, vol. 8, no 16. 56 p.

YAGIURA, Mutsunori; IBARAKI, Toshihide. The Generalized Assignment Problem and Its Generalizations. 1 p.