

**PROYECTO APLICADO**

**Modelo de optimización del proceso de distribución para la minimización de  
costos de embalaje en la empresa LECHE SAN S.A**

**Laura Marcela Bautista Díaz  
Cristian Alexander García Jácome**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
2014**

**PROYECTO APLICADO**

**Modelo de optimización del proceso de distribución para la minimización de  
costos de embalaje en la empresa LECHE SAN S.A**

**Laura Marcela Bautista Díaz - ID: 153950  
Cristian Alexander García Jácome - ID: 84455**

**DIRECTOR PROYETO:**

**Ph.D Maryory Patricia Villamizar León**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios porque fue el quien me permitió realizarlo con esfuerzo y dedicación, a mi familia, a mi padre Henry García Cuadros, a mi madre Jakeline Jácome Ascanio, y a mi hermano Henry Andrés García Jácome, que con mucho amor y cariño, me apoyaron incondicionalmente en cada semestre de la carrera, y en especial a mi hija Mariana García Omaña, quien es ese angelito y el motor que me impulsa a salir adelante y me llena de felicidad todos los días.

Finalmente, a mis amigos, y a todas aquellas personas que estuvieron conmigo a lo largo de este proceso y etapa de mi vida.

**Cristian Alexander García Jácome**

Dedico este proyecto a Dios, que me ha dado la vida y las oportunidades que he tenido hasta el momento, y las que están por venir. Este trabajo de grado es el resultado de un camino de esfuerzo y dedicación que hoy está culminando. A mi familia, en especial a mis padres, que han sido mi fortaleza y fuente de inspiración, que me han enseñado que todo lo que se hace con esfuerzo y perseverancia obtiene los mejores resultados y el cumplimiento de las metas. Sin su dedicación, consejos y apoyo nada de esto sería una realidad.

Finalmente, para mí es muy importante dedicárselo a todas las personas que hicieron que esto fuera posible, y que hoy celebran este gran logro conmigo.

**Laura Marcela Bautista Díaz**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien nos dio la fuerza y sabiduría en todo momento. A nuestros padres que con esfuerzo y entrega nos dieron la oportunidad de estudiar en una universidad de educación superior. A la empresa Lechesan S.A, y en ella al señor Henry García Cuadros (Jefe de Logística) quien nos prestó toda la colaboración para la realización de este proyecto, y a la Ingeniera Maryory Patricia Villamizar León (Directora del proyecto), por sus orientaciones y recomendaciones. A toda nuestra familia y amigos muchas gracias, porque nos apoyaron y animaron hasta el final.

**Laura Marcela Bautista Díaz**  
**Cristian Alexander García Jácome**

## TABLA DE CONTENIDO:

<b>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:</b> .....	13
<b>1.1 Reseña Histórica:</b> .....	13
<b>1.2 MISION:</b> .....	15
<b>1.3 VISION:</b> .....	15
<b>1.4 POLITICAS:</b> .....	15
<b>1.5 ORGANIGRAMA LECHESAN S.A:</b> .....	16
<b>1.5.1 NÚMERO DE EMPLEADOS:</b> .....	16
<b>1.6 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO (EMPRESA):</b> .....	17
<b>2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA – ALCANCE:</b> .....	17
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	21
<b>4. JUSTIFICACIÓN:</b> .....	27
<b>5. OBJETIVOS:</b> .....	28
<b>5.1 Objetivo General:</b> .....	28
<b>5.2 Objetivos Específicos:</b> .....	28
<b>6. MARCO TEORICO:</b> .....	29
<b>6.1 Cadena de Suministro</b> .....	29
<b>6.1.1 Definición de la Cadena de Suministro:</b> .....	29
<b>6.1.2 Como está conformada la Cadena de Suministro:</b> .....	30
<b>6.1.3 Características de los problemas de distribución y transporte:</b> ....	31
<b>6.1.4 Algunos problemas de optimización:</b> .....	32
<b>6.2 Problemas de optimización y combinatoria</b> .....	33
<b>6.2.1 Optimización de la carga: Software CargoWiz:</b> .....	34
<b>6.3 Problemas de optimización: Ruta más corta</b> .....	37
<b>6.3.1 Algoritmo para calcular la ruta más corta:</b> .....	40
<b>6.3.2 Metaheurísticos y sus clasificaciones</b> .....	43
<b>6.3.3 Algoritmos genéticos</b> .....	46
<b>7. DISEÑO METODOLÓGICO:</b> .....	49
<b>8. FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE CADA MODELO:</b> .....	53
<b>8.1 FORMULACION DEL MODELO 1: Optimización de la Capacidad del Vehículo asociado al tipo de embalaje y al tipo de camión</b> .....	53
<b>8.1.1 Variables del modelo 1:</b> .....	54
<b>8.1.2 Supuesto del modelo 1:</b> .....	54
<b>8.1.3 Características de formulación del modelo:</b> .....	55

8.1.4	Resultados de la optimización con CARGOWIZ: .....	55
8.2	<b>FORMULACIÓN DEL MODELO 2: Optimización de la ruta de Transporte:.....</b>	<b>63</b>
8.2.1	Variables del modelo 2:.....	63
8.2.2	Supuesto del modelo 2: .....	65
8.2.3	Características de formulación del modelo: .....	66
8.2.4	Optimización con el algoritmo de FLOYD: .....	68
8.2.5	Comprobación de la optimización de FLOYD a través de Algoritmos Genéticos.....	79
9.	<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR:.....</b>	<b>83</b>
10.	<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>84</b>
11.	<b>RECOMENDACIONES: .....</b>	<b>86</b>
12.	<b>BIBLIOGRAFÍA: .....</b>	<b>87</b>

## **INDICE DE ILUSTRACIONES:**

<i>Ilustración 1: Proceso de carga del vehículo</i> .....	18
<i>Ilustración 2: Embalaje tipo caja</i> .....	19
<i>Ilustración 3: Cadena de Suministro de LECHESAN S.A</i> .....	21
<i>Ilustración 4: Estructura de la cadena de suministro</i> .....	31
<i>Ilustración 5: Problemas de optimización de la carga</i> .....	35
<i>Ilustración 6: Estructura del funcionamiento de CargoWiz</i> .....	36
<i>Ilustración 7: Solución simple a un VRP</i> .....	39
<i>Ilustración 8: Operación triple de Floyd</i> .....	41
<i>Ilustración 9: Paso k del algoritmo de Floyd</i> .....	42
<i>Ilustración 10: Tipos de metaheurísticas</i> .....	45
<i>Ilustración 11: Estructura general de un algoritmo genético</i> .....	49
<i>Ilustración 12: Etapas del proyecto</i> .....	50
<i>Ilustración 13: Proceso de carga</i> .....	53
<i>Ilustración 14: Información de vehículos y embalaje</i> .....	54
<i>Ilustración 15: Plan de carga optimizada embalaje original</i> .....	57
<i>Ilustración 16: Plan de Carga con canje de embalajes optimizados</i> .....	58
<i>Ilustración 17: Plan de carga optimizada embalaje original</i> .....	60
<i>Ilustración 18: Plan de Carga con canje de embalajes optimizados</i> .....	61
<i>Ilustración 19: Propuesta de carga, canje de embalajes para su optimización</i> .....	62
<i>Ilustración 20: Mapa geográfico de Clientes Frecuentes Ruta 3010</i> .....	66
<i>Ilustración 21: Representación en forma de red del problema de la ruta 3010</i> .....	67
<i>Ilustración 22: Resultado de la optimización de la ruta</i> .....	77
<i>Ilustración 23: Captura del algoritmo genético en C++</i> .....	80

## **ÍNDICE DE TABLAS:**

<i>Tabla 1: Tabla de fletes por centro de distribución.....</i>	19
<i>Tabla 2: Capacidad por tipo de embalaje.....</i>	20
<i>Tabla 3: Dimensiones embalajes y vehículos.....</i>	20
<i>Tabla 4: Lista detallada de carga camión 1.5 Ton.....</i>	56
<i>Tabla 5: Minimización de costos por eficiencia utilización del embalaje en un camión de 1.5 Ton.....</i>	59
<i>Tabla 6: Lista detallada de carga camión 3 Ton.....</i>	59
<i>Tabla 7: Minimización de costos por eficiencia utilización del embalaje en un camión de 3.0 Ton.....</i>	63
<i>Tabla 8: Detallado de los clientes más frecuentes .....</i>	64
<i>Tabla 9: Matriz de distancias <math>D_0</math> (Iteración 0) .....</i>	69
<i>Tabla 10: Matriz de Secuencia de nodos <math>S_0</math>.....</i>	70
<i>Tabla 11: Matriz <math>D_1</math> .....</i>	71
<i>Tabla 12: Matriz <math>S_1</math> .....</i>	72
<i>Tabla 13: Matriz <math>D_2</math> .....</i>	73
<i>Tabla 14: Matriz <math>S_2</math> .....</i>	74
<i>Tabla 15: Iteración 40 matriz de distancias <math>D_{40}</math>.....</i>	75
<i>Tabla 16: Matriz de secuencia de nodos <math>S_{40}</math> iteración 40.....</i>	76
<i>Tabla 17: Propuesta de Ruta más Corta desde LECHESAN hasta los 39 Clientes .....</i>	78
<i>Tabla 18: iteración 42.....</i>	81
<i>Tabla 19: Propuesta de Ruta más Corta desde LECHESAN hasta los 39 Clientes .....</i>	82
<i>Tabla 20: Actividades para el desarrollo del proyecto .....</i>	83

## RESUMEN

**Título:** MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE EMBALAJE EN LA EMPRESA LECHESAN S.A.

**Autores:** Laura Marcela Bautista Díaz - Cristian Alexander García Jácome.

**Facultad:** Facultad de Ingeniería industrial.

**Director:** Maryory Patricia Villamizar León.

El presente proyecto surgió a partir de una visita realizada a la empresa LECHESAN S.A, en donde se encontraron falencias en el área de logística relacionadas al transporte de mercancías, la capacidad en el embalaje y en el medio de transporte. Por lo tanto este trabajo es el resultado del análisis de la cadena de suministro, enfocado hacia la red de distribución empresa-distribuidor, y el acercamiento a la creación de un plan estratégico de logística para dicha empresa.

Para el desarrollo del trabajo se realizó una revisión amplia de la situación y con la opción de optimización del proceso local en la cadena de suministro con el fin de que sea un recurso en función de disminuir costos y ofrecer al área la garantía de contar con una ruta óptima para la distribución de su producto. Las visitas a las áreas físicas de las bodegas, facilitaron reconocer las falencias de manera directa y allí se determina la viabilidad de las recomendaciones analizando espacios, tiempos y costos.

Finalmente se diseña la mejor opción, la cual se ajusta a los requerimientos de la empresa para establecer políticas de empaque y envío de productos, el cual consistió por un lado en proponer un modelo de optimización de la carga del camión teniendo en cuenta su capacidad, dimensiones del contenedor y las dimensiones de los diferentes embalajes del producto terminado a través de CargoWiz, y por otro lado proponer un modelo de optimización para la ruta de distribución sujetos a la distancia entre clientes y centro de distribución, lugar de ubicación y frecuencias de compra por cliente utilizando en algoritmo de FLOYD y su comprobación a través de Algoritmos Genéticos.

**PALABRAS CLAVES:** Distribución Ruta, Software CargoWiz, Algoritmo FLOYD, Algoritmos Genéticos, Embalajes, Capacidad.

## ABSTRACT

**Title:** OPTIMIZATION MODEL OF THE DISTRIBUTION PROCESS TO REDUCE COSTS IN PACKAGING IN LECHESAN S.A.

**Authors:** Laura Marcela Bautista Díaz - Cristian Alexander García Jácome.

**Faculty:** Industrial Engineering.

**Director:** Maryory Patricia Villamizar León.

This Project started fruit of an observation visit in LECHESAN S.A, where failures in logistics area were found specially in freight transport, packaging capacity and ways of transportation. This work is the result of a detailed analysis of the supply chain of the Company, which focused in the distribution network that led to the design of a strategic plan to improve the operation of the area.

The strategic plan was designed to optimize the local distributor-customer supply chain in order to reduce costs by creating a new route and a new cargo plan. Visiting the warehouses was an essential procedure to detect the failures in a direct way, and thus establish the viability of the recommendations by analysing places, times and costs.

Two optimization models were created to fulfill the requirements of the Company. The model of cargo optimization was designed using *CargoWiz* based on the truck capacity, container size and the each packaging size. The distribution route optimization model was designed considering the distance between customers and distribution centers, location and buying frequency of customers using a FLOYD algorithm and its corresponding verification through genetics algorithms.

**KEY WORDS:** Distribution Route, Software CargoWiz, FLOYD Algorithm, Genetics Algorithms, Packaging, Capacity.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio es un caso de aplicación de “la optimización de la cadena de distribución de lácteos” para una empresa comercial llamada Lechesan S.A; buscando la reducción en costes logísticos y ofrecer un aporte en el desafío de la competitividad en empresas de consumo masivo. La logística es una herramienta que provee ventajas competitivas sostenibles al reducir costos, como lo sustentan varios autores (Ballou, 2004; Christopher, 2004; Murphy & Wood, 2008; informe de competitividad nacional, 2013-2014). Para empresas de consumo masivo este aspecto es muy representativo, ya que en Colombia el costo de distribución puede alcanzar hasta un 7,8% del valor de las ventas (REY, 2005), por lo tanto cualquier ahorro en este rubro, presentará un aumento positivo en los márgenes del negocio generando competitividad.

Es así que mediante el análisis de las herramientas heurísticas, para el tratamiento de datos y la simulación de escenarios, se tiene como objetivo encontrar una solución que optimice la gestión de distribución de los productos. El objetivo general del proyecto es “minimizar los costos de distribución del producto terminado, desde la planta de producción ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga hacia los centros de distribución.

Para el desarrollo del mismo, primero se conceptualizo a través de la teoría existente, buscando ir de manera coherente, desde lo general del tema, hasta lo particular del problema propuesto. Se inició con el concepto general de la administración de la cadena de suministro, sus principales conceptos y autores, posteriormente dado que es un tema extenso de la administración, se precisó el concepto aplicado hacia la distribución, transporte, problemas y dejar de lado la logística de aprovisionamiento y producción, por no ser foco de estudio. En este punto se ahondo en los modelos que sustentan las operaciones básicas de almacenamiento y transporte, dándole una dimensión comercial y de mercadeo a la logística.

Para una mejor comprensión de los resultados de la implementación, se siguió el orden establecido por el modelo, describiendo paso a paso las consideraciones específicas de cada punto y los resultados obtenidos, finalmente, con base a los resultados obtenidos se extrajeron los análisis pertinentes como valor agregado en la aplicación del modelo, conclusiones y recomendaciones, tanto para el modelo como instrumento de aplicación como para la empresa.

Finalmente resaltar que, a lo largo del documento se va dando cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto. Los primeros seis capítulos buscan dar cumplimiento al primer objetivo específico. El segundo objetivo se da cumplimiento en el capítulo 8 sección 1, y finalmente el tercer objetivo con los capítulos capítulo 8 sección 2.

## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:**

### **1.1 Reseña Histórica:**

En 1.957, surge la idea por parte de un grupo de ganaderos de la región de Santander y Sur del Cesar de crear una Empresa que diera solución a la falta de mercado y comercialización de la leche cruda. Una pasteurizadora fue la opción más acertada para procesar y distribuir en todo el territorio, la leche que se recogía en los hatos.

Fue así como los señores Hipólito Pinto, Julio Martín Acevedo, Ernesto San Miguel y Zoilo Santamaría crearon la Cooperativa Santandereana de Leches, adquirieron un local para su funcionamiento en la calle 56 con carrera 31 de la ciudad de Bucaramanga y consolidaron la idea que solucionó en gran parte las necesidades de los productores de leche cruda y de los consumidores potenciales de leche pasteurizada.

En 1.959, se establecieron las labores de recepción de leche cruda y la producción, distribución y venta de leche pasteurizada; la Cooperativa recibió el nombre de **LECHESAN Ltda.** Y el producto se distribuyó en botellas de vidrio de 750 ml. y 250 ml. Posteriormente se comercializó la leche pasteurizada LA PAMPA, envasada en cajas de cartón con un recubrimiento de cera. Con la presentación de estos productos, se dio inicio a la comercialización en ciudades como Cúcuta y Socorro.

**LECHESAN Ltda.** Se había constituido como la Empresa de mayor crecimiento y esto exigió la ampliación de su estructura física. Por esto el 7 de diciembre de 1.971 se iniciaron labores en la planta donde actualmente funciona, y así mismo se inauguró el Centro de Acopio ubicado en San Alberto, Cesar. La distribución de la leche se realizó durante 3 años con el sistema puerta a puerta, en la que se entregaba el producto en cada hogar por medio de tiqueteras que eran adquiridas con anterioridad; posteriormente la compañía inició la

distribución directa.

En 1.973, la razón social fue modificada a **PASTEURIZADORA SANTANDEREANA DE LECHE S.A. LECHE SAN S.A.** Esta etapa dio inicio a la distribución de la leche pasteurizada en bolsa en presentaciones de 250 ml, 500 ml, 750 ml

En 1.980, se incursionó con la presentación de 1.000 ml. En los años siguientes se implementaron estrategias que garantizaron el incremento en el consumo del producto, y se comenzó la distribución por medio de un canal indirecto manejado por distribuidores o contratistas quienes han asumido desde entonces el compromiso de que el producto llegue a todos los establecimientos del mercado y a todos los consumidores.

En 1.990, **LECHESAN S.A.** deja el monopolio del mercado. La Compañía inició el montaje de una nueva planta Pasteurizadora ubicada en la región de Simijaca (Cundinamarca), cuya razón social es INDUSTRIA COLOMBIANA DE LACTEOS LTDA., INCOLACTEOS LTDA. La cual utilizó la Tecnología de Ultra pasteurización con envases Tetra-Pack, a la vez incursionó en el mercado de Santa fe de Bogotá con leche pasteurizada en bolsa.

En los años siguientes, **LECHESAN S.A.** presentó otros productos como el yogurt de frutas en bolsa, arequipe, leches batidas con pulpa de frutas, agua en bolsa , refrescos en bolsa y en 1999 la LECHE LIGHT (Semidescremada).

A finales de 2003 implementa la Preventa y se convierte en un programa exitoso para cubrir eficazmente el mercado de Bucaramanga y su área metropolitana. En el año 2004 comienza el envase de agua CALIFORNIA en botella, en presentaciones de 500 ml y 1500 ml; y la producción de leche larga vida en envase Tetra fino de 200 ml y 900 ml, entera y semidescremada.

LECHESAN S.A. seguirá contribuyendo con el bienestar de sus trabajadores, consumidores y familias en búsqueda de mejores alternativas que en productos y servicios pueda ofrecer al mercado local y nacional y seguirá siendo **LA EMPRESA DE LACTEOS NÚMERO UNO DEL ORIENTE COLOMBIANO.**

**1.2 MISION:**

Generar bienestar a través de alimentos nutritivos, saludables y de fácil consumo mediante su producción y comercialización con beneficios para los diferentes grupos de interés.

**1.3 VISION:**

Posicionar nuestra organización dentro de las diez principales compañías del sector de lácteos y bebidas en Colombia para el año 2018.

**1.4 POLITICAS:**

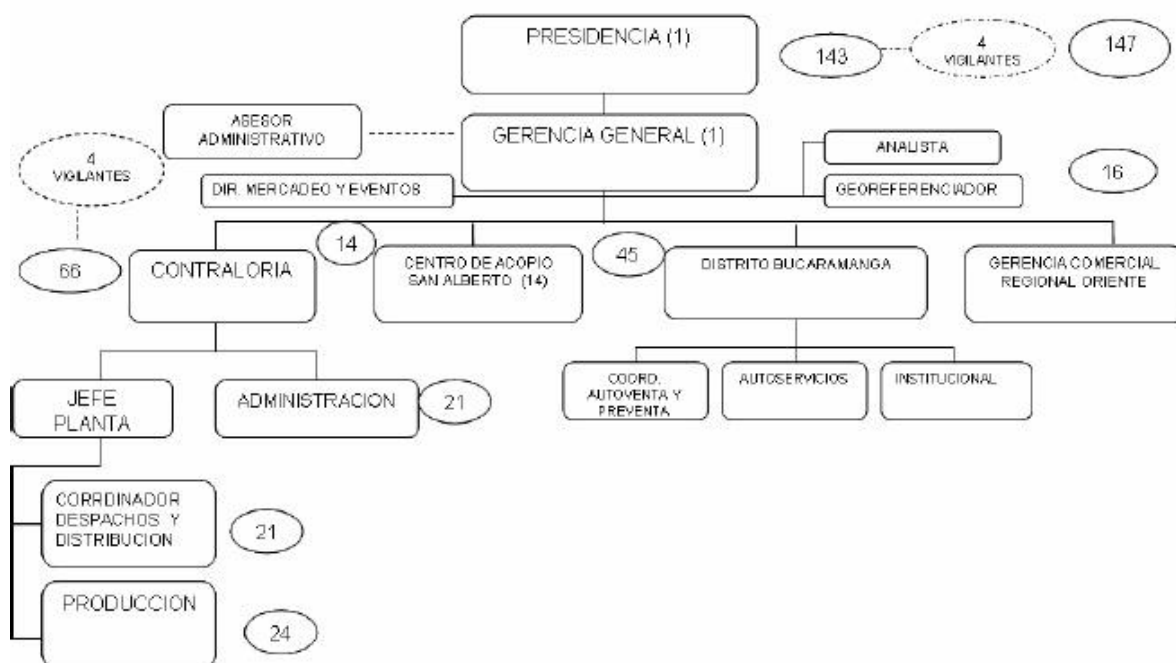
INCOLACTEOS LTDA Y ERWIS ASOCIADOS procesadoras y comercializadoras de alimentos cumpliendo responsablemente con la inocuidad y el aporte nutricional de sus productos, trabajara activamente con programas de gestión integral. Migrando progresivamente a un enfoque por procesos orientados a la mejora continúa. Nuestros objetivos fundamentales la calidad, la seguridad alimentaria, el medio ambiente y la seguridad de nuestros trabajadores cumpliendo la legislación y normatividad nacional nos permitirá responder satisfactoriamente a los requisitos de nuestros clientes, consumidores y partes interesadas liderando el sector de alimentos, nuestra experiencia hace la calidad y nuestra gente la excelencia es la base para el logro de nuestros objetivos.

Nuestra organización es consciente de cuidar co- responsablemente nuestro entorno y por esto da cumplimiento a la legislación ambiental, con la implementación de procedimientos que favorezcan ambientes más sanos y ejecutando acciones para prevenir y mitigar los impactos generados por sus procesos , implementando el sistema de gestión ambiental el cual es

evaluado en su desempeño constantemente realizando producciones mal limpias y amigables con el entorno y revisando los objetivos y metas ambientales por la alta gerencia , de igual manera mediante el sistema de gestión Salud ocupacional y seguridad industrial velara por la integridad de todos sus colaboradores implementando programas que contribuyan a la prevención de lesiones y enfermedades cumpliendo los requisitos legales aplicables".

### 1.5 ORGANIGRAMA LECHESAN S.A:

***Ilustración 1: Organigrama empresa LECHESAN S.A***



*Fuente 1: Empresa LECHESAN S.A*

#### 1.5.1 NÚMERO DE EMPLEADOS:

- CONTRATACION DIRECTA: 42 Empleados
- CONTRATOS CON EMPRESAS TEMPORALES: 162 Empleados
- TOTAL: 204 Empleados

## **1.6 NOMBRE Y CARGO DEL SUPERVISOR TÉCNICO (EMPRESA):**

- Luzmila Torres, Coordinadora del sistema HSEQ.
- Henry García Cuadros, Jefe de logística
- Luis Enrique Duarte, Jefe de distribución.

## **2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA – ALCANCE:**

La empresa LECHESAN S.A fabrica diferentes referencias de producto terminado entre lácteos y derivados. Los productos son enviados desde la planta hacia los diferentes centros de distribución nacional, donde a su vez se distribuyen a minoristas. Cada centro de distribución debe satisfacer la demanda mensual de los productos. El medio de transporte para los productos son camiones tipo “tractomula” y “doble troque” con refrigeración. En la actualidad la empresa cuenta con su propia flota de camiones, y también tiene transporte por subcontratación (terceras personas).

El problema radica en que la empresa debe enviar sus productos usando tres tipos de embalajes: cajas de cartón y dos tipos canastas de plástico. Las cajas de cartón preservan mejor el producto y son fáciles de manipular y empacar. Las canastas presentan mayor capacidad, son reutilizables pero es necesario transportarlas de vuelta, rastrearlas y desinfectarlas. Según análisis hechos por la empresa es favorable el uso de canastas, pero el departamento de logística requiere de un estudio que les ayude a identificar los costos de administrar para los embalajes. El objetivo del proyecto es minimizar los costos de distribución sujetos a la capacidad de los camiones, tipos de embalaje y costo de ruta de transporte. Por lo tanto los aspectos a tener en cuenta en el modelo de optimización conjunto, son tres:

1. Optimización del espacio de carga, teniendo en cuenta las dimensiones de los diferentes camiones, discriminando si los camiones son tercerizados o son propios, y las dimensiones de los tres tipos de embalaje. Lo que se puede

observar en la ilustración 1 es el proceso de carga de uno de los vehículos que se utilizan para la distribución en la ruta 3010, se puede evidenciar la mala utilización del espacio del contenedor, ya que no manejan un plan de carga bien estructurado.

**Ilustración 2: Proceso de carga del vehículo**



Fuente 2: Autores

2. Optimización de la combinación de los tres tipos de embalaje que permita satisfacer la demanda de los productos de los diferentes centros de distribución. En las ilustraciones 2, 3 y 4 se muestran los tres tipos de embalaje que son usados por la empresa Lechesan S.A.S para la distribución del producto.

**Ilustración 3: Embalaje tipo canasta 2**

**Ilustración 2: Embalaje tipo canasta 1**



**Ilustración 4: Embalaje tipo caja**



*Fuente 3: Autores*

3. Optimización de la ruta de transporte desde la planta de producción ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga, hasta los diferentes centros de distribución departamental y nacional, teniendo en cuenta para el caso del embalaje de plástico, que los camiones deben retornar a la planta las canastas de plástico vacías.

Algunos de los datos a incluir en el modelo se resumen en la tabla 1, tabla 2 y tabla 3:

**Tabla 1: Tabla de fletes por centro de distribución**

TABLA FLETES	
TONELADAS	COSTO
1.5	8% del costo de la factura *
3.0	8% del costo de la factura **

- \* Si el total de la factura es inferior a \$1'000.000 el costo del flete sería \$80.000
- \*\* Si el total de la factura es inferior a \$2'000.000 el costo del flete sería \$160.000

***Tabla 2: Capacidad por tipo de embalaje***

TIPO DE EMBALAJE	CAPACIDAD (Kg)	INVENTARIO DE SEGURIDAD	PRECIO POR UNIDAD TIPO DE EMBALAJE
Caja	22,82	60.000	\$950
Canasta 1	20,6	11.000	\$12.000
Canasta 2	26	5.000	\$8.800

*Fuente 4: Autores*

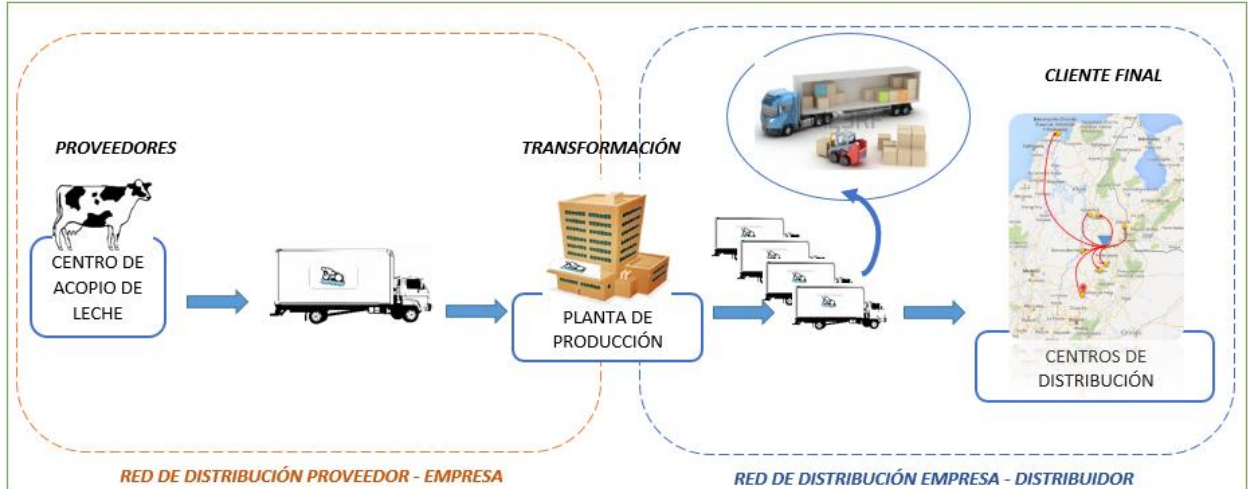
***Tabla 3: Dimensiones embalajes y vehículos***

DIMENSIONES DE EMBALAJES							
TIPO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	ARRUME POR ESTIBA		
Caja	0,33	0,24	0,33	0,026	3		
Canasta 1	0,50	0,41	0,20	0,041	8		
Canasta 2	0,60	0,40	0,32	0,077	8		
DIMENSIONES DE VEHICULOS							
TIPO DE VEHICULO	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	VOLUMEN(m <sup>3</sup> )	ARRUME EN EL VEHICULO		
					CAJA	CANASTA 1	CANASTA 2
Tipo LUV (1.5 ton)	1,90	1,50	1,70	4,85	4	6	6
Tipo NKR (3 ton)	3,00	1,90	1,90	10,83	4	6	6

*Fuente 5: Información tomada de la empresa LECHESAN S.A*

Finalmente resaltar que el alcance del proyecto desde el punto de vista de la cadena de suministro de la empresa LECHESAN S.A se enfoca en la optimización de la red de distribución empresa – distribuidor del producto terminado; ver la Ilustración 5.

### **Ilustración 5: Cadena de Suministro de LECHESAN S.A**



*Fuente 6:* (CHASE, JACOBS, & AQUILANO, 2009)

### **3. ANTECEDENTES**

**Modelo de entregas directas para la reducción de costos logísticos de distribución en empresas de consumo masivo. Aplicación en una empresa piloto de caldas:**

Este proyecto fue desarrollado por Carlos Duván Garcés Ramírez, estudiante de la facultad de administración en la Universidad Nacional de Colombia.

Se realizó en una empresa piloto de consumo masivo ubicada en caldas, su capital es Manizales, los resultados que se obtuvieron fueron positivos al observarse reducciones del costo logístico de distribución de 1,5 puntos absolutos en una zona piloto, manteniendo la calidad del servicio logístico.<sup>1</sup>

Con este trabajo se quiso estudiar la aplicación de la teoría logística y de la administración de la cadena de abastecimiento al desafío de la competitividad

<sup>1</sup> (Garcés Ramírez, 2010)

de las empresas de consumo masivo, por medio de la aplicación del modelo de entregas directas.

La aplicación se llevó a cabo en una empresa manufacturera de golosinas para el consumo masivo de alta trayectoria, ubicada en la ciudad de Manizales y con una importante participación en el mercado nacional y exportaciones a más de 20 países.

La aplicación del modelo de entregas se relaciona con el presente proyecto en que el objetivo general también es la reducción de costos logísticos aplicados a una empresa de consumo masivo como lo es LECHESAN S.A.

**Diseño de optimización del modelo de la red de distribución y transporte de empresa panificadora de productos de consumo masivo:**

Este proyecto fue realizado por John Jairo Zambrano Rengifo y Edinson López Castro estudiantes de Maestría en ingeniería industrial de la universidad ICESI.

El objetivo principal es diseñar un modelo de la red de distribución y transporte de la empresa que minimice los costos de transporte y de operación de los centros de distribución, de tal forma que le permita:

- Ajustar su infraestructura a la necesidad de mercado actual
- Generar una propuesta que sea lo suficientemente flexible para atender las variaciones en ambos sentidos que la demanda del mercado presente hacia el próximo decenio, con un enfoque de distribución-país y distribución-ciudad.<sup>2</sup>

En el análisis de los resultados los escenarios planteados demuestra que la empresa debe implementar un cálculo de distancias y operaciones en la ciudad de Cali, para desde allí atender el mismo mercado y las áreas de influencia

---

<sup>2</sup> (Zambrano Rengifo & Lopez Castro, 2012)

cercanas, a la vez que minimiza los costos de operaciones de transporte.

La optimización de las rutas con la herramienta Logware se relaciona con el presente proyecto ya que buscan la reducción costo promedio de las rutas y del costo total de las rutas, lo que la diferencia es la metodología a aplicar.

### **Elaboración de un modelo de simulación de la ruta T3 del sistema de transporte integrado masivo de metrolinea en la ciudad de Bucaramanga utilizando el paquete computarizado arena:**

Este proyecto fue realizado por Diego Fernando Jácome Chica estudiante de ingeniería industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Se realizó en la empresa Metrolinea, que es el sistema integrado de transporte masivo de la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, el cual muestra las actividades realizadas con el fin de estudiar, observar y analizar las fallas que tiene la ruta T3 y proponer alternativas de mejora, por medio de un modelo de simulación en el Software Arena.

El objetivo del proyecto es disminuir los tiempos promedios en cola y el número de personas promedio en cola.

El software utilizado fue Arena 14, el cual cuenta con todas las herramientas necesarias para este modelo, es una aplicación de simple manejo y muestra resultados eficientes y rápidos.<sup>3</sup>

Este proyecto tiene relación con el presente proyecto, por un lado, que en dicho modelo también se consideran factores como tiempos de viaje y demanda, y por otro lado, la utilización de herramientas especializadas de simulación.

---

<sup>3</sup> (Jácome Chica, 2013)

## **Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta. Caso de estudio planta procesadora de alimentos:**

Este proyecto fue desarrollado por Cesar Julio Collazos Valencia Estudiante de maestría en ingeniería industrial de la Universidad Nacional de Colombia.

Este proyecto busca elaborar una propuesta de rediseño de planta para un caso de estudio, haciendo uso de las técnicas de distribución para encontrar una disposición factible que reduzca los costos de la operación a partir de la configuración inicial y por consiguiente mejore la eficiencia del proceso.

El objetivo general de este proyecto es la realización de una propuesta de redistribución de planta en una empresa de alimentos con el fin de encontrar la combinación adecuada entre eficiencia y productividad, mediante las técnicas de distribución de planta, e ingeniería de métodos.<sup>4</sup>

El rediseño del sistema productivo se relaciona con este proyecto por la generación de alternativas de distribución y posterior la selección de la mejor opción que es realizada mediante la aplicación de un algoritmo genético, lo que lo diferencia es que para la empresa Lechesan S.A el algoritmo genético se emplea para la comprobación del Algoritmo de Floyd.

### **Uso de Herramientas especializadas en la empresa Lechesan (software):**

Basándose en la información brindada por la empresa LECHESAN S.A se ha encontrado que la compañía utiliza un software que convierte las direcciones de sus bases de datos en una ubicación geográfica llamado GEOREFERENCIADOR, y dos software encargados de la optimización de los recursos y el uso de inventarios, estos software son llamados ATLAS.ti y EDI.

---

<sup>4</sup> (Collazos Valencia, 2013)

El programa GEOREFERENCIADOR es la herramienta de software que convierte las direcciones de sus bases de datos en una ubicación geográfica. De esta forma se pueden localizar a todos aquellos elementos y aspectos de interés como clientes, activos, inversiones, lugares estratégicos, etc., con el fin de consultar, actualizar y analizar el comportamiento espacial y alfanumérico de los mismos, apoyando así el proceso de toma de decisiones. Permite el ingreso de cualquier dirección al sistema por registro o en batch, y estandariza la dirección y le asigna la coordenada cartesiana. (Servinformacion, 2012)

Para la empresa LECHESAN S.A es de real importancia el uso de esta herramienta, ya que el Geo-referenciador es un elemento tecnológico que asiste la toma de decisiones y la solución de los problemas de la empresa, apoyando la ejecución de los procesos definidos en las áreas en las cuales se requiera de la asignación automática a una dirección de entrada, su correspondiente dirección estandarizada y su coordenada X,Y y la zona o zonas a las que pertenece, facilitando el análisis geográfico y alfanumérico de información. (Servinformacion, 2012)

El programa ATLAS.ti es una herramienta informática cuyo objetivo es facilitar el análisis cualitativo de, principalmente, grandes volúmenes de datos textuales. Puesto que su foco de atención es el análisis cualitativo, no pretende automatizar el proceso de análisis, sino simplemente ayudar al intérprete humano agilizando considerablemente muchas de las actividades implicadas en el análisis cualitativo y la interpretación, como por ejemplo la segmentación del texto en pasajes o citas, la codificación, o la escritura de comentarios y anotaciones; es decir, todas aquellas actividades que, de no disponer del programa, realizaríamos ayudándonos de otras herramientas como papel, lápices de colores, tijeras, fichas y fotocopias. (Muñoz Justicia, 2005)

Para la empresa LECHESAN S.A es muy útil el uso de una herramienta informática como ATLAS.ti, que les permite, entre otras cosas, integrar toda la información que disponen, ya sean los datos, las fichas, las anotaciones, facilitando su organización, su búsqueda y recuperación. Hablamos de un

documento para referirnos a los archivos, almacenados en el disco duro del ordenador (o en un medio externo), que han creado con un procesador de texto como Word; se habla de “presentaciones” para referirse a los archivos creados con programas como Power Point; o hablamos de “hojas de cálculo” cuando los datos se han creado con programas como Excel.

Por otro lado el programa EDI<sup>5</sup> es un intercambio electrónico de datos, enviando y receptando documentos comerciales, facturas, pedidos, etc. utilizando medios telemáticos, con el fin de posibilitar su tratamiento automático. En el EDI, las interacciones entre las partes tienen lugar por medio de aplicaciones informáticas que actúan a modo de interfaz con los datos locales y pueden intercambiar información comercial estructurada. El EDI establece cómo se estructuran, para su posterior transmisión, los datos de los documentos electrónicos y define el significado comercial de cada elemento de datos.

Para transmitir la información necesita un servicio de transporte adicional (por ejemplo, un sistema de tratamiento de mensajes o de transferencia de ficheros). Debe destacarse que el EDI respeta la autonomía de las partes involucradas, no impone restricción alguna en el procesamiento interno de la información intercambiada o en los mecanismos de transmisión. (AECOC, 2008)

Para la empresa LECHESAN S.A es importante el uso de este programa ya que mantienen el contacto con clientes potenciales, puesto que es muy amplio, debido a que ésta dirigido a empresas que se relacionan comercialmente, en forma independiente de su tamaño, sector de la distribución (Supermercados y proveedores).

---

<sup>5</sup> Electronic Data Interchange (intercambio electrónico de datos)

#### **4. JUSTIFICACIÓN:**

Con la firma del tratado de libre comercio (TLC) se crea un sin número de desafíos para las empresas colombianas debido a que todo gira entorno del mejoramiento de precios, cumplimiento, calidad, tiempo de respuesta, entre otros. Como consecuencia, es importante el mejoramiento de los procesos logísticos, ya que cobran un papel fundamental, puesto que es uno de los costos más representativos para una empresa (planeación, compras, costos de pedido, almacenamiento y distribución) después de los costos de materia prima.

El principal interés en la realización de este proyecto, es el de solucionar el problema de cargue de los vehículos y distribución del producto terminado, presentado en un caso de estudio, en el cual la empresa LECHESAN S.A se ha visto afectada en su productividad y eficiencia debido al uso no adecuado de las herramientas y los recursos, lo que incrementa las distancias de transporte, reduce la eficiencia de la distribución y genera sobrecostos.

Para mejorar el plan de carga y ubicar los productos dentro de los contenedores, se propuso utilizar un software (CargoWiz) que se encargaría de optimizar el espacio dentro de los furgones de los vehículos, teniendo en cuenta el volumen de los embalajes y su acomodación.

La ventaja del uso de este software radica en saber cuánto producto estimado cabe dentro de los contenedores eficientemente, y determinar si es necesario subcontratar o descartar otro camión que lleve el producto restante.

Para reducir en costos de distribución, se empleó el Algoritmo de Floyd que mejoro la entrega del producto terminado desde la empresa LECHESAN S.A, a cada uno de los clientes de la ruta 3010.

Este modelo tuvo en cuenta el origen, destino de cada uno de los clientes, y distancia entre ellos. Para esto se utilizó una base de datos, la cual determinaba

la ubicación y la frecuencia con la que el cliente ordenaba el producto, y finalmente se realizó el análisis de la información obtenida, para el desarrollo y diseño del modelo de optimización, y posteriormente el análisis de los resultados.

El motivo que impulsó a realizar este proyecto fue el gran reto que representaba la creación de un modelo de optimización, el cual consiste en la reducción de los costos de embalaje, a través del cual se puede aplicar muchos de los conocimientos adquiridos en la Universidad, y tener la oportunidad de participar en el desarrollo y crecimiento de la empresa santandereana LECHE SAN S.A.

## **5. OBJETIVOS:**

### **5.1 Objetivo General:**

Proponer un modelo de optimización para la empresa LECHE SAN S.A que permita la minimización de costos de distribución de producto terminado, desde la planta de producción ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga, hacia los centros de distribución local.

### **5.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar las causas o factores que inciden en los altos costos operativos de distribución, y la formalidad con el que la empresa realiza las entregas del producto final para los distribuidores departamentales a partir de la revisión de la información suministrada por la empresa.
- Proponer un modelo de optimización de la carga del camión teniendo en cuenta su capacidad y las dimensiones de los diferentes embalajes del producto terminado a través de CargoWiz.
- Proponer un modelo de optimización para la ruta de distribución sujetos a la distancia entre clientes y centro de distribución, lugar de ubicación y frecuencias de compra por cliente utilizando en algoritmo de FLOYD y su

comprobación a través de Algoritmos Genéticos.

## **6. MARCO TEORICO:**

A continuación se presentan los temas considerados para el desarrollo de este proyecto. Cada uno de ellos aporta conceptos teóricos para formar la base de los argumentos, que permiten realizar el análisis de las diferentes causas y factores que afectan directamente los costos logísticos de distribución en la empresa LECHESAN S.A, así como también, la formulación y evaluación de varias alternativas de las cuales, al final se seleccionaran las mejores para presentarlas como resultado de este proyecto.

Actualmente la economía globalizada demanda alta competitividad de las empresas. Por lo tanto, se hace necesario el perfeccionamiento de sus procesos, y esto se logra a través de un análisis al interior de la organización, detectando debilidades para darles una solución efectiva en el menor tiempo posible. Uno de los frecuentes problemas de las empresas tiene que ver con la minimización de los costos logísticos y de distribución dentro de la cadena de suministro, por lo tanto se plantea reducir los costos en el embalaje del producto terminado, optimización en la carga de los vehículos, y optimización de la ruta crítica.

### **6.1 Cadena de Suministro**

#### **6.1.1 Definición de la Cadena de Suministro:**

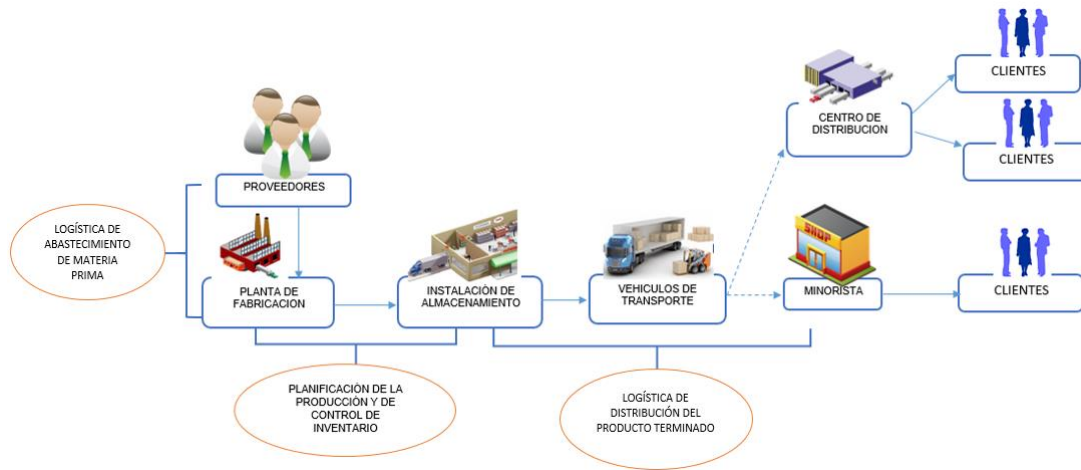
Se entiende por cadena de suministro, Supply chain, (SC) por sus siglas en inglés, a la unión de las empresas que participan en producción, distribución, manipulación, almacenaje y comercialización. Por tanto, es un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor para el consumidor. (BALLOU, Logística: Administración de la cadena de suministro, 2004).

El mercado está en un estado de cambio constante y es por esto que las cadenas de suministro deben adaptarse a estos cambios sólo si se busca una forma para lograr los resultados que se han fijado.

### **6.1.2 Como está conformada la Cadena de Suministro:**

La cadena de suministro integra procesos de suministro, transformación, almacenamiento y distribución de materiales y productos terminados desde el proveedor hasta el usuario final (Beamon, 1998). Los procesos de la cadena de suministro se dividen en dos grupos básicos: 1) la planeación de la producción y control de inventarios, compuesto por los procesos de manufactura, su subproceso de almacenamiento y el diseño y la administración de las políticas de inventarios de materiales, productos en proceso y productos terminados; y 2) la distribución y los procesos logísticos que implican como los productos son transportados de los almacenes a los minoristas y la administración de los recursos de distribución. La relación entre estos procesos puede llegar a ser de gran complejidad, pues en cada uno se pueden generar escenarios distintos, por lo que el buen diseño de la cadena de suministro cobra gran importancia en el desarrollo de su correcto desempeño. En la ilustración 6 se observa la estructura de la cadena de suministro.

### **Ilustración 3: Estructura de la cadena de suministro**



*Fuente 7: Autores*

Hay un sin número de retos a los que se enfrenta una empresa cuando se plantea mejorar y optimizar su cadena de suministro. Cualquier sistema complejo presenta un gran número de oportunidades para mejorar su desempeño. La dificultad radica en que se produce muy frecuentemente una diferencia entre la medida operacional y el resultado financiero que la empresa desea conseguir. Por ello, las medidas de evaluación de la cadena de suministro y su marco analítico deben tener como objetivo unir y relacionar la eficiencia de las operaciones con los resultados financieros. Es decir, para poder conseguir el progreso real, la empresa debe hacer que sus objetivos operacionales hablen en términos financieros y viceversa. Finalmente resaltar que el proyecto se enfoca en la optimización de la red de distribución empresa-distribuidor del producto terminado de la cadena de suministro de LECHESAN S.A.

#### **6.1.3 Características de los problemas de distribución y transporte:**

El problema de distribución y transporte define el desafío en términos de minimizar los costos a lo largo de la cadena de suministro, desde los puntos de origen (plantas) hacia los centros de distribución o puntos de entrega final (destinos), y para lograrlo toma importancia que la red de transporte que interconectara los nodos sea definida con criterios de eficiencia y eficacia, de

tal manera que logre la efectividad en el transporte del producto/carga. En investigación de operaciones, la solución al problema de transporte se realiza a través de modelos matemáticos.

Una de las funciones que más ha evolucionado en los últimos años en las organizaciones es la del proceso de distribución, y esto se ha derivado inflexiblemente en un incremento de la complejidad de las operaciones de transporte y distribución, y esto unido a factores como la necesidad de reducir costos de producción, el constante incremento en los precios de transporte o el aumento en las exigencias en la relación cliente-proveedor, han posicionado la logística como un elemento clave dentro de las estrategias de una empresa. Aunque las decisiones sobre el transporte se expresan en una variedad de formas, las principales son la selección del modo, el diseño de la ruta, la programación de los vehículos y la consolidación del envío.

#### **6.1.4 Algunos problemas de optimización:**

En el lenguaje coloquial, optimizar significa poco más que mejorar; sin embargo, en el contexto científico la optimización es el proceso de tratar de encontrar la mejor solución posible para un determinado problema. En un problema de optimización existen diferentes soluciones y un criterio para discriminar entre ellas. De forma más precisa, estos problemas se pueden expresar como encontrar el valor de unas variables de decisión para los que una determinada función objetivo alcanza su valor máximo o mínimo. El valor de las variables en ocasiones está sujeto a unas restricciones.

Podemos encontrar una gran cantidad de problemas de optimización, tanto en la industria como en la ciencia. Desde los clásicos problemas de diseño de redes de telecomunicación u organización de la producción hasta los más actuales en ingeniería y re-ingeniería de software, existe una infinidad de problemas teóricos y prácticos que involucran a la optimización.

Algunas clases de problemas de optimización son relativamente fáciles de resolver. Este es el caso, por ejemplo, de los problemas lineales, en los que tanto la función objetivo como las restricciones son expresiones lineales.

Estos problemas pueden ser resueltos con el conocido método Simplex; sin embargo, muchos otros tipos de problemas de optimización son muy difíciles de resolver. De hecho, la mayor parte de los que podemos encontrar en la práctica entran dentro de esta categoría.

## **6.2 Problemas de optimización y combinatoria**

Según (*Rafael Martí profesor de la Universidad de Valencia- España*), quien en su paper “Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria” comenta que en estos problemas el objetivo es encontrar el máximo (o el mínimo) de una determinada función sobre un conjunto finito de soluciones que denotaremos por **S**. No se exige ninguna condición o propiedad sobre la función objetivo o la definición del conjunto **S**.

Es importante notar que dada la finitud de **S**, las variables han de ser discretas, restringiendo su dominio a una serie finita de valores. Habitualmente, el número de elementos de **S** es muy elevado, haciendo impracticable la evaluación de todas sus soluciones para determinar el óptimo. En los últimos años ha habido un crecimiento espectacular en el desarrollo de procedimientos heurísticos para resolver problemas de optimización.

Este hecho queda claramente reflejado en el gran número de artículos publicados en revistas especializadas. En 1995 se edita el primer número de la revista *Journal of Heuristics* dedicada íntegramente a la difusión de los procedimientos heurísticos.

Aunque hemos mencionado el caso de la resolución de un problema difícil, existen otras razones para utilizar métodos heurísticos, entre las que podemos

destacar:

- El problema es de una naturaleza tal que no se conoce ningún método exacto para su resolución.
- Aunque existe un método exacto para resolver el problema, su uso es computacionalmente muy costoso.
- El método heurístico es más flexible que un método exacto, permitiendo, por ejemplo, la incorporación de condiciones de difícil modelización.
- El método heurístico se utiliza como parte de un procedimiento global que garantiza el óptimo de un problema. Existen dos posibilidades:
  - ✓ El método heurístico proporciona una buena solución inicial de partida.
  - ✓ El método heurístico participa en un paso intermedio del procedimiento, como por ejemplo las reglas de selección de la variable a entrar en la base en el método Simplex.

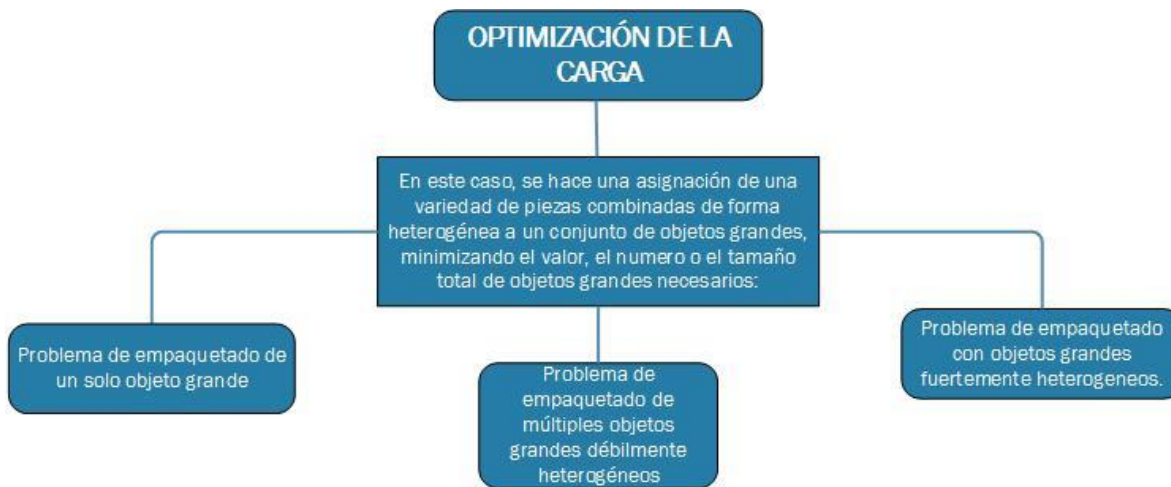
### **6.2.1 Optimización de la carga: Software CargoWiz:**

La optimización de la carga consiste en hacer un aprovechamiento máximo de espacio físico que tienen los contenedores de los vehículos disponibles, o dicho de otra forma, el interés se centra en que se minimicen espacios sobrantes en el contenedor.

Dada su aplicación a muchos procesos de logística y distribución, se han desarrollado una gran variedad de software para la optimización del espacio de carga. La mayoría de las aplicaciones son desarrolladas y distribuidas por compañías de software, normalmente aplicando licencias propietarias. Suelen haber versiones de prueba disponibles de estos programas, pero su funcionamiento se encuentra limitado.

En la ilustración 5, refleja los problemas más frecuentes en la optimización de la carga.

***Ilustración 4: Problemas de optimización de la carga***



*Fuente 8: Autores*

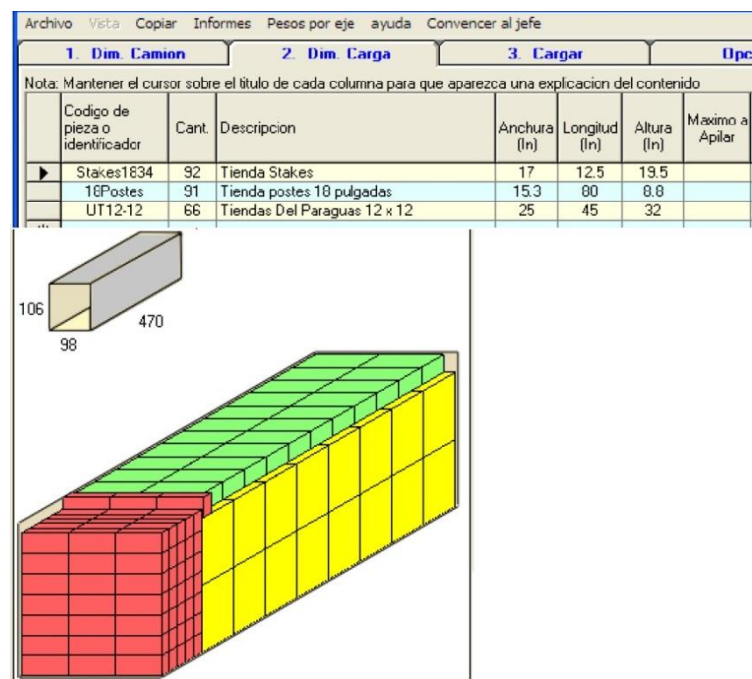
Los problemas de corte y empaquetado se han estudiado ampliamente en disciplinas como: logística, manufactura, ingeniería, administración, informática, matemáticas e investigación operativa. Dada la variedad de aplicaciones y áreas de interés, en este campo ha habido un rápido desarrollo y una gran dispersión de la investigación. Los trabajos científicos en este tipo de problemas empezaron hace más de medio siglo (De Armas Adrian, 2011) .Desde entonces se ha producido un rápido incremento del número de artículos y trabajos que tratan con aspectos relacionados con ellos. Existen muchas revistas especializadas, congresos y grupos de trabajo que prestan especial atención y centran su interés en estos problemas.

Dada la aplicación a procesos de producción industrial, se han desarrollado varios software de empaquetado. La mayoría de las aplicaciones son desarrolladas y distribuidas por las compañías de software, normalmente aplicando licencias propietarias.

El software CargoWiz, proporciona a los usuarios métodos alternativos para introducir los conjuntos de datos definiendo las propiedades del problema como: dimensionalidad, forma de las figuras, orientaciones permitidas, etc., para mostrar composiciones de la solución.

No existe actualmente una fórmula para enfrentar este tipo de desafío. CargoWiz utiliza métodos patentados denominados “algoritmos”, que consisten en procedimientos combinados con pruebas, a veces millones, para encontrar el ajuste perfecto. Algunos lo llaman inteligencia artificial. Sólo en los últimos años, la velocidad de los ordenadores ha permitido que esta tecnología esté diariamente al alcance de todas las empresas. (Softtruck, 2007). La ilustración 6 es un pantallazo de la ejecución del software.

***Ilustración 5: Estructura del funcionamiento de CargoWiz***



*Fuente 9: Autores*

### **Beneficios de usar CargoWiz:**

- Permite seleccionar el mejor tamaño de camión o contenedor para un determinado envío.
- Para determinar la cantidad de camiones o contenedores necesarios para grandes envíos.

- Para tener la certeza de que nada queda en la dársena. Si CargoWiz dice que todo cabe, así será.
- Para que pueda hacerle saber al cliente el coste exacto de la carga perfectamente acomodada de un camión o contenedor de su pedido por anticipado. Esto es importante para arreglos financieros anticipados como cartas de crédito, pago por adelantado, etc. También para documentos aduaneros en envíos internacionales.
- Se pueden determinar los costes descargados. Lógicamente, determinar la cantidad que va a caber es la clave para calcular la respuesta.
- Se puede aconsejar a las compañías navieras, cuando las cantidades son LTL o LCL, cuánto espacio ocupará el envío. O si su compañía es una empresa de transporte y flete, CargoWiz puede determinar esto mismo después de recolectar información de sus clientes. Las empresas de transporte y flete son una de las categorías más grandes de compradores.
- Se pueden ahorrar costes de envío al poder cargar más cantidad.

### **6.3 Problemas de optimización: Ruta más corta**

En general podría entenderse por optimización de la ruta todas aquellas acciones que contribuya la mejora del proceso de distribución, bien sea en términos del nivel de servicio, mejora de la calidad, reducción de costos, etc. Pero a la hora de decidir quien, como y cuando transportar los productos las organizaciones se enfrenta a 3 niveles de decisión:

- i) Estratégico: Engloba todas aquellas decisiones que afectan la manera de planificar y ejecutar el sistema de distribución, por ejemplo, optar por un modelo de transporte propio o subcontratado o definir el modelo de distribución.
- ii) Táctico: Sitúa todas las decisiones vinculadas al ajuste operativo, por ejemplo, la definición de una nueva ruta o la distribución de un nuevo producto.
- iii) Operativo: Se encajan las decisiones del día a día, por ejemplo,

que el proveedor realiza una carga concreta, cual es el recorrido óptimo del siguiente transporte, que tipo de vehículo es el adecuado para realizar la entrega.

Dado que los costos de transportación normalmente se hallan entre un tercio y dos tercios de los costos logísticos totales, mejorar la eficiencia mediante la máxima utilización del equipo de transportación y de su personal es una preocupación importante. El tiempo durante el cual los artículos están en tránsito se refleja en el número de envíos que pueden hacerse con un vehículo en un periodo dado, así como los costos totales de transportación para todos los envíos. (BALLOU, 2004)

Además de las actualizaciones tecnológicas, la inversión en maquinaria innovadora y sofisticada también se debe actualizar las rutas y la forma como se entienden, esto se debe a cambios en las preferencias de los clientes, cantidad de compras, etc., por lo tanto la importancia de rediseñar, implementar nuevas rutas o mejorar las rutas existentes, toma un papel principal ya que de esto depende la decisión de cuantos almacenes, plantas o centros de distribución, donde deberán ubicarse, cuales son las cantidades de inventario requeridas para cada cliente y sus respectivas frecuencias de servicio, que tipo de vehículos deben atender los pedidos, cual es el costos de mantener una ruta y cuáles serán los ahorros que genera el rediseño, eliminación o creación de una nueva ruta.

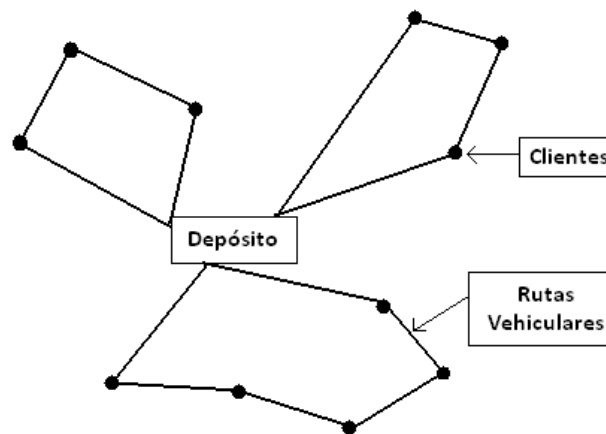
Aunque hay muchas variaciones dentro de los problemas de diseño de ruta, se ha resuelto de manera detallada por métodos elaborados específicamente para ello, como lo es el método de la ruta más corta.

El problema de ruteo de vehículos (VRP por sus siglas en inglés) es el nombre genérico dado a la clase de problemas en los que se debe determinar una serie de rutas para una flota de vehículos basados en uno o más depósitos, para un

cierto número de ciudades o clientes geográficamente dispersos. Es uno de los problemas de optimización combinatoria y programación no lineal más desafiante que existe por su complejidad (fue mostrado pertenecer al tipo NP-Hard por Rinooy Kan, 1981) y a la vez está comúnmente presente en aplicaciones industriales.

En su forma más sencilla, el objetivo del VRP es satisfacer a una serie de clientes con demandas conocidas, en rutas vehiculares de mínimo costo, que se originan y terminan en un depósito. A continuación se presenta en la ilustración 7 un típico ejemplo de una solución simple de un VRP:

***Ilustración 6: Solución simple a un VRP***



***Fuente 10: (Benavente & Bustos)***

(BALLOU, 2004) Hace referencia a que la distribución, cuando proporciona un adecuado nivel de servicio con el fin de satisfacer las necesidades del cliente, puede llevar directamente a un incremento en las ventas, un mayor porcentaje de participación en el mercado y contribuir en la disminución de costos y por consiguiente, en un aumento de las utilidades.

Los VRP son uno de los problemas más conocidos y desafiantes en la programación entera, que cae en la categoría denominada NP-completos (Rinooy Kan y xxx, 1981), esto es, los problemas que no se pueden resolver en tiempo polinomial en función del tamaño de la entrada. El tiempo y esfuerzo computacional requerido para resolver este problema aumenta exponencialmente. Para este tipo de problemas es a menudo deseable obtener soluciones aproximadas, para que puedan ser encontradas lo bastante rápido y que sean suficientemente exactas para su propósito. Usualmente esta tarea es lograda usando varios métodos heurísticos, que dependen de cierta visión interna de la naturaleza del problema.

### **6.3.1 Algoritmo para calcular la ruta más corta:**

Este problema determina la ruta más corta entre un origen y un destino en una red de transporte. Consiste en una red representada por vínculos y nodos, donde los nodos son los puntos de conexión entre los vínculos, y los vínculos son los costos (distancias, tiempos o una combinación de ambos, formados como un valor promedio de tiempo distancia) para pasar entre los nodos. Inicialmente, todos los nodos son considerados sin resolver, es decir, que todavía no se encuentran dentro de una ruta definida.

Entre los diversos métodos que existen para calcular la ruta más corta se presentan dos algoritmos que resuelven tanto redes cíclicas como acíclicas:

#### **6.3.1.1 Algoritmo de Dijkstra:**

Sea  $u_i$  la distancia más corta del nodo origen 1 al nodo  $i$ , y defina  $d_{ij} (\geq 0)$  como la longitud del arco  $(i,j)$ . El algoritmo define la etiqueta para un nodo  $j$  que sigue inmediatamente como, Ecuación 1:

$$[u_j, i] = [u_i + d_{ij}, i], d_{ij} \geq 0 \tag{1}$$

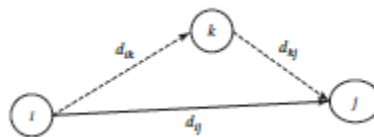
La etiqueta para el nodo de inicio es  $[0, 2]$ , que indica que el nodo no tiene predecesor. Las etiquetas de nodo en el algoritmo de Dijkstra son de dos tipos: temporales y permanentes. Una etiqueta temporal en un nodo se modifica si puede hallarse una ruta más corta al nodo. De lo contrario, el estado temporal cambia a permanente. (TAHA H. , 2004)

### 6.3.1.2 Algoritmo de Floyd (TAHA H. A., 2012):

Este algoritmo es más general que el *Dijkstra* porque determina la distancia entre dos nodos cualesquiera en la red. El algoritmo representa una red de  $n$  nodos como una matriz cuadrada con  $n$  filas y  $n$  columnas. La entrada  $(i,j)$  de la matriz da la distancia  $d_{ij}$  del nodo  $i$  al nodo  $j$ , la cual es finita si  $i$  está vinculado directamente a  $j$ , e infinita en caso contrario. La idea del algoritmo de Floyd es simple. Dados tres nodos,  $i$ ,  $j$  y  $k$  en la ilustración 8, con las distancias de conexión que se muestran en los tres arcos, es más corto llegar de  $j$  a  $i$  pasando por  $k$  si, Ecuación 2:

$$d_{ik} + d_{kj} < d_{ij} \tag{2}$$

**Ilustración 7: Operación triple de Floyd**



Fuente 11: (TAHA H. , 2004)

En este caso es óptimo reemplazar la ruta directa de  $i \rightarrow j$  con la ruta indirecta  $i \rightarrow k \rightarrow j$ . Este intercambio de operación triple se aplica a la matriz de distancias por medio de los siguientes pasos:

**Paso 0.** Defina la matriz de la distancia de inicio  $D_0$  y la matriz de secuencia de nodos  $S_0$  (todos los elementos en las diagonales están bloqueados), Gráfico 1. Establezca  $k = 1$ .

**Gráfico 1: Matrices de distancias y secuencias de nodos**

		1	2	...	$j$	...	$n$
$D_0 = I$	1	—	$d_{12}$	...	$d_{1j}$	...	$d_{1n}$
	2	$d_{21}$	—	...	$d_{2j}$	...	$d_{2n}$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	$d_{i1}$	$d_{i2}$	...	$d_{ij}$	...	$d_{in}$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	$N$	$D_{n1}$	$d_{n2}$	...	$d_{nj}$	...	—

		1	2	...	$j$	...	$n$
$S_0 =$	1	—	2	...	$j$	...	$n$
	2	1	—	...	$j$	...	$n$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	$i$	1	2	...	$j$	...	$n$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	$n$	1	2	...	$j$	...	—

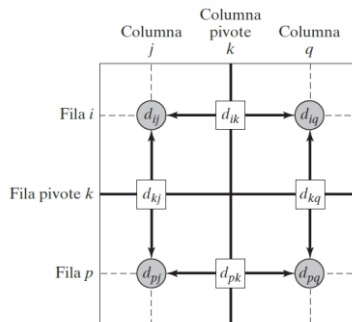
Fuente 12: (TAHA H. A., 2012)

Paso general k. Defina la fila k y la columna k como fila pivote y columna pivote.

Aplique la operación triple a cada elemento  $d_{ij}$  en  $D_{k \rightarrow 1}$ , para todas las  $i$  y  $j$  ilustración 9, Si ecuación 3:

$$d_{ik} + d_{kj} < d_{ij} \quad (i \neq k, j \neq k, y i \neq j) \tag{3}$$

**Ilustración 8: Paso k del algoritmo de Floyd**



Fuente 13: (TAHA H. A., 2012)

Se satisface, realice los siguientes cambios:

- a. Cree  $D_k$  reemplazando  $d_{ij}$  en  $D_{k-1}$  con  $d_{ik} + d_{kj}$ .
- b. Cree  $S_k$  reemplazando  $s_{ij}$  en  $S_{k-1}$  con  $k$ . Establezca  $k = k+1$ . Si  $k=n+1$ , *deténgase*: de lo contrario repita el paso  $k$ .

El paso  $k$  del algoritmo puede explicarse representando  $D_{k-1}$  como se muestra en la Ilustración 5. Aquí, la fila  $k$  y la columna  $k$  definen la fila y columna pivote actuales. La fila  $i$  representa cualquiera de las filas  $1, 2, \dots, y k - 1$ , y la fila  $p$  representa cualquiera de las filas  $k + 1, k + 2, \dots, y n$ . Asimismo, la columna  $j$  representa cualquiera de las columnas  $1, 2, \dots, y k - 1$ , y la columna  $q$  representa cualquiera de las columnas  $k + 1, k + 2, \dots, y n$ . La operación triple puede aplicarse como sigue: Si la suma de los elementos en la fila pivote y la columna (mostrados por cuadrados) es menor que el elemento de intersección asociado (mostrado por un círculo), entonces es óptimo reemplazar la distancia de intersección por la suma de las distancias pivote.

Después de  $n$  pasos, podemos determinar la ruta más corta entre los nodos  $i$  y  $j$  a partir de las matrices  $D_n$  y  $S_n$  aplicando las siguientes reglas:

1.  $d_{ij}$ , a partir de  $D_n$ , da la ruta más corta entre los nodos  $i$  y  $j$ .
2. A partir de  $S_n$ , determine el nodo intermedio  $k = s_{ij}$  que da en resultado la ruta  $i \rightarrow k \rightarrow j$ . Si  $s_{ik} = k$  y  $s_{kj} = j$ , *deténgase*; todos los nodos intermedios de la ruta han sido encontrados. De lo contrario, repita el procedimiento entre los nodos  $i$  y  $k$  y entre los nodos  $k$  y  $j$ .

### 6.3.2 Metaheurísticos y sus clasificaciones

La idea más genérica del término heurístico está relacionada con la tarea de resolver inteligentemente problemas reales usando el conocimiento disponible. El término heurística proviene de la palabra griega *eureka* cuyo significado está relacionado con el concepto de encontrar y se vincula a la supuesta exclamación

de Arquímedes al descubrir su famoso principio, (Otero R., 2006) .

La concepción más común en Inteligencia Artificial (IA) es interpretar que heurístico es el calificativo apropiado para los procedimientos que, empleando conocimiento acerca de un problema y de las técnicas aplicables, tratan de aportar soluciones (o acercarse a ellas) usando una cantidad de recursos (generalmente tiempo) razonable (Moreno J., 2004). En un problema de optimización, aparte de las condiciones que deben cumplir las soluciones factibles del problema, se busca la que es óptima según algún criterio de comparación entre ellas (Alejandro F., 2010).

El termino metaheurísticas aparece por primera vez en el artículo seminal sobre *búsqueda del tabú* de Fred Glover en 1986, en donde explica que se obtiene de anteponer a *heurística* el sufijo *meta* que significa “más allá” o “a un nivel superior”. Las concepciones actuales de lo que es una meta-heurística están basados en las diferentes interpretaciones de lo que es una forma inteligente de resolver un problema (Moreno J., 2004).

Las *metaheurísticas* son estrategias inteligentes para diseñar o mejorar procedimientos heurísticos muy generales con un alto rendimiento. Constituyen una técnica general de resolución de problemas de búsqueda y optimización (Mejía B., 2003). Su forma de procesamiento se ha inspirado en la teoría de evolución de las especies. Trabajan con una colección o “población” de soluciones candidatas o “individuos”, para los que se calcula una medida de su adaptación o capacidad de ser solución de un problema (Rodríguez C., 2011).

Un Método heurístico es un procedimiento que trata de descubrir una solución factible muy buena, pero no necesariamente una solución óptima, para el problema específico bajo consideración (Collazo C., 2013). No puede darse una garantía acerca de la calidad de la solución que se obtiene, pero un método heurístico bien diseñado puede proporcionar una solución que al menos está

cerca de ser óptima (o concluir que no existen tales soluciones). El procedimiento también debe ser suficientemente eficiente como para manejar problemas muy grandes. (HILLIER & LIEBERMAN, 2010).

El uso de modelos de optimización para la implementación de cadenas de suministro se convierte en una herramienta de gran ayuda en el momento de cumplir estos propósitos y objetivos. Las cadenas deben ser modeladas para su propio manejo, y la integración y la coordinación de los procesos necesitan ser modelados. Por lo tanto, el modelo debe ser capaz de capturar la complejidad de la cadena de suministro e integrar sus recursos. Durante el desarrollo del modelo se detallaran los aspectos teóricos pertinentes en los que se fundamenta la construcción de la función objetivo y las restricciones.

Finalmente mencionar que, existen básicamente cuatro tipos de Metaheurísticos (Marti R., 2014): de Relajación, constructivas, de búsqueda y evolutivos; ver ilustración 10.

***Ilustración 9: Tipos de metaheurísticas***



*Fuente 14: Autores*

### 6.3.3 Algoritmos genéticos

Uno de los tipos de algoritmos evolutivos más populares son los algoritmos genéticos (AGs), propuestos por Holland en 1975. Se caracterizan por presentar las soluciones al problema que abordan en forma de cadena de bits.

La ejecución de un algoritmo genético requiere de una serie de parámetros de funcionamiento, como por ejemplo tamaño de la población con la que va a trabajar, que definen su comportamiento en promedio. Una vez el algoritmo dispone de los valores para estos parámetros, comienza generando una población de individuos, cada uno de los cuales es un candidato a ser solución del problema tratado, o permite llegar a la solución a partir de él. Segundo de esto la población de individuos se somete a un bucle de evolución cada uno de cuyos ciclos incluye un proceso de selección, que modifica la composición de la población, eliminando a ciertos individuos y reforzando la presencia de otro, a un proceso de reproducción, que introduce nuevos individuos, y una nueva evaluación, que actualiza los datos de evolución, tales como la adaptación media de la población o la posición del mejor individuo de la población. (Araujo & Cervigon, 2009).

#### **GENERACION DE LA POBLACION INICIAL** (Araujo & Cervigon, 2009)

Los individuos de la población inicial de un AG suelen ser cadenas de ceros y unos generadas de forma completamente aleatoria, es decir, que va generando cada gen con una función que devuelve un cero o un uno con igual probabilidad.

Tras la inicialización de los parámetros, el primer paso del algoritmo es la inicialización de una población de *tam\_pobl* individuos. La creación de cada individuo consiste en generar su genotipo como una cadena aleatoria de ceros y unos, y en calcular su adaptación.

#### **ADAPTACION DE LOS INDIVIDUOS** (Araujo & Cervigon, 2009)

En algunos casos la adaptación de un individuo coincide con el valor de la función objetivo a maximizar. Por lo tanto, el cálculo de la adaptación consiste en decodificar el genotipo del individuo para identificar al punto que representa, y calcular el valor de la función objetivo en ese punto.

Para decodificar un individuo, es decir, buscar el valor real que corresponde a una cadena binaria  $c$  de longitud  $l$ , podemos suponer que cada uno de los  $2^l$  números enteros que puede representar la cadena binaria representa un punto del intervalo real  $[x_{min}, x_{max}]$  en el que buscamos el óptimo de la función.

Tenemos entonces que el valor real  $x$  que le corresponde a la división representada por la cadena  $c$  se puede calcular como en la ecuación 4:

$$x = x_{min} + posición(c) * tamaño_{div} \quad (4)$$

La posición de la división asociada a  $c$  es el valor entero que le corresponde a la cadena binaria considerada y que podemos calcular con una función  $bin_{ent}$ , que convierte una cadena binaria en entero. El tamaño de las divisiones es el mismo para todas ellas y es el que corresponde a dividir el intervalo considerado entre el número de divisiones que podemos hacer, que es el número de enteros de que disponemos,  $2^l$  menos 1, ver ecuación 5:

$$tamaño_{div} = \frac{x_{max} - x_{min}}{2^l - 1} \quad (5)$$

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación 6:

$$x = x_{min} + bin_{ent}(c) * \frac{x_{max} - x_{min}}{2^l - 1} \quad (6)$$

La codificación de un individuo se realiza calculando el valor decimal correspondiente al genotipo del individuo, y dividiendo por el número de puntos en el que se ha discretizado el intervalo o espacio de búsqueda considerado.

### **EVALUACION DE LA POBLACION:**

Después de cada generación se revisan los contadores de adaptación relativa y puntuación acumulada de los individuos de la población. Así mismo, se calcula la adaptación global de la población y la posición del mejor individuo.

### **SELECCIÓN DE SUPERVIVIENTES**

La función de selección del algoritmo genético simple selecciona un número de supervivientes igual al tamaño de la población por el método de la ruleta. La función modifica la población que pasa a estar formada únicamente por ejemplares de los individuos supervivientes.

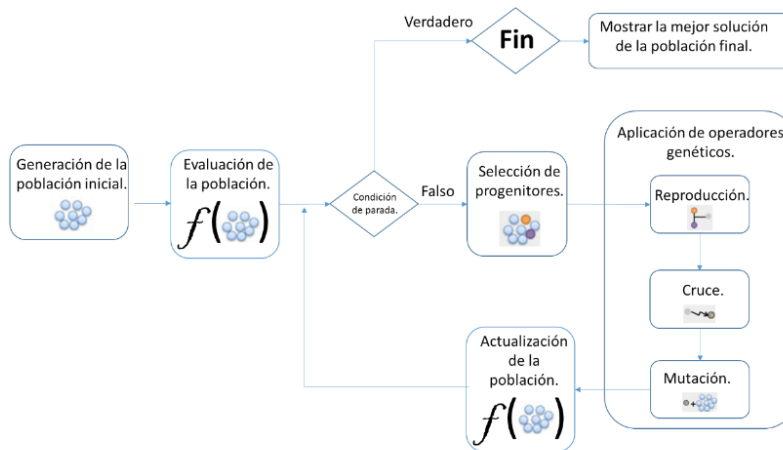
### **REPRODUCCION, CRUCE Y MUTACION:**

Consideramos ahora cómo se combinan los operadores de cruce y mutación para producir una nueva generación. La función reproducción presenta la secuencia a seguir. En un algoritmo genético simple, la implementación de la reproducción consiste en la selección de los individuos a reproducirse entre los de la población resultante, y finalmente en la aplicación del operador de cruce a cada una de las parejas. Finalmente se aplica la mutación bit a bit mediante la función booleana mutación.

El operador de cruce toma dos padres y genera dos cadenas hijas. Recibe la probabilidad de cruce, junto con la longitud de la cadena. El intercambio de cruce se realiza en un par de bucles. La función calcula la adaptación de los nuevos individuos.

Finalmente consideramos el operador de mutación, que con la probabilidad indicada considera la posible mutación de cada gen del genotipo. La función revisa la adaptación del individuo en caso de que se produzca alguna mutación. Ver ilustración 11.

**Ilustración 10: Estructura general de un algoritmo genético**



Fuente 15: Autores

## **7. DISEÑO METODOLÓGICO:**

En el desarrollo del trabajo de investigación, dentro de la metodología a utilizar se destaca la aplicación de un algoritmo genético, que contenga todas las variables y restricciones a considerar, para la formulación de la función objetivo la cual es la optimización de la ruta. Además se utiliza un software denominado CargoWiz, encargado de maximizar el espacio de carga y la capacidad del producto terminado dentro de los vehículos, teniendo en cuenta las dimensiones de los embalajes y las dimensiones de los contenedores. Igualmente se plantea el algoritmo de Floyd, encargado de optimizar la ruta de transporte desde la empresa LECHESAN S.A a los diferentes clientes de la compañía, entre otros cálculos matemáticos como los de ruteo y localización que se ejecutan en otras herramientas de aplicación como Google maps.

## **7.1 TIPO DE ESTUDIO**

Se ha seleccionado el método de investigación descriptiva, con el cual se busca conocer todas las situaciones, características, costumbres predominantes a través de la descripción exacta de las actividades y procesos de la cadena de distribución de la empresa de lácteos y sus derivados LECHESAN S.A.

Por medio de la investigación documental, caracterizada por la recolecta de documentos o información, en la cual se establecerá la situación actual de la cadena de distribución del producto final de la empresa LECHESAN S.A. Después de esta investigación se procede a determinar las variables que representan el problema tales como: tipo de embalaje, capacidad de los vehículos, demanda y costos de la ruta de transporte.

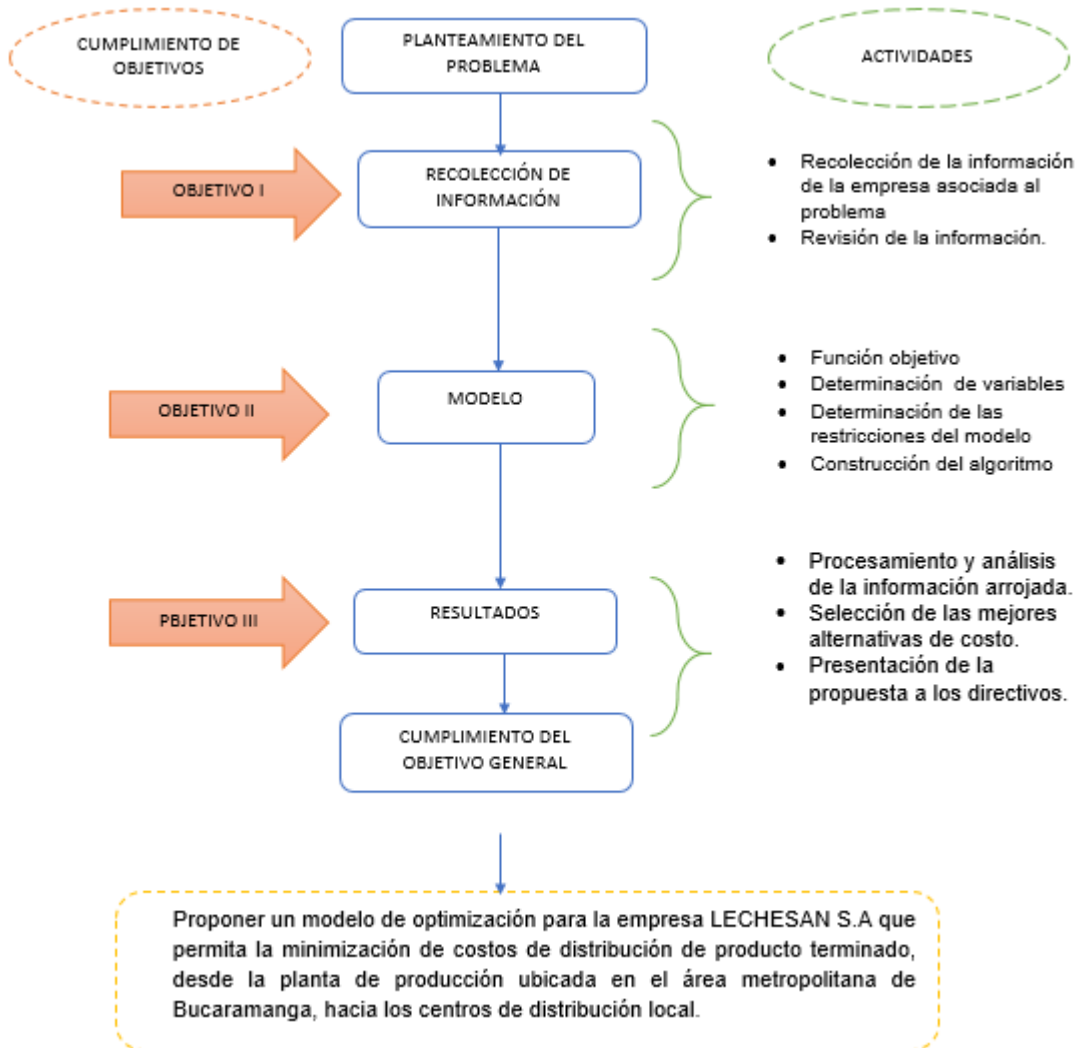
## **7.2 METODO DE INVESTIGACION**

La herramienta para la recolección de datos que se va a emplear será entrevistas a la empresa e investigación de conceptos, luego se hará un análisis de documentos otorgados por esta y se definirán los parámetros a partir de las variables anteriormente mencionadas.

Se procederá a calcular la función objetivo, que cumpla con la minimización de los costos de embalaje. El procesamiento y análisis de información se programará por medio de C++, que permite analizar su comportamiento y seleccionar las mejores alternativas de costo.

En el siguiente diagrama se especifican las etapas del proyecto asociados al cumplimiento de los objetivos. Ver ilustración 12:

**Ilustración 11: Etapas del proyecto**



*Fuente 16: Autores*

### 7.3 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Para este se han utilizado 2 tipos de fuentes, primarias y secundarias, con el fin de obtener y recolectar la información necesaria que apoye el desarrollo del proyecto.

#### 7.3.1 FUENTES PRIMARIAS

Se considera como fuente primaria a toda la información que nosotros como investigadores debemos recoger de forma directa o también conocida como la información de primera mano, las cuales son extraídas de la empresa

LECHESAN S.A. Según lo anterior las fuentes primarias de información serán:

- Entrevistas con el gerente general, jefe de logística, jefe de distribución, y coordinador HSEQ, que son los expertos en el tema y los que recibirán los resultados del algoritmo genético; con el fin de obtener información pertinente al proyecto así como la optimización de la carga y la ruta.

### **7.3.2 FUENTES SECUNDARIAS**

Acá se utilizaron herramientas y software que ya tiene definida la empresa LECHESAN S.A, ya que se necesita información que ha sido recopilada y transcrita por personas que han tenido un contacto directo con el tema a investigar y que ofrecen información, pero que no son la fuente original de los hechos o situaciones; este tipo de información se denomina fuentes secundarias y para el desarrollo del proyecto, como son:

- GEOREFERENCIADOR: Sistema de información el cual convierte las direcciones de sus bases de datos en una ubicación geográfica.
- ATLAS.ti: Sistema de información encargado de la optimización de los recursos.
- EDI: Sistema de intercambio electrónico de datos o el intercambio entre sistemas de información, por medios electrónicos.
- Libros: BALLOU, Logística: Administración de la cadena de suministro, 2004; ARAUJO & CERVIGON, Algoritmos evolutivos un enfoque practico, 2009; CHASE, JACOBS, & AQUILANO, ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES : Producción y Cadena de Suministro, 2009; HILLIER & LIEBERMAN, INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES, 2010; Koontz & Weihrich, Administración una

perspectiva global 2004; TAHA H. A., INVESTIGACION DE OPERACIONES, 2012

## **8. FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE CADA MODELO:**

### **8.1 FORMULACION DEL MODELO 1: Optimización de la Capacidad del Vehículo asociado al tipo de embalaje y al tipo de camión**

**Ilustración 12: Proceso de carga**



**Fuente 17: Autores**

En este modelo el objetivo principal es conseguir una optimización en la capacidad de los vehículos que realizan el transporte y distribución de los productos de la empresa, relacionado con la asignación del volumen ocupado por el embalaje a utilizar.

Debido a que el tipo de transporte que la empresa LECHESAN S.A emplea en su proceso de distribución del canal preventa es tercerizado o subcontratado, es por esto que el modelo tiene en cuenta la capacidad en términos de volumen utilizado, ya que el costo por vehículo no varía si se utiliza un volumen inferior al total. Para la construcción de este modelo se tuvo en cuenta las dimensiones del espacio de carga del vehículo, las dimensiones de los tipos de embalaje y la demanda promedio que se hace en un mes.

Para la ejecución de este modelo se utiliza el software logístico denominado CARGOWIZ.

### 8.1.1 Variables del modelo 1:

Se parte de la información recopilada en la empresa la cual aporta: demanda, tipos de vehículos, características de los vehículos, dimensiones de los vehículos, tipos de embalaje, dimensiones del embalaje, capacidad del embalaje. Ver ilustración 14:

***Ilustración 13: Información de vehículos y embalaje***

Archivo Vista Arrastrar carga Copiar Informes Opciones ayuda Convencer al jefe									
1.Truck, un contenedor o pallet			2. Dim. Carga				3. Cargar		
Centímetros									
Descripción		Longitud (cm)	Longitud A utilizar (cm)	Anchura (cm)	Anchura A utilizar (cm)	Altura (cm)	Altura A utilizar (cm)		
Camión TIPO LUV (1,5)		190	190	150	110	160	160		
Camión TIPO NKR (3 TON)		300	300	170	130	170	170		

1.Truck, un contenedor o pallet			2. Dim. Carga				3. Cargar					
En el visualizador libre del CargoWiz los archivos de envío deben estar abiertos y los planes de carga deben estar creados, sin modificar												
Requerido					No Requerido							
Código de pieza ó identificador	Cant.	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Altura (cm)	Orientaciones Permitidas	Descripción	Máximo a Apilar	Cargar sólo en el suelo	Prioridad o Grupo	Peso del articulo kg	Unidades incluidas en éste item	Unidades Totales
CAJA	48	38	24	33	2	CORRUGADO	4	<input type="checkbox"/>		22,82	18	864
CANASTA 1	40	50	41	22	2	CANASTA NARANJA	6	<input type="checkbox"/>		20,6	15	600
CANASTA 2	36	53	36	25	2	CANASTA AZUL	6	<input type="checkbox"/>		26	120	4320

### 8.1.2 Supuesto del modelo 1:

Se inicia escogiendo una ruta de modo aleatorio, luego se determina las dimensiones que tiene cada uno de los tres tipos de embalaje con su respectivo peso y volumen, posteriormente se estipulan las dimensiones que tiene el contenedor de los dos tipos de vehículos (1.5 toneladas y 3 toneladas) que realizan el proceso de distribución tipo preventa, después por medio de una base de datos real obtenida de la empresa, se procede a simular en CargoWiz la demanda obtenida en un mes por la ruta 3010, puesto que se busca identificar un modelo general a investigar, analizar lo que se puede generar y como ha sido

la utilización del volumen del contenedor.

### **8.1.3 Características de formulación del modelo:**

Función objetivo: Maximizar la utilización del espacio de carga de los contenedores incluyendo la capacidad del embalaje, satisfaciendo la demanda que se tenga por parte de los clientes del canal preventa.

Restricciones:

- De capacidad del embalaje, estas restricciones limitan la asignación en la cantidad de producto que lleva cada tipo de embalaje.
- De dimensiones del embalaje, estas restricciones limitan la utilización del espacio de carga ya que se tiene en cuenta el volumen que ocupa cada uno de los embalajes.
- De capacidad del vehículo, estas restricciones limitan el peso que puede cargar el vehículo.
- De dimensiones del contenedor, están sujetos a las medidas que determinan el volumen del contenedor.
- De posición del embalaje, estas restricciones limitan la adecuación del embalaje a solo dos posiciones de ubicación en el contenedor.

### **8.1.4 Resultados de la optimización con CARGOWIZ:**

Al inicio de la investigación la empresa LECHESAN S.A. distribuía el producto terminado sin tener en cuenta la acomodación de cada una de las cajas y canastas dentro de los vehículos, lo que sobre ponía un costo extra para la empresa, ya que la gran mayoría de veces excedían el volumen de los furgones y el producto restante se debía colocar a disposición de otro camión.

Utilizando el programa CargoWiz se han visto resultados que ayudaron a mejorar

este problema, ya que se puede observar cuantas cajas y canastas caben dentro de los vehículos, teniendo en cuenta su peso, volumen total de los productos y del furgón, haciendo más fácil a la vez su acomodación y maximizando el espacio de carga por vehículo. En la tabla 4 se muestra el cargue resumido de la Ruta 3010 en un vehículo de 1.5 Ton de capacidad:

**Tabla 4: Lista detallada de carga camión 1.5 Ton**

PRODUCTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CAJAS	CANASTAS NARANJAS	CANASTAS AZULES	UNIDADES X EMBALAJE	PESO X UNIDAD(KG)	PESO EMBALAJE (KG)	PESO TOTAL (KG)
0175	Leche Entera UHT 1200 ML corrugado	6 pack	11	0	0	18	1,24	0,5	251,02
0176	Leche Digestión Deslactosada 1200 ML corrugado	6 pack	10	0	0	18	1,24	0,5	228,2
0177	Leche Salud Semidescremada 1200 ML corrugado	6 pack	2	0	0	18	1,24	0,5	45,64
1162	Leche Entera UHT 1200 ML cestillo	UND	0	17	0	15	1,24	2	350,2
1250	Leche Entera 200 ML cestillo	UND	0	3	0	100	0,2	2	66
4505	Crema de Leche Cremax UHT Bolsa 200 ML	UND	0	0	2	120	0,2	2	52
0044	Yogurth Surtido Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	4	120	0,2	2	104
0066	Refresco Naranja Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	1	120	0,2	2	26
0061	Refresco Mora Bolsa 200 ML	6 pack	0	0	1	120	0,2	2	26
0062	Refresco Mango Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	1	120	0,2	2	26
0063	Refresco Maracuya Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	1	120	0,2	2	26
0306	Avena con sabor Natural Bolsa 200 ML	UND	0	0	3	120	0,2	2	78
0307	Avena con sabor Canela Bolsa 200 ML	UND	0	0	2	120	0,2	2	52
3525	Agua Purificada Bolsa 200ML	UND	0	0	3	120	0,2	2	78
<b># DE EMBALAJES</b>			<b>23</b>	<b>20</b>	<b>18</b>				<b>1409,06</b>

*Fuente 18: Área de logística de Lechesan S.A*

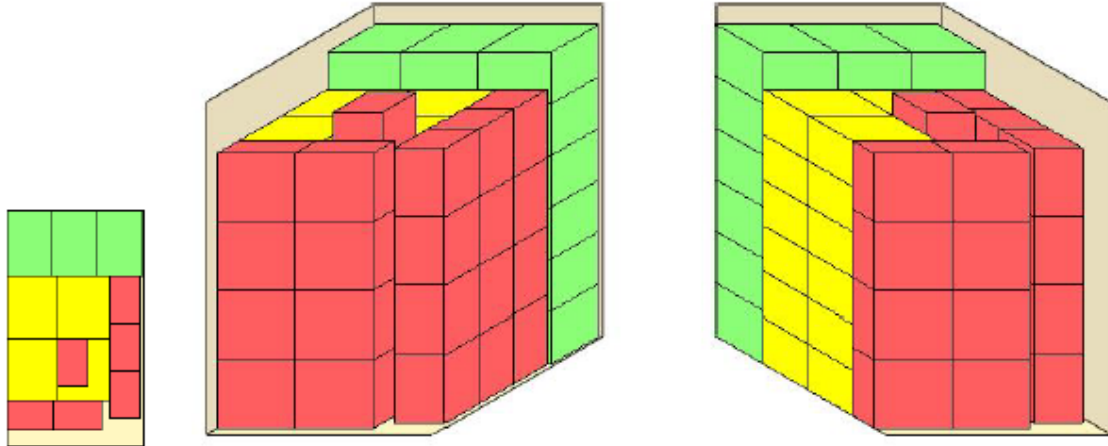
Mediante esta lista se puede determinar el número cajas de corrugado, canastas tipo 1 y canastas tipo 2 que deben ser distribuidas a los distintos clientes, también se puede apreciar el peso total de los productos incluyendo el embalaje. A continuación utilizando el software CargoWiz se pudo optimizar al máximo el espacio de la carga dentro del furgón del vehículo, para no depender de otro camión con las mismas características y por ende despilfarrar dinero en costos de transporte.

**Ilustración 14: Plan de carga optimizada embalaje original**

## Detalles Del Plan De la Carga

Camión: # 1 Descripción: Camión TIPO LUV (1,5)  
 Archivo De Base de datos Del Envío: CORRECIÓN CARGOWIS.m db

**CargoWiz**



Tamaño camión, cm:	Longitud: 190	Anchura: 110	Altura: 160
Contador de carga	Carga Total: 61	Cargado: 61	No Cargado: 0
Longitud usada por la carga:	cm Utilizado: 177	Metros usados: 1,77	Metros Dejados: ,13
Volumen Info, Cu M:	Vol. Camión: 3,3	Vol. Utilizado: 2,5	Vol. Vacío: ,9
límite de lbs de 1700 .	Peso Total: 1.405	Cargado: 1.405	No Cargado: 7
Eficiencia del embalaje:	Vol. Camión usado: 73,3%	Puede contener: 177 L x 108 W x 150 H	
Centro de gravedad (Carga):	De Frente: 86cm		

*Este programa determina un ajuste espacial eficiente sin la consideración de la seguridad o de las cuestiones legales.  
 El usuario es el responsable de la conveniencia de la disposición*

Parte #	Cant	Prioridad	Descripción	L	H	Peso
CANASTA 2	18	-	CANASTA AZUL	53	36	26
CANASTA 1	20	-	CANASTA NARANJA	50	41	20,6
CAJA	23	-	CORRUGADO	38	24	22,82

*Fuente 19: Autores*

En la ilustración 15, se observa el detalle de carga el cual nos demuestra que el uso del software mejora la utilización del espacio de carga del vehículo, donde los embalajes están restringidos a mantener tan solo dos posiciones dentro del contenedor, estableciéndolos horizontalmente o verticalmente a lo largo del furgón. Sin embargo en lo que tiene que ver con el volumen total, podemos evidenciar una eficiencia del embalaje de un 73,3%, llegando a un peso total de 1,4 Ton sin superar la capacidad máxima que puede soportar el vehículo, y dejando un espacio de 40 cm a lo ancho del furgón para que pueda ingresar fácilmente el operador logístico para el descargue del camión.

A continuación en la ilustración 16, se efectuara una optimización adicional a la reciente carga, ya que se dedujo que al cambiar el producto de una canasta tipo 1

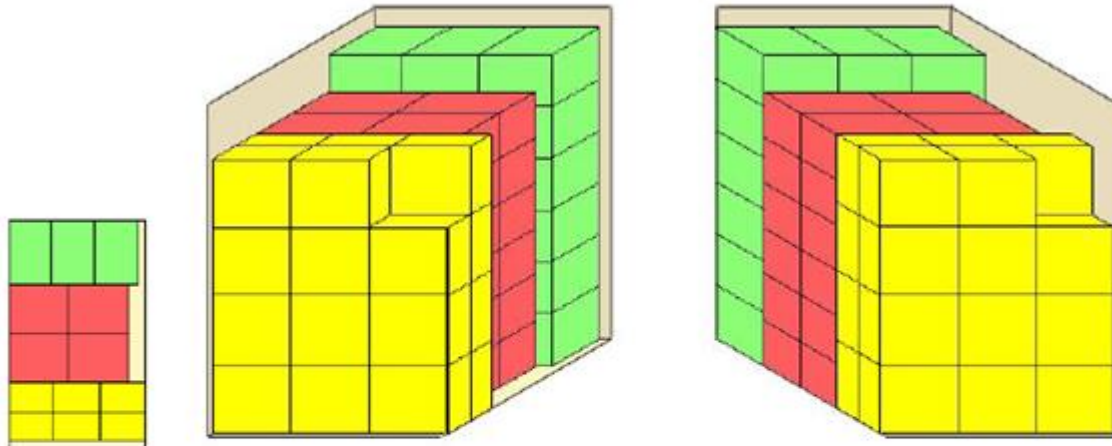
a una canasta tipo 2, se puede obtener una mayor utilización del espacio y cantidad de producto dentro del vehículo en comparación a la anterior carga mostrada:

**Ilustración 15: Plan de Carga con canje de embalajes optimizados**

**Detalles Del Plan De la Carga**



Camión: # 1 Descripción: Camión TIPO LUV (1,9)  
 Archivo De Base de datos Del Envío: CORRECIÓN CARGOWIS.m db



Tamaño camión, cm:	Longitud: 190	Anchura: 110	Altura: 160
Contador de carga	Carga Total: 65	Cargado: 65	No Cargado: 0
Longitud usada por la carga:	cm Utilizado: 183	Metros usados: 1,83	Metros Dejados: ,07
Volumen Info, Cu M:	Vol. Camión: 3,4	Vol. Utilizado: 2,6	Vol. Vacío: ,8
límite de lbs de 1700 .	Peso Total: 1,535	Cargado: 1,535	No Cargado: 2
Eficiencia del embalaje:	Vol. Camión usado: 77,3%	Puede contener: 183 L x 114 W x 150 H	
Centro de gravedad (Carga):	De Frente: 94 cm		

Este programa determina un ajuste espacial eficiente sin la consideración de la seguridad o de las cuestiones legales | El usuario es el responsable de la conveniencia de la disposición

Parte #	Cant	Prioridad	Descripción	L	H	Peso
CANASTA 2	18	-	CANASTA AZUL	53	36	26,8
CANASTA 1	24	-	CANASTA NARANJA	50	41	22
CAJA	23	-	CORRUGADO	38	24	22,82

Fuente 20: Autores

Lo que se puede apreciar en este plan de carga, es la diferencia de los resultados arrojados con respecto a la gráfica anterior, ya que se comprueba que haciendo el cambio de embalajes y de sus respectivos contenidos, se obtiene un mayor aprovechamiento en lo que respecta al peso del producto que aumento 130 kg al total del peso, y el volumen que paso de ser 73,3% a 77,3% dentro del vehículo. Este proceso consistió en realizar un canje de tal forma que de las 120 unidades que correspondían a la canasta tipo 2, se disponen 100 en la canasta tipo 1, y por otro lado las 15 unidades de la canasta tipo 1 se disponen 20 en la canasta tipo 2

ya que en esta caben 5 unidades extras adicionales.

Este escenario dio como respuesta que la empresa LECHESAN S.A, requiere un cambio o canje entre embalajes, ya que se evidencia un mejor uso de este y por ende una disminución en los costos de distribución del producto terminado a los puntos de venta o clientes de la compañía. Ver tabla 5.

**Tabla 5: Minimización de costos por eficiencia utilización del embalaje en un camión de 1.5 Ton**

COSTO UNITARIO									
EMBALAJE	COSTO DE TRANSPORTE	PRECIO FACTURA	COSTO TOTAL FACTURA DE TRANSPORTE	DEMANDA	PESO X UNIDAD EMBALAJE CARGADO	%	COSTO TRANSPORTE EMBALAJE	EFICIENCIA DEL EMBALAJE	NUEVA EFICIENCIA
CANASTA 1	8% Del valor de la factura	\$ 1.800.000	\$ 144.000	20	416,2	30%	\$ 42.533,89	73,30%	77,30%
CANASTA 2				18	468	33%	\$ 47.827,63		
CAJA				23	524,86	37%	\$ 53.638,48		
					1409,06	100%	\$ 144.000	\$ 105.552	\$ 111.312
							PERDIDA	\$ 38.448	\$ 32.688
							DIFERENCIA	\$	5.760
							AL AÑO	\$	2.102.400

La tabla 6, contiene el cargue resumido de la Ruta 3010 en un vehículo de 3.0 Ton de capacidad:

**Tabla 6: Lista detallada de carga camión 3 Ton**

PRODUCTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CAJAS	CANASTAS NARANJAS	CANASTAS AZULES	UNIDADES X EMBALAJE	PESO X UNIDAD(KG)	PESO EMBALAJE (KG)	PESO TOTAL (KG)
0175	Leche Entera UHT 1200 ML corrugado	6 pack	22	0	0	18	1,24	0,5	502,04
0176	Leche Digestión Deslactosada 1200 ML corrugado	6 pack	19	0	0	18	1,24	0,5	433,58
0177	Leche Salud Semidescremada 1200 ML corrugado	6 pack	7	0	0	18	1,24	0,5	159,74
1162	Leche Entera UHT 1200 ML cestillo	UND	0	33	0	15	1,24	2	679,8
1250	Leche Entera 200 ML cestillo	UND	0	7	0	100	0,2	2	154
4505	Crema de Leche Cremax UHT Bolsa 200 ML	UND	0	0	5	120	0,2	2	130
0044	Yogurth Surtido Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	6	120	0,2	2	156
0066	Refresco Naranja Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	3	120	0,2	2	78
0061	Refresco Mora Bolsa 200 ML	6 pack	0	0	3	120	0,2	2	78
0062	Refresco Mango Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	3	120	0,2	2	78
0063	Refresco Maracuya Bolsa 200 ML	6 Pack	0	0	3	120	0,2	2	78
0306	Avena con sabor Natural Bolsa 200 ML	UND	0	0	5	120	0,2	2	130
0307	Avena con sabor Canela Bolsa 200 ML	UND	0	0	3	120	0,2	2	78
3525	Agua Purificada Bolsa 200ML	UND	0	0	5	120	0,2	2	130
		# DE EMBALAJES	48	40	36				2865,16

Fuente 21: Área de logística de Lechesan S.A

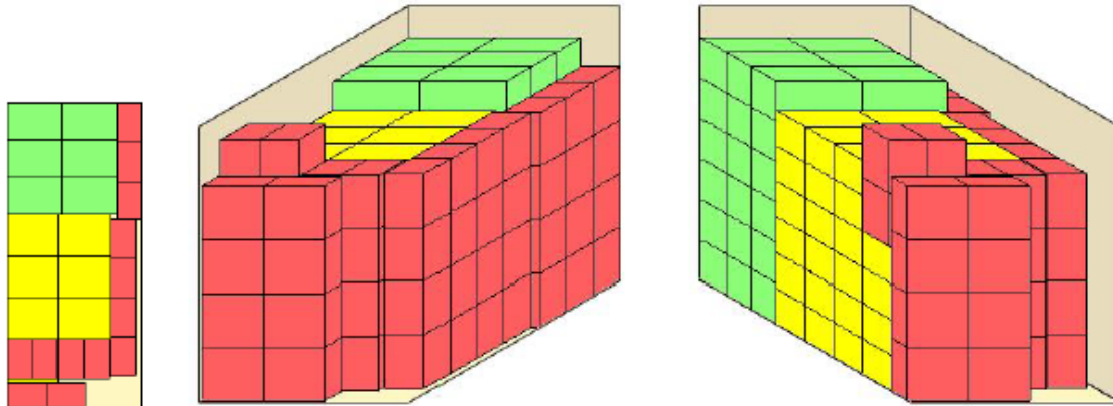
A continuación, en la ilustración 17, se efectuara el mismo procedimiento para la carga del camión de 3.0 Ton de capacidad, al igual que se hizo para el camión de 1.5 Ton:

**Ilustración 16: Plan de carga optimizada embalaje original**

### Detalles Del Plan De la Carga



Camión: # 1 Descripción: Camión TIPO NKR (3 TON)  
 Archivo De Base de datos Del Envío: CORRECCION CARGOWIS.m db



Tamaño camión, cm:	Longitud: 300	Anchura: 130	Altura: 170
Contador de carga	Carga Total: 124	Cargado: 124	No Cargado: 0
Longitud usada por la carga:	cm Utilizado: 296	Metros usados: 2,96	Metros Dejados: ,04
Volumen Info, Cu M:	Vol. Camión: 6,6	Vol. Utilizado: 5,0	Vol. Vacío: 1,7
límite de lbs de 3200 .	Peso Total: 2.855	Cargado: 2.855	No Cargado: -1
Eficiencia del embalaje:	Vol. Camión usado: 74,9%	Puede contener: 296 L x 130 W x 154 H	
Centro de gravedad (Carga):	De Frente: 140 cm		

*Este programa determina un ajuste espacial eficiente sin la consideración de la seguridad o de las cuestiones legales.  
 El usuario es el responsable de la conveniencia de la disposición*

Parte #	Cant	Prioridad	Descripción	L	H	Peso
CANASTA 2	36	-	CANASTA AZUL	53	36	26
CANASTA 1	40	-	CANASTA NARANJA	50	41	20,6
CAJA	48	-	CORRUGADO	38	24	22,82

Fuente 22: Autores

Como se puede apreciar en el plan de carga, el software CargoWiz optimiza el espacio de forma eficiente, haciendo más favorable y provechoso el uso del software para el personal encargado, asimismo se aumentaría la rentabilidad, lo cual se verá reflejado en las utilidades de la compañía.

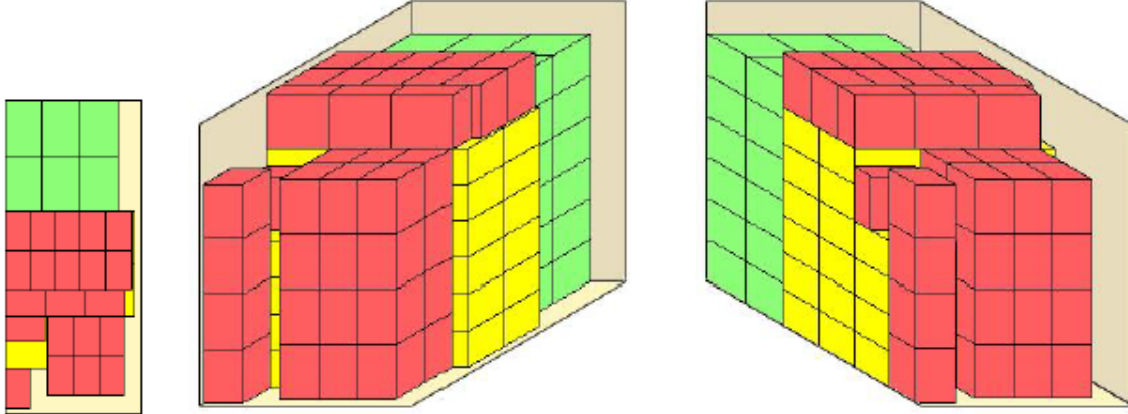
A continuación, en la ilustración 18, se mostrara un ejemplo con la misma carga del plan anterior pero sin tener en cuenta la acomodación del embalaje dentro del contenedor del vehículo:

**Ilustración 17: Plan de Carga con canje de embalajes optimizados**

**Detalles Del Plan De la Carga**



Camión: # 1 Descripción: Camión TIPO NKR (3 TON)  
 Archivo De Base de datos Del Envío: CORRECCION CARGOWIS.mdb



Tamaño camión, cm:	Longitud: 300	Anchura: 130	Altura: 170
Contador de carga	Carga Total: 124	Cargado: 118	No Cargado: 6
Longitud usada por la carga:	cm Utilizado: 294	Metros usados: 2,94	Metros Dejados: ,06
Volumen Info, Cu M:	Vol. Camión: 6,6	Vol. Utilizado: 4,8	Vol. Vacío: 1,8
Límite de lbs de 3200 .	Peso Total: 2.855	Cargado: 2.718	No Cargado: 136
Eficiencia del embalaje:	Vol. Camión usado: 72,2%	Puede contener: 294 L x 123 W x 165 H	
Centro de gravedad (Carga):	De Frente: 145 cm		

*Este programa determina un ajuste espacial eficiente sin la consideración de la seguridad o de las cuestiones legales. El usuario es el responsable de la conveniencia de la disposición*

Parte #	Cant	Prioridad	Descripción	L	H	Peso
CANASTA 2	36	-	CANASTA AZUL	53	36	26
CANASTA 1	40	-	CANASTA NARANJA	50	41	20,6
CAJA	42	-	CORRUGADO	38	24	22,82

Fuente 23: Autores

Como se puede observar en la gráfica no se pudieron cargar 6 de las 48 cajas del producto, su peso total disminuyo en 137 kg, y la eficiencia del embalaje se redujo a un 72,2%.

Lo que nos evidencia la anterior gráfica es la importancia de ajustar adecuadamente la posición de los embalajes, ya que teniendo en cuenta su acomodación depende si hay que subcontratar un vehículo adicional para llevar la mercancía o los productos a sus clientes potenciales. Muchas empresas hoy en día no tienen en cuenta el uso de estas herramientas (CargoWiz), ya que lo ven como un gasto innecesario, y en lo que respecta a la no implementación, puede conllevar a un

resultado no muy favorable en el uso inadecuado de adaptación o posicionamiento de sus productos dentro de los vehículos de transporte para la distribución.

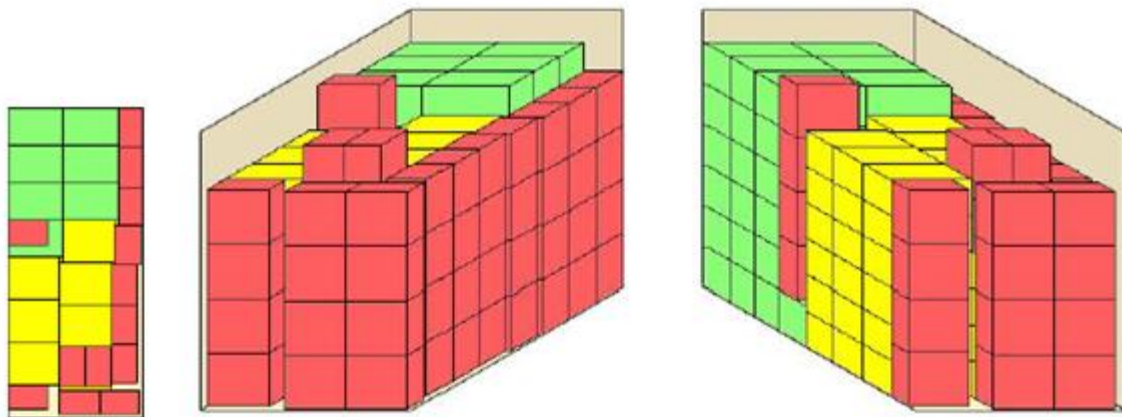
No obstante ya habiendo realizado el cargue optimizado, efectuaremos otro cargue adicional en la ilustración 19, para maximizar aún más el espacio de carga y lograr obtener un mejor resultado en lo que respecta con el volumen total y capacidad de carga del vehículo:

**Ilustración 18: Propuesta de carga, canje de embalajes para su optimización**

### Detalles Del Plan De la Carga



Camión: # 1 Descripción: Camión TIPO NKR (3 TON)  
 Archivo De Base de datos Del Envío: CORRECIÓN CARGOWIZ.m db



Tamaño camión, cm: Longitud: 300 Anchura: 130 Altura: 170  
 Contador de carga: Carga Total: 125 Cargado: 125 No Cargado: 0  
 Longitud usada por la carga: cm Utilizado: 296 Metros usados: 2,96 Metros Dejados: ,04  
 Volumen Info. Cu M: Vol. Camión: 6,6 Vol. Utilizado: 5,0 Vol. Vacío: 1,6  
 Límite de lbs de 3100 : Peso Total: 2.967 (circled) No Cargado: 0  
 Eficiencia del embalaje: Vol. Camión usado: 75,6% (circled) Puede contener: 296 L x 130 W x 157 H  
 Centro de gravedad (Carga): De Frente: 142 cm

*Este programa determina un ajuste espacial eficiente sin la consideración de la seguridad o de las cuestiones legales.  
 El usuario es el responsable de la conveniencia de la disposición*

Parte #	Cant	Prioridad	Descripción	L	H	Peso
CANASTA 2	37	-	CANASTA AZUL	53	36	26,8
CANASTA 1	40	-	CANASTA NARANJA	50	41	22
CAJA	48	-	CORRUGADO	38	24	22,82

Fuente 24: Autores

Como lo muestra el plan de la ilustración 19, la optimización ha sido la ideal, maximizando aún más el espacio del contenedor, superando muy por encima la carga propuesta, comprobando nuevamente que haciendo el cambio de embalajes y de sus respectivos contenidos, se obtiene un mayor aprovechamiento en lo que respecta al peso del producto que aumento 112 kg al total del peso, y el volumen

que paso de ser 72,2% a 75,6% dentro del vehículo.

Como Ingenieros Industriales finalmente podemos concluir que gracias al software CargoWiz se perfeccionaría notablemente el proceso de carga en los dos tipos de camiones (1.5 y 3.0 Ton de capacidad), maximizando eficientemente el uso del espacio de los contenedores sin sobrepasar el peso limite que estiman. Ver tabla 7.

**Tabla 7: Minimización de costos por eficiencia utilización del embalaje en un camión de 3.0 Ton**

COSTO UNITARIO									
EMBALAJE	COSTO DE TRANSPORTE	PRECIO FACTURA	COSTO TOTAL FACTURA DE TRANSPORTE	DEMANDA	PESO X UNIDAD EMBALAJE CARGADO	%	COSTO TRANSPORTE EMBALAJE	EFICIENCIA DEL EMBALAJE	NUEVA EFICIENCIA
CANASTA 1	8% Del valor de la factura	\$ 3.000.000	\$ 240.000	40	833,8	29%	\$ 69.843,22	72,20%	77,30%
CANASTA 2				36	936	33%	\$ 78.404,00		
CAJA				48	1095,36	38%	\$ 91.752,78		
					2865,16	100%	\$ 240.000	\$ 173.280	\$ 185.520
							PERDIDA	\$ 66.720	\$ 54.480
							DIFERENCIA	\$ 12.240	
							ALAÑO	\$ 4.467.600	

*Fuente 25: Autores*

## 8.2 FORMULACIÓN DEL MODELO 2: Optimización de la ruta de Transporte:

En este modelo, la variación más importante es la demanda diaria, la cual no será constante, varía dependiendo de los requerimientos del cliente, ya que no existe la posibilidad de que la demanda sea igual o idéntica en un lapso de tiempo determinado; por otra parte, se escogió aleatoriamente la ruta a estudiar, esta ruta es operada por dos tipos de vehículos, uno de 1.5 toneladas y el segundo de 3 toneladas, los cuales deben atender a 80 clientes ubicados en el sector de Cañaveral, Floridablanca y sus alrededores. Y su finalidad fue encontrar la ruta más corta de entregar el producto para los clientes más frecuentes.

### 8.2.1 Variables del modelo 2:

Se parte de la información recopilada en la empresa la cual aporta: demanda diaria, con la cual hacemos un filtro para determinar la frecuencia de compra de los clientes, la ruta como normalmente se hace la distribución por la empresa,

ubicación de los clientes, distancia entre clientes y empresa. La tabla 8 representa lo anterior mencionado:

- ✓ N = conjunto de nodos.
- ✓ A = Distancia entre nodos medida en kilómetros.
- ✓ C = Tipo de Vehículo que cubre la demanda diaria (1.5 toneladas o de 3 toneladas).
- ✓ F = Frecuencia de compra Días/ Mes.
- ✓  $x_{ij}$  = Decisión de arcos incluidos en la trayectoria.

***Tabla 8: Detallado de los clientes más frecuentes***

NODOS	CLIENTE	DIRECCION	BARRIO	FRECUENCIA DIAS/ MES
1	AMPARO VILLABONA	CR 6 39-004 LAGOS 2	LAGOS 2	8
2	ARTURO MARTINEZ	CL 40 6-061 LAGOS 2	LAGOS 2	8
3	BERTHA CARREÑO	CLL 42 4-039 LAGOS 2	LAGOS 2	8
4	JOHANA HERNANDEZ	CR 4 45-06 LAGOS 2	LAGOS 2	8
5	SHIRLEY BLANCO	CLL 5 D 3-88 LAGOS 2	LAGOS 2	9
6	MARTHA LUCIA NAVARRO	CLL 24 # 5- 41 LAGOS 2	LAGOS 2	8
7	ISABEL DIAZ	CLL 43 # 5- 100 LAGOS 2 SECTOR	LAGOS 2	10
8	PAULINO ROA	CLL 43 # 5- 120 LAGOS 2 SECTOR	LAGOS 2	10
9	LEONARDO ZAMBRANO	CR 4 # 48- 006 LAGOS 2 SECTOR	LAGOS 2	10
10	HERNAN RUEDA PINILLA	CLL 45# 4- 104 LAGOS 2 SECTOR	LAGOS 2	9
11	JUAN GOMEZ	CR 7 26-25 LAGOS 3	LAGOS 3	10
12	SILVANA FIGUEROA	TORRE 4 LOCAL 2 PANORAMA	PANORAMA	10
13	NUBIA DURAN BALLESTEROS	CR 28A 195-06 MANANTIAL	MANANTIAL	9
14	EDGAR FERNANDEZ	SEC 5 BLOQ 1- 37 APTO 102 ALTOS DE BELLAVISTA	BELLAVISTA	8
15	NORY RINCON	SECTOR A TORRE 15 LOCAL 3- 1A BELLAVISTA	BELLAVISTA	8
16	SANDRA MILENA LINARES	SEC D TORRE 8 LC 102 BELLAVISTA	BELLAVISTA	8
17	EMILSE MORENO	SEC B T 11 APTO 101-A BELLAVISTA	BELLAVISTA	11
18	GENRY DELGADO	SEC A T 8 LC 104 C BELLAVISTA	BELLAVISTA	8
19	BLANCA L LOZANO	BL 12-2 APTO 102 BUCARICA	BUCARICA	8
20	ELVER PARRA	AV BUCARICA SEC 2 BL 2-4 LC 10-1	BUCARICA	8
21	ALFONSO AMAYA	AVENIDA BUCARICA SEC 4 BL 7- 5 LC 102 BUCARICA	BUCARICA	8
22	ROXANA DUARTE	TORRE 14- 3 LOCAL 102A BUCARICA	BUCARICA	8
23	LUCILA GALVIS	CLL 198 # 33- 142 PARAGUITAS REAL	PARAGUITAS	10
24	LUIS ANTONIO REY	KZ 1 FRENTE CLINICA CAÑAVERAL	CAÑAVERAL	11
25	LUZ DARY BAEZ	FRENTE A LA CLINICA CAÑAVERAL	CAÑAVERAL	11
26	ERIKA GUARIN	FRENTE A CLINICA CAÑAVERAL ORIENTAL	CAÑAVERAL	8
27	JAIME PINZON	CR 3 1 -73 VILLA SAN FRANCISCO	VILLAS DE SAN FRANCISCO	11
28	SANTIAGO BAUTISTA	CR 4 4-37 FLORIDABLANCA	FLORIDA	10
29	JOSE RINCON	CR 30 195A-175 VILLA SAN FRANCISCO	VILLAS DE SAN FRANCISCO	8
30	AURA V. MONTENEGRO	CL 193A 31-14 VILLA JARDIN	VILLA JARDIN	9
31	JAKELINE HERNANDEZ	KM 1 VIA PIEDECUESTA VEREDA LOS CAUCHOS	VEREDA LOS CAUCHOS	9
32	JOHANA PEREZ	KM 1 VIA PIEDECUESTA VEREDA LOS CAUCHOS	VEREDA LOS CAUCHOS	11
33	FANNY HERNANDEZ	CASA 1 VEREDA LOS CAUCHOS	VEREDA LOS CAUCHOS	9
34	DROGERIA GALENO	CR 7 3-019 FLORIDABLANCA	FLORIDA	11
35	CARLOS MARTINEZ	CR 8# 3- 60 FLORIDA	FLORIDA	9
36	MARTHA BLANCO	CR 10 3-053 FLORIDA	FLORIDA	9
37	REYMUNDO ANGARITA	CLL 6 # 10- 074 FLORIDA	FLORIDA	9
38	REYNALDO HERNANDEZ	CR 11 3-069 FLORIDA	FLORIDA	9
39	PATRICIA ELENA PADILLA RAMIREZ	CR 7 # 5- 54 FLORIDA CENTRO	FLORIDA	9

*Fuente 26: Autores*

### **8.2.2 Supuesto del modelo 2:**

Se inicia el modelo dejando claro que se escogió la ruta que es más representativa económicamente para la empresa, la cual es la R3010, que tiene 80 clientes y cubre los sectores de Floridablanca, Cañaveral y sus alrededores. De acuerdo con lo anterior se procede a revisar la frecuencia con la que los clientes compran, luego de esto, se calculan las frecuencias por clientes y si la frecuencia es superior o igual a 8 días por mes, es la que se toma para realizar el análisis y rediseño de la ruta.

Para realizar el diseño de la ruta se apoyó en la operación actual de la red de distribución de la empresa. Para este levantamiento de rutas se hace sobre una base de clientes más representativos de cada vendedor representados en pedidos de productos por día; a continuación se pueden observar el mapa que representa en forma de tachuela roja los clientes de la ruta. El censo nos arroja 39 clientes los cuales representan nuestra muestra a estudio, los vehículos actualmente salen a hacer sus rutas con capacidades utilizadas parcialmente.

En el proceso del diseño de la ruta se hace necesario la marcación de la ubicación de los clientes censados en un mapa de los sectores a estudio (Cañaveral, Floridablanca, Bellavista, Lagos 2, Lagos 3, Bucarica, Panorama, Manantial, Paragüitas, Villas de San Francisco, Villa jardín y Vereda los cauchos), en este proceso se calculan las distancias entre los clientes más cercanos que hay en cada barrio, buscando reducir el tiempo de viaje entre ellos, y luego se procede a calcular las distancias entre los barrios, con el fin de cumplir el principio de que las paradas deben ser continuas de tal manera que ningún camino de la ruta se cruce y la ruta parezca tener forma de una lagrima, una vez alimentada la red de nodos con sus respectivas distancias y número de nodos, procedemos a correr el algoritmo de Floyd en Tora. Ver ilustración 20.

***Ilustración 19: Mapa geográfico de Clientes Frecuentes Ruta 3010***



*Fuente 27: Autores*

**8.2.3 Características de formulación del modelo:**

Función objetivo: Reducción de los costos de transportación encontrando el mejor camino que debe seguir el vehículo en una red de carreteras que minimicen la distancia, encontrando el n-ésimo nodo más cercano al origen.

Restricciones:

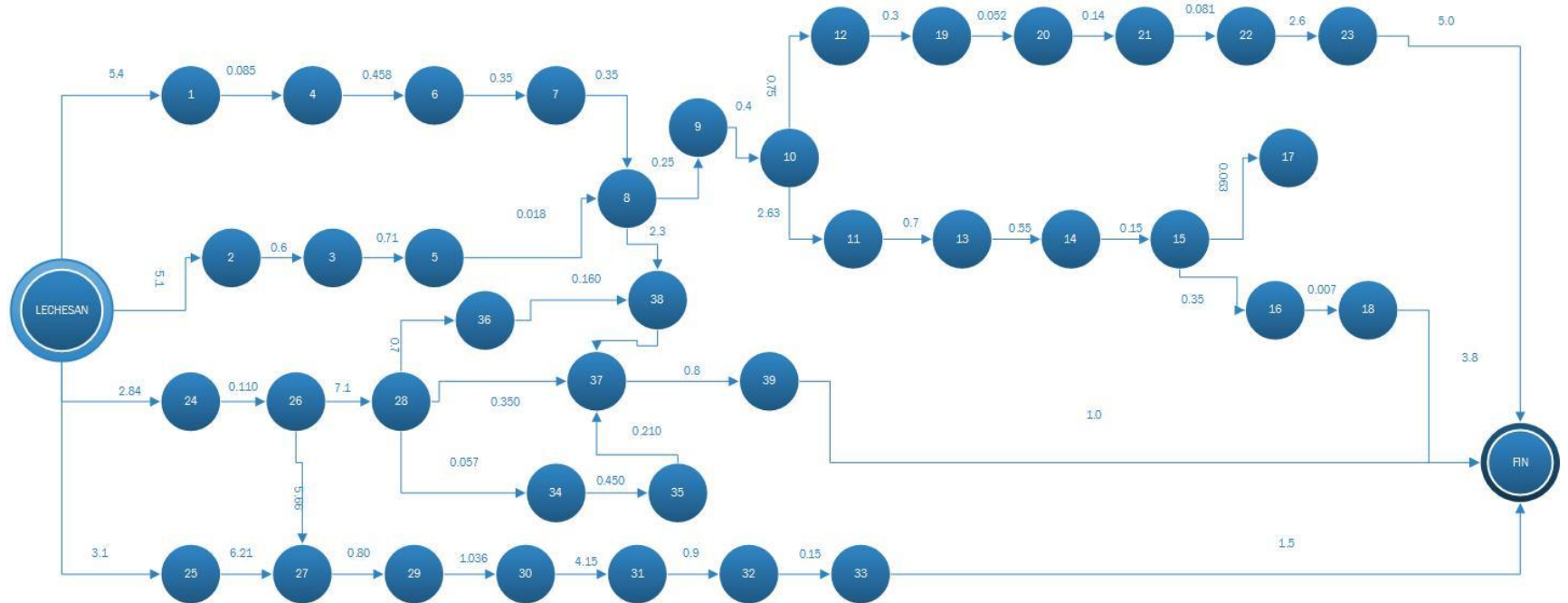
- ✓ A todo cliente se debe satisfacer su demanda
- ✓ Cada nodo resuelto tiene conexión por una ligadura con uno o más nodos no resueltos, el candidato con la distancia más pequeña es el n-ésimo nodo más cercano
- ✓ Los empates proporcionan candidatos adicionales)
- ✓ Se asigna un flujo 1 a un arco si está incluido, mientras que el flujo es 0 si no lo están.

$$x_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si arc } i \rightarrow j \text{ no está incluido} \\ 1 & \text{si arc } i \rightarrow j \text{ sí está incluido} \end{cases}$$

(7)

- ✓ El flujo neto generado en un nodo es el flujo que sale menos el flujo que entra, de manera que el flujo neto es 1 en el origen, -1 en el destino y 0 en el resto de los nodos. Ver ilustración 21.

***Ilustración 20: Representación en forma de red del problema de la ruta 3010***



*Fuente 28: Autores*

#### **8.2.4 Optimización con el algoritmo de FLOYD:**

El problema que intenta resolver este algoritmo es el de encontrar el camino más corto entre todos los pares de nodos o vértices de un grafo. Esto es semejante a construir una tabla con todas las distancias mínimas entre pares de ciudades de un mapa, indicando además la ruta a seguir para ir de la primera ciudad a la segunda. Este es uno de los problemas más interesantes que se pueden resolver con algoritmos de grafos.

Para realizar la optimización con el algoritmo de Floyd el cual trabaja con un intercambio de operación triple que es aplicado a la matriz de distancias por medio de los siguientes pasos: como primera instancia tomamos el grafico 5, el cual representa el flujo del proceso de distribución de los clientes más representativos en la ruta 3010 para LECHESAN S.A. en este grafico se puede visualizar las distancias entre nodos, la cantidad de nodos y el tamaño del flujo.



**Tabla 10: Matriz de Secuencia de nodos So**

So																																												
LECHESAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41			
1	1																																											
2	1	2																																										
3	1	2	3																																									
4	1	2	3	4																																								
5	1	2	3	4	5																																							
6	1	2	3	4	5	6																																						
7	1	2	3	4	5	6	7																																					
8	1	2	3	4	5	6	7	8																																				
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																			
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																		
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																	
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																															
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																														
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																													
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																												
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17																											
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																										
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																									
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																								
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21																							
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22																						
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																					
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																				
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																			
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																		
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27																	
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29															
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30														
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31													
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32												
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33											
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34										
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35									
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37							
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38						
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39					
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40				

**Fuente 30: Autores**



**Tabla 12: Matriz S1**

		S1																																																						
	LECHESAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	FN															
LECHESAN		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41															
1	1																																																							
2	1	2																																																						
3	1	2	3																																																					
4	1	2	3	4																																																				
5	1	2	3	4	5																																																			
6	1	2	3	4	5	6																																																		
7	1	2	3	4	5	6	7																																																	
8	1	2	3	4	5	6	7	8																																																
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																															
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																														
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																													
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																												
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																																											
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14																																										
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																									
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16																																								
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17																																							
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																						
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																																					
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21																																				
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21																																			
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22																																		
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23																																	
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24																																
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25																															
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26																														
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27																													
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28																												
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29																											
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																										
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																									
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32																								
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33																							
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34																						
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35																					
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																				
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																			
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38																		
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39																	
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40																







**Tabla 16: Matriz de secuencia de nodos S40 iteración 40**

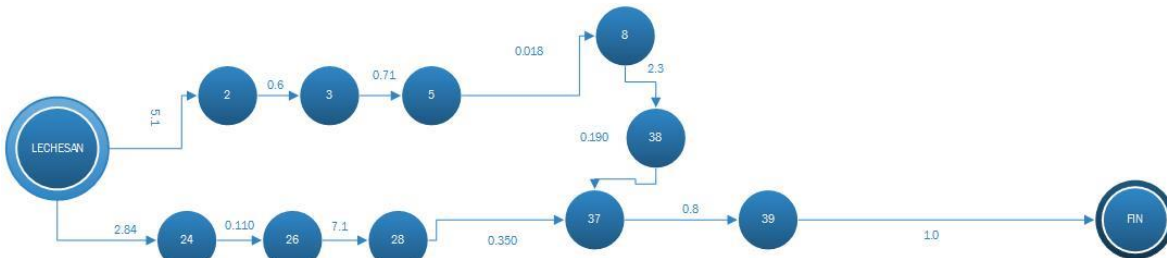
S40																																										
	LECHESAN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	FIN	
LECHESAN		2	3	3	2	4	5	7	6	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	25	27	27	28	30	31	32	33	34	29	35	29	39	9	39	40
1	1		3	4	5	6	5	7	8	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	40	
2	1	2		4	5	4	7	8	6	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	40	
3	1	2	3		5	6	7	8	6	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	40	
4	1	2	3	4		6	7	7	8	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	40	
5	1	2	3	4	5		7	8	9	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	40	
6	1	2	3	4	5	6		8	8	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	19	
7	1	2	3	4	5	6	7		9	9	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	19	
8	1	2	3	4	5	6	7	8		10	10	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	9	39	19	
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		11	11	11	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	24	
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		12	13	12	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	19	
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		13	14	14	15	16	16	17	13	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	19	
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	19	
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		15	15	16	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	19	
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		16	16	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		17	18	17	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	24	
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	24	
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	24	
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		21	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	24	
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21		22	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21		23	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	34	
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	40	
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24		26	27	27	28	30	31	32	33	34	29	35	37	38	39	40	34	
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25		27	28	29	28	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	40	
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26		28	29	28	30	31	32	33	29	35	29	29	38	38	34	
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27		29	30	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	34	
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28		30	31	32	33	34	35	35	29	29	38	38	34	
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29		31	31	32	33	35	36	37	38	39	40	34	
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		32	32	33	35	36	37	38	39	38	41	
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		33	33	35	36	37	38	39	40	40	
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		34	35	36	37	38	39	40	41	
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		35	36	37	38	39	40	41	
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		36	37	36	38	38	40	
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		37	38	38	38	40	
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		38	39	40	41	
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		39	40	40	
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		38	40	
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		41	
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		

Las matrices finales  $D_{40}$  y  $S_{40}$  contienen toda la información necesaria para determinar la ruta más corta entre los dos nodos definidos así: Lechesan y Fin. Por ejemplo, desde  $D_{40}$ , la distancia más corta del nodo 1 al nodo 41 es  $d_{1-41} = 8$  kilómetros. Para determinar esta ruta se aplican las siguientes reglas:

1.  $D_{ij}$ , a partir de  $D_n$ , da la ruta más corta entre los nodos  $i$  y  $j$ .
2. A partir de  $S_n$ , determine el nodo intermedio  $k = S_{ij}$  que da resultado la ruta  $i \rightarrow k \rightarrow j$ . Si  $s_{ik} = k$  y  $s_{kj} = j$ , deténgase; todos los nodos intermedios de la ruta han sido encontrados. De lo contrario, repita el procedimiento entre los nodos  $i$  y  $k$  y entre los nodos  $k$  y  $j$ .

Como  $s_{1-41} = 40 \neq 41$ , la ruta inicialmente se da como  $1 \rightarrow 40 \rightarrow 41$ . Ahora bien, como  $s_{1-40} = 39 \neq 40$ , el segmento  $(1,39)$  no es un vínculo directo, y  $1 \rightarrow 39 \rightarrow 40 \rightarrow 41$  reemplaza a  $1 \rightarrow 41$ , y la ruta  $1 \rightarrow 40 \rightarrow 41$  ahora se vuelve  $1 \rightarrow 39 \rightarrow 40 \rightarrow 41$ . Luego como  $s_{1-39} = 9$ ,  $s_{39-40} = 38$ , y  $s_{40-41} = 41$ , no se requieren más disecciones, y  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 39 \rightarrow 38 \rightarrow 40 \rightarrow 41$  define la ruta más corta. Ver ilustración

**Ilustración 21: Resultado de la optimización de la ruta**



Fuente 33: Autores

En la Tabla 17 se proponen las rutas más cortas desde LECHESAN hasta cada uno de los 39 clientes obtenida con el algoritmo de Floyd, permitiendo reducir el tiempo de distribución ya que, actualmente cuando se necesita llevar un pedido a un cliente, repiten la ruta completa.

**Tabla 17: Propuesta de Ruta más Corta desde LECHESAN hasta los 39 Clientes**

<b>IR AL CLIENTE</b>	<b>PASAR POR LOS CLIENTES</b>
CLIENTE 2	Pasar por el cliente 3
CLIENTE 3	Ruta directa
CLIENTE 4	Pasa por el cliente 2
CLIENTE 5	Pasar por el cliente 3, 2 y 4
CLIENTE 6	Pasar por el cliente 3, 2, 4, y 5
CLIENTE 7	Ruta directa
CLIENTE 8	Pasar por el cliente 3, 2, 4, 5, Y 6
CLIENTE 9	Ruta directa
CLIENTE 10	Ruta directa
CLIENTE 11	Ruta directa
CLIENTE 12	Pasar por el cliente 11
CLIENTE 13	Pasar por el cliente 11, y 12
CLIENTE 14	Ruta directa
CLIENTE 15	Ruta directa
CLIENTE 16	Ruta directa
CLIENTE 17	Pasar por el cliente 16
CLIENTE 18	Pasar por el cliente 16, y 17
CLIENTE 19	Pasar por el cliente 11, 12 y 13
CLIENTE 20	Ruta directa
CLIENTE 21	Ruta directa
CLIENTE 22	Ruta directa
CLIENTE 23	Ruta directa
CLIENTE 24	Pasar por el cliente 25
CLIENTE 25	Pasar por el cliente 26
CLIENTE 26	Pasar por el cliente 25
CLIENTE 27	Ruta directa
CLIENTE 28	Pasar por el cliente 27
CLIENTE 29	Pasar por el cliente 27 y 28
CLIENTE 30	Ruta directa
CLIENTE 31	Ruta directa
CLIENTE 32	Ruta directa
CLIENTE 33	Ruta directa
CLIENTE 34	Pasar por el cliente 27, 28 y 29
CLIENTE 35	Ruta directa
CLIENTE 36	Pasar por el cliente 27, 28 y 29
CLIENTE 37	Pasar por el cliente 39
CLIENTE 38	Pasar por el cliente 9
CLIENTE 39	Ruta directa

*Fuente 34: Autores*

### **8.2.5 Comprobación de la optimización de FLOYD a través de Algoritmos Genéticos.**

Para la comprobación de la optimización de FLOYD a través de Algoritmos Genéticos, nos basamos en el algoritmo propuesto en el libro algoritmos evolutivos: Un enfoque práctico, el cual fue construido por Lourdes Araujo y Carlos cervigón, y está basado en el estudio de los algoritmos evolutivos y la aplicación a problemas reales de cualquier disciplina del conocimiento. El libro parte de las notas de los cursos impartidos durante los últimos seis años por los autores en la asignatura *programación evolutiva*, en la ingeniería informática de la Universidad Complutense.

El libro se encuentra dividido en 2 partes: la primera en la que se describen los algoritmos y la segunda en la que se ponen en práctica en varios proyectos propuestos y se resuelven empleando estas técnicas.

En la Ilustración 23 se puede observar una captura del algoritmo genético propuesto en (Araujo & Cervigon, 2009) utilizado en la comprobación de la solución aportada por el algoritmo de Floyd en C++.

En la Tabla 18 se puede observar que el algoritmo genético, no encuentra una mejor solución al problema, que el encontrado por el algoritmo de FLOYD; por lo que se comprueba que esta es la solución óptima.

**Ilustración 22: Captura del algoritmo genético en C++**

```

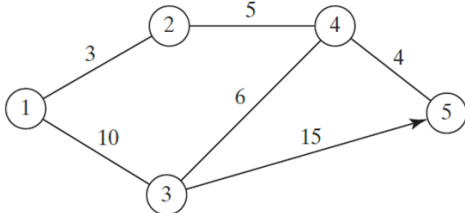
int vect1[10];
int vect2[10];
int B[10][10];
public:
void ingresar();
void nodointer();
void flويد();
void mostrar1();
void mostrar2();
void preguntar();
};
void ::ingresar()
{
    cout<<"Caso Lechesan:ingrese numero de nodos";
    cin>>n;
    for(i=1;i<=n;i++)
    {
        for(j=1;j<=n;j++)
        {
            cout<<"Caso Lechesan:ingrese matriz de ["<i>i</i>][<i>j</i>]";
            cin>>A[i][j];
        }
    }
}
void ::nodointer()
{
    int i,j;
    for(i=1;i<=6;i++)
    {
        for(j=1;j<=6;j++)
        {
            if(i==j)
                B[i][j]=0;
            else B[i][j]=
        }
    }
}
void ::()
{
    int bucle,i,j,sur;
    for(bucle=1;bu

```

```

Caso Lechesan:ingrese numero de nodos5
Caso Lechesan:ingrese matriz de [1][1] 0
Caso Lechesan:ingrese matriz de [1][2] 3
Caso Lechesan:ingrese matriz de [1][3] 10
Caso Lechesan:ingrese matriz de [1][4] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [1][5] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [2][1] 3
Caso Lechesan:ingrese matriz de [2][2] 0
Caso Lechesan:ingrese matriz de [2][3] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [2][4] 5
Caso Lechesan:ingrese matriz de [2][5] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [3][1] 10
Caso Lechesan:ingrese matriz de [3][2] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [3][3] 0
Caso Lechesan:ingrese matriz de [3][4] 6
Caso Lechesan:ingrese matriz de [3][5] 15
Caso Lechesan:ingrese matriz de [4][1] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [4][2] 5
Caso Lechesan:ingrese matriz de [4][3] 6
Caso Lechesan:ingrese matriz de [4][4] 0
Caso Lechesan:ingrese matriz de [4][5] 4
Caso Lechesan:ingrese matriz de [5][1] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [5][2] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [5][3] 9999
Caso Lechesan:ingrese matriz de [5][4] 4
Caso Lechesan:ingrese matriz de [5][5] 0
Caso Lechesan:imprime distancias optimas
0310812
301159
10110610
85604
1291040
Caso Lechesan:imprime matriz nodos intermedios
02324
10444
14044
22305
44440
Caso Lechesan:de que vertice a que vertice quiere ir :
1
5
Caso Lechesan:distancia minima
12
Caso Lechesan:pasa por el 4y despues por el 5

```



	1	2	3	4	5
1	-	3	10	8	12
2	3	-	11	5	9
3	10	11	-	6	10
4	8	5	6	-	4
5	12	9	10	4	-

	1	2	3	4	5
1	-	2	3	2	4
2	1	-	4	4	4
3	1	4	-	4	4
4	2	2	3	-	5
5	4	4	4	4	-

Fuente 35: Autores



En la Tabla 19 se puede observar las rutas más cortas de toda la red. Es importante resaltar que el algoritmo genético no encuentra rutas más cortas desde LECHESAN a cualquiera de los hasta cada uno 39 clientes dando como resultado la misma relación presentada en la Tabla 13.

**Tabla 19: Propuesta de Ruta más Corta desde LECHESAN hasta los 39 Clientes**

IR AL CLIENTE	PASAR POR LOS CLIENTES
CLIENTE 2	Pasar por el cliente 3
CLIENTE 3	Ruta directa
CLIENTE 4	Pasa por el cliente 2
CLIENTE 5	Pasar por el cliente 3, 2 y 4
CLIENTE 6	Pasar por el cliente 3, 2, 4, y 5
CLIENTE 7	Ruta directa
CLIENTE 8	Pasar por el cliente 3, 2, 4, 5, Y 6
CLIENTE 9	Ruta directa
CLIENTE 10	Ruta directa
CLIENTE 11	Ruta directa
CLIENTE 12	Pasar por el cliente 11
CLIENTE 13	Pasar por el cliente 11, y 12
CLIENTE 14	Ruta directa
CLIENTE 15	Ruta directa
CLIENTE 16	Ruta directa
CLIENTE 17	Pasar por el cliente 16
CLIENTE 18	Pasar por el cliente 16, y 17
CLIENTE 19	Pasar por el cliente 11, 12 y 13
CLIENTE 20	Ruta directa
CLIENTE 21	Ruta directa
CLIENTE 22	Ruta directa
CLIENTE 23	Ruta directa
CLIENTE 24	Pasar por el cliente 25
CLIENTE 25	Pasar por el cliente 26
CLIENTE 26	Pasar por el cliente 25
CLIENTE 27	Ruta directa
CLIENTE 28	Pasar por el cliente 27
CLIENTE 29	Pasar por el cliente 27 y 28
CLIENTE 30	Ruta directa
CLIENTE 31	Ruta directa
CLIENTE 32	Ruta directa
CLIENTE 33	Ruta directa
CLIENTE 34	Pasar por el cliente 27, 28 y 29
CLIENTE 35	Ruta directa
CLIENTE 36	Pasar por el cliente 27, 28 y 29
CLIENTE 37	Pasar por el cliente 39
CLIENTE 38	Pasar por el cliente 9
CLIENTE 39	Ruta directa

*Fuente 36: Autores*

## 9. ACTIVIDADES A DESARROLLAR:

Para el cumplimiento de los objetivos planteados para la empresa LECHESAN S.A, se planearon las siguientes actividades, ver tabla 20:

**Tabla 20: Actividades para el desarrollo del proyecto**

ETAPAS	ACTIVIDADES
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recolección de información de la empresa, asociada al problema.</li><li>• Revisión de la información.</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Función objetivo.</li><li>• Determinación de variables</li><li>• Determinación de restricciones del modelo</li><li>• Construcción del algoritmo.</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesamiento y análisis de la información arrojada.</li><li>• Selección de las mejores alternativas de costo.</li><li>• Presentación de la propuesta a los directivos.</li></ul>

*Fuente 37: Autores*

## **10. CONCLUSIONES:**

- Se optimizó el espacio de los furgones mediante el software CargoWiz, maximizando el espacio de carga en los contenedores, cumpliendo con el límite de peso de la capacidad del vehículo, teniendo en cuenta el tipo de embalajes, y tipo de vehículos a emplear.
- Los resultados de la optimización del espacio de acuerdo al tipo de embalaje y tipo de camión se presentaron en la Tabla 5 para camiones de 1.5 Toneladas, en donde se refleja que haciendo el cambio de embalajes y de sus respectivos contenidos, se obtiene un mayor aprovechamiento en lo que respecta al peso del producto que aumento 130 kg al total del peso, y el volumen paso de ser 73,3% (condición inicial del embalaje en camión de 1.5 Toneladas) a 77,3% (embalaje propuesto en camión de 1.5 Toneladas) dentro del vehículo, obteniéndose una reducción de costos de \$2'102.400. En el caso de camiones de 3 Toneladas los resultados se presentan en la Tabla 7 se obtiene un mayor aprovechamiento en lo que respecta al peso del producto que aumento 112 kg al total del peso, y el volumen que paso de ser 72,2% (condición inicial del embalaje en camión de 3 Toneladas) a 75,6% dentro del vehículo (embalaje propuesto en camión de 3 Toneladas), obteniéndose una reducción de costos de 4'467.600.
- Se utilizaron diferente herramienta para la resolución del problema de caso de la ruta más corta para Lechesan. En el caso de la ruta más corta, en una fase inicial se planteó como un problema de programación lineal a resolver con el Solver (Excel), el cual por capacidad no dio solución.
- Igualmente se optimizó la ruta de transporte a partir de la aplicación del algoritmo de Floyd y su posterior comprobación a partir del algoritmo genético, con el fin de aportar en el proceso de toma de decisiones estratégicas y tácticas. En la Tabla 13 se propuso las rutas más cortas desde LECHESAN hasta cada uno 39 clientes obtenida con el algoritmo de Floyd y corroboradas por el algoritmo genético, permitiendo reducir el tiempo de distribución ya que, actualmente cuando se necesita llevar un pedido a un cliente, repiten la ruta completa.
- Finalmente resaltar que, el algoritmo genético, no encuentra una mejor solución

al problema, que el encontrado por el algoritmo de FLOYD; por lo que se comprueba que esta es la solución óptima; teniendo en cuenta la ruta de transporte, el número de clientes, distancia entre cada uno de ellos y partiendo que el punto de arranque es la empresa LECHESAN S.A.

## **11. RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda la adopción de herramientas expuestas en este caso aplicado, como lo es el software CargoWiz, que permite a las empresas optimizar sus operaciones, a través de la utilización de modelos de optimización, que a la vez aportan positivamente no solo en los objetivos de toda la empresa de hacer eficientes sus operaciones, sino que a la vez, permite minimizar los costos de las mismas.
- Se recomienda utilizar la metodología usada, y el diseño del modelo de optimización, para las otras rutas de la empresa de consumo masivo LECHESAN S.A, haciendo más eficiente la entrega del producto terminado, reduciendo costos, y dándole un mejoramiento continuo.
- Incentivar el uso de lenguajes de programación en los estudiantes de ingeniería industrial que permita adquirir las competencias necesarias al momento de desarrollar este tipo de investigaciones.

## 12. BIBLIOGRAFÍA:

- AECOC. (2008). *GUIA PARA ESCOGER EL SOFTWARE EDI*. AECOC, Madrid. Recuperado el 18 de 03 de 2014, de file:///C:/Users/PC/Downloads/Guia\_para\_escoger\_un\_Software\_EDI\_Sep\_08.pdf
- Alejandro F. (2010).
- Araujo, L., & Cervigon, C. (2009). *ALGORITMOS EVOLUTIVOS: Un enfoque práctico* (Primera ed.). Mexico: Alfaomega RA-MA. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014
- BALLOU, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* (Quinta Edición ed.). Mexico: Pearson Educacion. Recuperado el 18 de Septiembre de 2014
- BALLOU, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. pearson education. Recuperado el 22 de 01 de 2014
- BASTOS Boubeta, A. I. (2013). *Distribución logística y comercial: La logística en la empresa* (Primera Edición ed.). Madrid: Gesbiblo. Recuperado el 18 de 01 de 2014
- Beamon, B. M. (1998). Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281-294. Recuperado el 30 de 04 de 2014
- Benavente, M., & Bustos, J. (s.f.). Estado del Arte en el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP). *Estado del Arte en el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)*. Chile. Recuperado el 27 de 10 de 2014
- BLANCO Rivero, L. E., & FAJARDO Piedrahita, I. D. (2003). *Simulación con ProModel: Casos de Producción y Logística*. (Segunda Edición ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 18 de 03 de 2014
- CERVIGON, C., & ARAUJO, L. (2009). *ALGORITMOS EVOLUTIVOS: Un enfoque práctico* (Primera ed.). México: Alfaomega Ra-Ma. Recuperado el

26 de 09 de 2014

- CHASE, R. B., JACOBS, F. R., & AQUILANO, N. J. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES : Producción y Cadena de Suministro* (Duodécima ed.). Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 05 de 05 de 2014
- Collazo C. (2013).
- Collazos Valencia, C. J. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta. Caso de estudio planta procesadora de alimentos*, 84. Manizales, Colombia. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- De Armas Adrian, J. (12 de 2011). Problemas de corte: Métodos exactos y aproximados para formulaciones mono y multi-objetivo. España. Recuperado el 27 de 10 de 2014
- Domier, P. P., Ernst, R., Fender, M., & Kouvelis, P. (2003). *Global operations and logistics: text and cases* (Segunda ed.). New York: John Wiley & Sons. Recuperado el 16 de Mayo de 2014
- DUARTE Muñoz, A. (2007). *METAHEURÍSTICAS*. Madrid: DYKINSON.
- EPPEN, G. (1992). *Investigación de Operaciones en la ciencia administrativa*. México: Pretice hall hispanoamericana. Recuperado el 18 de 03 de 2014
- Garcés Ramírez, C. D. (2010). *Modelo de entregas directas para la reduccion de costos logísticos de distribución en empresas de consumo masivo. Aplicacion en una empresa piloto de Caldas*, 115. Manizalez, Colombia. Recuperado el 22 de 11 de 2014
- Gutiérrez Casa, G. (1998). *Logística y distribución física*. Madrid: Mc Graw Hill. Recuperado el 16 de Mayo de 2014
- HILLIER, F. S., & LIEBERMAN, G. J. (2010). Método Heurístico. En *INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES* (Novena edición ed., pág. 563). México: Mc Graw Hill. Recuperado el 14 de 03 de 2014
- Jácome Chica, D. F. (2013). *Elaboración de un modelo de simulación de la ruta T3 del sistema de transporte integrado masivo de metrolínea en la*

ciudad de Bucaramanga utilizando el paquete computarizado Arena, 93. Bucaramanga.

- Jordi, P. C. (2001). *Manual de logística integral*. Buenos Aires: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 16 de mayo de 2014
- Kant, R., Stenger, A., & Wu, H. J. (1994). Training Future Logistic Manager: Logistic Strategies within the Corporate Framework. *Journal of Business Logistics*, 15(2), 249-260.
- Koontz & Wehrich. (2004). *Administración una perspectiva global*. McGraw Hill. Recuperado el 22 de 01 de 2014
- Lambert, D. M., Stock , J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. Singapore: McGraw Hill. Recuperado el 16 de mayo de 2014
- Marti, R. (s.f.). *Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria*. *Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria*. España. Recuperado el 27 de 10 de 2014
- Mc Graw Hill. (2009). *ADMINISTRACION DE OPERACIONES Producción y Cadena de Suministro*. Mc Graw Hill.
- MERCADO, S. (2004). *Mercadotecnia programada* (Segunda Edición ed.). (G. N. Editores, Ed.) México: Limusa S.A. Recuperado el 22 de 01 de 2014
- Moreno J. (2004).
- Muñoz Justicia, J. (2005). *Análisis cualitativo de datos textuales con ATLAS.ti 5*. Universidad Autonoma de Barcelona, Barcelona. Recuperado el 18 de 03 de 2014, de [http://www.fcp.uncu.edu.ar/upload/Atlas5\\_manual.pdf](http://www.fcp.uncu.edu.ar/upload/Atlas5_manual.pdf)
- Murphy, P. R., & Wood, D. F. (2008). *Contemporary logistics*. New Jersey: Pearson Prentice Hall. Recuperado el 16 de Mayo de 2014
- Otero R. (2006).
- Rey, M. F. (2004). *Análisis de costo total de logística en empresas colombianas*. *Catalogo de Logística*. Recuperado el 16 de mayo de 2014
- REY, M. F. (2005). Analisis del costo total de logistica en empresas Colombianas 2004-2005. *Catalogo de logistica*, 10-12. Recuperado el 20 de 10 de 2014

- RIOS Insua, D., & RIOS Insua Sixto, M. J. (2008). *Simulación Métodos y Aplicaciones* (Segunda Edición ed.). Santafé de Bogotá: Alfa Omega. Recuperado el 18 de 03 de 2014
- Rodriguez C. (2011).
- Santos, I. S. (s.f.). *Logística y Marketing para la Distribución Comercial*. Madrid: ESIC.
- SENA. (2010). *Gestión Logística*. Obtenido de <http://gestionlogistica-sena.blogspot.com/2010/06/sistemas-de-almacenamiento-picking-y.html>
- *Servinformacion*. (2012). Obtenido de <http://www.servinformacion.com/?q=100/informacion-geografica-sig/georeferenciador>
- Simchi Levi, D. (2005). *The logic of logistics: Theory, algorithms, and applications for logistics and supply chain management*. USA. Recuperado el 16 de mayo de 2014
- Softtruck. (2007). *CargoWiz*. Recuperado el 20 de 09 de 2014, de por Softtruck: [http://www.softtruck.com/feature\\_details.htm](http://www.softtruck.com/feature_details.htm)
- Soret, I. (s.f.). *Logística y operación en la empresa*. Madrid: ESIC. Recuperado el 30 de 04 de 2014
- Stock, G. N., Greis, N. P., & Kasarda, J. D. (1999). Logistic, strategy and structure: A conceptual framework. *Internacional Journal of Operations and Production Management*, 29(4), 224-239.
- TAHA, H. (2004). *Investigación de Operaciones* (Séptima Edición ed.). México: Mc Graw Hill. Recuperado el 15 de 03 de 2014
- TAHA, H. A. (2012). *INVESTIGACION DE OPERACIONES*. México: PEARSON EDUCACION. Recuperado el 29 de 09 de 2014
- Zambrano Rengifo, J. J., & Lopez Castro, E. (2012). *Diseño de optimización del modelo de la red de distribución y transporte de empresa panificadora de productos de consumo masivo.*, 192. Cali, Santiago de Cali.

