



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN ALGORITMO GENÉTICO PARA MEJORAR EL USO  
DEL ESPACIO DISPONIBLE EN LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE  
PRODUCTO TERMINADO DE LA EMPRESA VASOS VENZOLANOS C.A**

**Tutor:**

PROF., Enrique Pérez

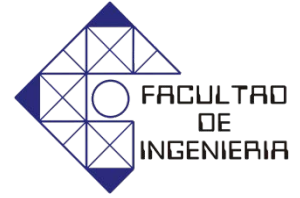
**Autores:**

CEDEÑO V., Ana I  
HUMBRIA U., Eduardo E

Naguanagua, Noviembre 2010.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN ALGORITMO GENÉTICO PARA MEJORAR EL USO  
DEL ESPACIO DISPONIBLE EN LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE  
PRODUCTO TERMINADO DE LA EMPRESA VASOS VENZOLANOS C.A**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo,  
para optar al Título de Ingeniero Industrial.

**Tutor:**

PROF., Enrique Pérez

**Autores:**

CEDEÑO V., Ana I  
HUMBRIA U., Eduardo E

Naguanagua, Noviembre 2010.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN ALGORITMO GENÉTICO PARA MEJORAR EL USO  
DEL ESPACIO DISPONIBLE EN LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE DE  
PRODUCTO TERMINADO DE LA EMPRESA VASOS VENZOLANOS C.A**

**AUTORES:**

**CEDENO V., Ana I**

**HUMBRIA U., Eduardo E**

**TUTOR:**

**PROF., Enrique Pérez**

**Ano: 2010**

**RESUMEN**

Vasos Venezolanos C.A es una empresa encargada de la fabricación de productos de plástico para el consumo masivo e industrial. En la actualidad la empresa tiene problemas en cuanto al uso eficiente de sus recursos, específicamente de los vehículos de transporte utilizados para despachar sus productos. En el presente trabajo especial de grado se diseñó un algoritmo genético que consiste en un método de búsqueda aleatorio inspirado en la evolución natural, se genera un grupo de soluciones al problema que serán los individuos o cromosomas, el fenotipo de un individuo está representado por los genes que expresan sus distintos atributos, cada gen está conformado por vehículos de transporte y cajas. El algoritmo utiliza una función de aptitud (fitness) para saber que tan "buena" es la solución que se está codificando con el propósito de penalizar los individuos menos aptos o con peor desempeño y así evaluar el desperdicio de espacio en los vehículos de transporte. Mediante la ejecución del mismo se evaluaron los distintos resultados obtenidos en relación al uso del espacio disponible en los vehículos de transporte de la empresa, con la finalidad de mejorar el proceso de planificación y toma de decisiones en el departamento de selección del vehículo a utilizar para despachar cierta cantidad de cajas con producto terminado y la ejecución de la distribución de las mismas dentro del espacio disponible, donde la aplicación definitiva de esta metodología elimine la subjetividad de la ejecución de estas tareas.

Palabras claves: algoritmo genético, logística, función de aptitud.



## ÍNDICE GENERAL.

	<b>Pág.</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	xiii
<b>Índice de tablas</b> .....	xvii
<b>Resumen</b> .....	xviii
<b>Introducción</b> .....	19
<b>Capítulo I: El problema.</b>	
<b>I.1 Generalidades de la empresa</b> .....	23
<b>I.1.1 Ubicación</b> .....	23
<b>I.2 Misión y Visión</b> .....	24
<b>I.2.1 Misión</b> .....	24
<b>I.2.2 Visión</b> .....	24
<b>I.2.3 Valores</b> .....	24
<b>I.2.4 Productos</b> .....	25
<b>I.3 Planteamiento del problema</b> .....	28
<b>I.4 Objetivos</b> .....	32
<b>I.4.1 Objetivo General</b> .....	32
<b>I.4.2 Objetivos Específicos</b> .....	32
<b>I.5 Alcance</b> .....	33
<b>I.6 Limitaciones</b> .....	33



I.7 Justificación.....	34
<b>Capítulo II: Marco Teórico.</b>	
II.1 Antecedentes.....	39
II.2 Bases Teóricas.....	40
II.2.1 Logística.....	40
II.2.2 Algoritmo.....	42
II.2.3 Problemas de Ubicación.....	42
II.2.4 Problemas optimización combinatoria.....	42
II.2.5 Strip Packing Problem.....	43
II.2.6 Heurística.....	44
II.2.7 Metaheurística.....	44
II.3 Algoritmos Genéticos.....	45
II.3.1 Historia e introducción.....	45
II.3.2 Ventajas y Desventajas.....	50
II.3.3 Características de los algoritmos genéticos.....	50
II.3.4 Aplicaciones de los Algoritmos Genéticos.....	51
II.3.5 Limitaciones.....	52
II.3.6 Función de Aptitud.....	53
II.3.7 Estrategia de Selección.....	53
II.3.8 Operadores Genéticos.....	53



### **Capítulo III: Marco Metodológico.**

<b>III.1</b> Metodología.....	58
<b>III.1.1</b> Tipo de Investigación.....	58
<b>III.1.2</b> Diseño de la investigación.....	58
<b>III.1.3</b> Fuentes de información.....	59
<b>III.1.4</b> Extracción y recopilación de la información.....	59
<b>III.1.5</b> Entrevista.....	60
<b>III.1.6</b> Diagrama Causa – Efecto.....	60
<b>III.1.7</b> Fases de la investigación.....	61
<b>III.1.8</b> Herramientas para programar.....	62

### **Capítulo IV: Situación Actual.**

<b>IV.1</b> Descripción de los procesos.....	65
<b>IV.1.1</b> Proceso de Planificación.....	65
<b>IV.1.2</b> Proceso de distribución.....	66
<b>IV.2</b> Descripción de la situación problemática.....	68
<b>IV.3</b> Cajas Relacionadas.....	72
<b>IV.3.1</b> Dimensiones de las cajas.....	73
<b>IV.4</b> Vehículos de transportes seleccionados.....	74
<b>IV.4.1</b> Dimensiones de los vehículos de transporte.....	75



## Capítulo V: Diseño del Algoritmo Genético.

V.1 Algoritmo Genético Planteado.....	77
V.1.1 Función de Aptitud o Evaluación.....	78
V.1.1.1 Cantidad de Vehículos.....	78
V.1.1.2 Espacio Sobrante en Vehículos.....	79
V.1.1.3 Ordenamiento de la mercancía.....	81
V.1.3 Representación de los individuos.....	81
V.1.4 Tamaño de la población.....	83
V.1.5 Selección.....	84
V.1.6 Mutación.....	84
V.1.7 Cantidad de generaciones.....	85
V.2 Carta Estructurada del Algoritmo Diseñado.....	86
V.2.1 Manejador de Base de Datos Access de Microsoft.....	89

## Capítulo VI: Análisis de los Resultados.

### VI.1 RESULTADOS

VI.1.1 Tamaño de la población y cantidad de generaciones.....	91
VI.1.2 Porcentaje de selección.....	92
VI.1.3 Porcentaje de mutación.....	92
VI.1.4 Caso N°1.....	94
VI.1.5 Caso N°2.....	99



<b>VI.1.6</b> Caso N°3.....	103
<b>VI.1.7</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°1. ....	108
<b>VI.1.8</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°2.....	110
<b>VI.1.9</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°3.....	111
<b>VI.1.10</b> Caso N°4.....	113
<b>VI.1.10.1</b> Tipo de vehículo.....	114
<b>VI.1.10.2</b> Ordenamiento de las cajas.....	115
<b>VI.1.11</b> Caso N°5.....	121
<b>VI.1.11.1</b> Tipo de vehículo.....	122
<b>VI.1.11.2</b> Ordenamiento de las cajas.....	123
<b>VI.1.12</b> Caso N°6.....	127
<b>VI.1.12.1</b> Tipo de Vehículo.....	129
<b>VI.1.12.2</b> Ordenamiento de las cajas.....	131
<b>Conclusiones</b> .....	135
<b>Recomendaciones</b> .....	137
<b>Bibliografía</b> .....	139
<b>Anexos</b> .....	142



**ÍNDICE DE FIGURAS.**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N° 1.</b> Ubicación de la empresa.....	23
<b>Figura N° 2.</b> Productos de la empresa.....	26
<b>Figura N° 3.</b> Productos de la empresa.....	26
<b>Figura N° 4.</b> Diagrama de los pasos de un algoritmo genético.....	48
<b>Figura N° 5.</b> Operador de Cruce.....	55
<b>Figura N° 6.</b> Operador de Mutación.....	56
<b>Figura N° 7.</b> Diagrama de flujo.....	67
<b>Figura N° 8.</b> Diagrama Causa – Efecto de la situación problemática.....	70
<b>Figura N° 9.</b> Resultados de las ordenes de despacho.....	71
<b>Figura N°10.</b> Cantidad de cajas existentes Versus cajas seleccionadas.....	72
<b>Figura N° 11.</b> Porcentaje que representan las cajas seleccionadas con respecto a los despachos importantes.....	73
<b>Figura N° 12.</b> Cabinas de los vehículos.....	74
<b>Figura N° 13.</b> Ejemplo del vehículo.....	79
<b>Figura N° 14.</b> Ordenamiento.....	81
<b>Figura N° 15.</b> Representación de un individuo.....	83
<b>Figura N° 16.</b> Ejemplo del funcionamiento de la tasa de mutación.....	85
<b>Figura N° 17.</b> Diagrama de flujo del algoritmo genético propuesto.....	86



<b>Figura N° 18.</b> Representación esquemática del algoritmo genético implementado en Visual Basic.....	87
<b>Figura N° 19.</b> Diagrama de flujo de las actividades de planificación y distribución de despachos incluyendo el uso del programa Order By.....	94
<b>Figura N° 20.</b> Valores seleccionados para el caso N°1.....	94
<b>Figura N° 21.</b> Tipo y cantidad de cajas seleccionadas para el caso N°1.....	95
<b>Figura N° 22.</b> Camiones disponibles para el caso N°1.....	95
<b>Figura N° 23.</b> Resultado sobre el tipo de camión para el caso N°1.....	96
<b>Figura N° 24.</b> Ordenamiento de las cajas en la primera camada.....	97
<b>Figura N° 25.</b> Ordenamiento de las cajas para la segunda camada.....	97
<b>Figura N° 26.</b> Ordenamiento de las cajas para la tercera y cuarta camada.....	98
<b>Figura N° 27.</b> Ordenamiento de las cajas para la quinta camada.....	98
<b>Figura N° 28.</b> Ordenamiento de las cajas para la sexta camada.....	99
<b>Figura N° 29.</b> Valores seleccionados para el caso N°2.....	99
<b>Figura N° 30.</b> Tipo y cantidad de cajas seleccionadas para el caso N°2.....	100
<b>Figura N° 31.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso N°2.....	101
<b>Figura N°32.</b> Ordenamiento de las cajas para la primera camada.....	101
<b>Figura N°33.</b> Ordenamiento de las cajas para la tercera y cuarta camada.....	102
<b>Figura N° 34.</b> Ordenamiento de las cajas para la quinta camada.....	102
<b>Figura N° 35.</b> Ordenamiento de las cajas para la sexta camada.....	103
<b>Figura N° 36.</b> Ordenamiento de las cajas para la segunda camada.....	103



<b>Figura N° 37.</b> Valores seleccionadas para el caso 3.....	104
<b>Figura N° 38.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar en el caso 2.....	105
<b>Figura N° 39.</b> Ordenamiento de las cajas para la primera camada.....	106
<b>Figura N° 40.</b> Ordenamiento de las cajas para la tercera y cuarta camada. ....	106
<b>Figura N° 41.</b> Ordenamiento de las cajas para la quinta camada.....	107
<b>Figura N° 42.</b> Ordenamiento de las cajas para la sexta camada.....	107
<b>Figura N° 43.</b> Ordenamiento de las cajas para la segunda camada.....	108
<b>Figura N° 44.</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°1....	109
<b>Figura N° 45.</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°2.....	110
<b>Figura N° 46.</b> Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°3...112	
<b>Figura N° 47.</b> Valores seleccionados para el caso 4.....	113
<b>Figura N° 48.</b> Tipo y cantidad de cajas seleccionadas.....	114
<b>Figura N° 49.</b> Camiones disponibles.....	114
<b>Figura N° 50.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 4.....	115
<b>Figura N° 51.</b> Ordenamiento de las cajas para la primera y segunda camada...116	
<b>Figura N° 52.</b> Ordenamiento de las cajas para la tercera y cuarta camada.....	117
<b>Figura N° 53.</b> Ordenamiento de las cajas quinta y sexta camada.....	118
<b>Figura N° 54.</b> Ordenamiento de las cajas en la Séptima Camada.....	118
<b>Figura N° 55.</b> Ordenamiento de las cajas en la Octava camada.....	119
<b>Figura N° 56.</b> Ordenamiento de las cajas para la novena y decima camada.....	120



<b>Figura N° 57.</b> Ordenamiento de cajas en la Undécima camada.....	120
<b>Figura N° 58.</b> Valores seleccionados para el caso N° 5.....	121
<b>Figura N° 59.</b> Tipo y cantidad de cajas seleccionadas.....	121
<b>Figura N° 60.</b> Camiones disponibles.....	122
<b>Figura N° 61.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 5.....	122
<b>Figura N° 62.</b> Ordenamiento de las cajas, para la primera y segunda camada...	123
<b>Figura N° 63.</b> Ordenamiento de las cajas para la tercera y cuarta camada.....	124
<b>Figura N° 64.</b> Ordenamiento de cajas para la quinta y sexta camada.....	124
<b>Figura N° 65.</b> Ordenamiento de cajas para la séptima camada.....	125
<b>Figura N° 66.</b> Ordenamiento de las cajas para la octava camada.....	125
<b>Figura N° 67.</b> Ordenamiento de las cajas para la novena y decima camada.....	126
<b>Figura N° 68.</b> Ordenamiento de las cajas para la undécima camada.....	127
<b>Figura N° 69.</b> Ordenamiento de las cajas para la duodécima camada.....	127
<b>Figura N° 70.</b> Valores seleccionados para el caso N° 6.....	128
<b>Figura N° 71.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 6.....	128
<b>Figura N° 72.</b> Camiones disponibles.....	129
<b>Figura N° 73.</b> Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 5.....	130
<b>Figura N° 74.</b> Ordenamiento de cajas para la primera camada.....	131
<b>Figura N° 75.</b> Ordenamiento de las cajas para la segunda camada.....	132
<b>Figura N° 76.</b> Ordenamiento de cajas para la tercera camada.....	133



**Figura N° 77.** Ordenamiento de cajas para la cuarta camada.....134

### ÍNDICE DE TABLAS.

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla N° 1.</b> Vehículos de transporte utilizados por la empresa.....	67
<b>Tabla N° 2.</b> Pedido de orden N° 1.....	93
<b>Tabla N° 3.</b> Pedido de orden N° 2.....	93
<b>Tabla N° 4.</b> Pedido de orden N° 3.....	93
<b>Tabla N° 5.</b> Valores seleccionados para el caso N° 1.....	107
<b>Tabla N° 6.</b> Valores seleccionados para el caso N° 2.....	109
<b>Tabla N° 7.</b> Valores seleccionados para el caso N° 3.....	110



## INTRODUCCIÓN

La empresa Vasos Venezolanos C.A se encarga de la fabricación de empaques de plásticos termoformados e inyectados para las industrias de alimentos y bebidas principalmente, completando la gama de sus productos con pitillos, platos, bandejas, cubiertos, bases plásticas, recipientes transparente, entre otros. Debido a la diversidad de envases que producen, la empresa ha ocupado una significativa posición en el mercado, donde coordinar los procesos de despacho de sus productos es de vital importancia para garantizar la disponibilidad de los mismos en cuanto a cantidad.

Para que la empresa pueda mantenerse competitiva en el mercado necesita planificar oportunamente todo lo relacionado a la logística de distribución y despacho, maximizando la utilización de los recursos para garantizar su rentabilidad, tomando como consideración que mientras mayor es la cantidad y variedad de productos a manejar, es más complejo establecer el control de los mismos.

El fin de todo plan de logística va desde el punto de origen, estableciendo límites máximos de producción, según capacidades de equipos y proveedores, hasta que los productos salen de la planta para ser llevados a sus consumidores. Dentro de este plan, una de las actividades clave para Vasos Venezolanos C.A es la del transporte de productos terminados desde la planta hasta sus clientes.

En la actualidad, debido a la gran evolución que ha tenido la computación en las últimas décadas, existe diversidad de herramientas que ofrecen grandes ventajas, las mismas tienen como objetivo apoyar y mejorar las operaciones cotidianas de la empresa y satisfacer las necesidades de información para la resolución de problemas.



Los algoritmos genéticos son métodos que basados en los principios de la evolución pueden ser utilizados para resolver problemas de búsqueda y optimización, en el caso específico de la distribución de los productos en la empresa entran en juego variables como, camiones a utilizar, cajas con producto terminado, distribución eficiente de las cajas dentro del espacio disponible y en vista a la complejidad de las misma el espacio de soluciones es sumamente complejo en múltiples direcciones a la vez, teniendo como premisa encontrar buenas soluciones y buenos tiempos de ejecución. Un algoritmo genético está dedicado a realizar una búsqueda multidireccional. Esta metaheurística trata de tomar las mejores cualidades de las potenciales soluciones explorar el espacio de búsqueda.

Por lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta que para la disminución del desperdicio del espacio en los vehículos de transporte se requiere la construcción de una alternativa de programación que realice la escogencia apropiada del camión y la distribución de las cajas con productos terminados dentro del espacio disponible, se justifica el empleo de herramientas heurísticas y metaheurísticas (algoritmos genéticos) para obtener respuestas razonablemente buenas, mucho más robustas y consistentes que las obtenidas a partir de la subjetividad, lo que implica asumir como problema de investigación la construcción de un modelo que permita maximizar la utilización de los recursos de la empresa.

Se diseño un algoritmo genético que permitiera explorar la aplicabilidad de los mismos así como también su funcionalidad para resolver el problema del uso de espacio de los vehículos de transporte a la hora de realizar la carga con las cajas de producto terminado.



El algoritmo genético diseñado en este trabajo especial de grado opera de la siguiente manera, inicia con una selección de una población de “N” individuos, los cuales, próximamente, serán evaluados para seleccionar el mejor de estos. Sucesivamente, se carga una nueva población y se evalúa comparando los resultados del mejor individuo con los del anterior, de esta forma, si el mismo lo supera será remplazado optando por una nueva solución, de lo contrario se mantiene la propuesta.

Luego de esto, cada individuo es sometido a una alteración genética, sus cargas son cambiadas aleatoriamente de manera que se puedan encontrar mejores resultados. Al igual que antes, tales individuos son sometidos a evaluación, para luego compararlos con el mejor individuo encontrado hasta el momento, de encontrar un mejor resultado en la evaluación, será remplazado, sino, desechado.

Por último, una vez finalizada la cantidad de generaciones exigidas por el usuario para encontrar posibles resultados a su problema, se imprime un listado con la información del mejor individuo, el cual contempla, el dónde se trasladará la mercancía y de qué forma.

El presente trabajo se encuentra dividido en 7 capítulos, en el capítulo I se habla del problema, mencionando las generalidades de la empresa, los objetivos, alcances, limitaciones y justificación, seguidamente el capítulo II hace reseña a las referencias teóricas utilizadas, el capítulo III se refiere a la metodología empleada en la investigación, en el capítulo IV se explica la situación actual de la empresa, los procesos llevados a cabo y las debilidades encontradas, en el capítulo V se muestra el diseño del algoritmo genético propuesto para posteriormente pasar al capítulo VI donde se analizan los resultados obtenidos al realizar la ejecución del algoritmo y para terminar en el capítulo VII se finaliza con las conclusiones y recomendaciones hechas en este trabajo de investigación.



## ***CAPITULO I: EL PROBLEMA***



## I.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Phoenix Packaging Group es un importante grupo que se encarga de fabricar empaques en América Latina, dedicado a la creación, diseño y fabricación de empaques de plásticos y productos desechables para la industria y para el consumo masivo. Las empresas venezolanas pertenecientes a este grupo son: Inversiones Selva, Estireno del Zulia, Venco y Vasos Venezolanos C.A.

### I.1.1 Ubicación

La planta Vasos Venezolanos C.A se encarga de la fabricación de productos de plástico para el consumo masivo e industrial. Ubicada en San Vicente, estado Aragua, ejecuta sus operaciones desde el mes de abril del año 1960, en la cual se encuentra la planta de producción, los almacenes, oficinas administrativas y de ventas. (Ver figura N° 1).

**Figura N° 1. Ubicación de la empresa**



**Fuente: Google Erth**



## I.1.2 Misión y Visión

### I.1.2.1 Misión

Diseñar, fabricar y comercializar soluciones integrales de empaques primarios para la industria y productos desechables de consumo masivo para el sector alimenticio, que satisfagan las necesidades de sus clientes, garantizando un retorno justo a los inversionistas y un desarrollo integral para sus empleados y el entorno.

### I.1.2.2 Visión

Ser una organización competitiva, de clase mundial y la primera opción de los clientes en el mercado.

### I.1.3 Valores

- *Liderazgo:* Se entiende por liderazgo al proceso colectivo en el que participamos todos los colaboradores de Vasos Venezolanos, asumiendo roles de dirección, de movilización o de logro según las circunstancias. Todo dentro del marco de valores corporativos y responsabilidades tanto individuales como colectivas. Esta práctica de liderazgo conduce a mejoras significativas en los procesos, productos y servicios que ofrecen a los clientes.
- *Trabajo en Equipo:* Comparten la importancia de darle prioridad al cumplimiento de la misión y visión por encima de los intereses individuales o de las áreas funcionales. Eso requiere dar y recibir apoyo en el desarrollo de las gestiones respetando a los demás, estar atentos a las dificultades de los procesos para aportar soluciones. Reconocen las debilidades y fortalezas propias y las de los demás, para solicitar o brindar apoyo y potenciar el equipo hacia el logro de las metas comunes.



- *Generación de Valor:* toda actividad que se realiza debe generar mejoras integrales en calidad, servicio y rentabilidad en beneficio de sus clientes, colaboradores, accionistas y la comunidad en general.
- *Compromiso:* Siempre están dispuestos a dar lo mejor de ellos mismos para contribuir al éxito de Phoenix porque creen, quieren y disfrutan lo que hacen.
- *Disposición al Cambio:* Es una empresa en continuo crecimiento que opera en un entorno de permanentes cambios. Por lo tanto, proporcionan un ambiente de trabajo que valora la innovación, la flexibilidad y la capacidad de adaptación para asegurar de forma permanente la competitividad.
- *Orientación al Logro:* Están convencidos que la excelencia se logra al fijarse continuamente altos niveles de desempeño para alcanzar y superar las metas establecidas. Esto requiere determinación, disposición a la autocrítica, al abandono de las zonas de comodidad y a aceptar sus retos.
- *Honestidad:* Ninguno de los valores anteriores, que inspiran su actuación, se cumple a cabalidad sin un comportamiento ético leal y transparente por parte de toda la organización.

### **I.1.4 Productos que elaboran**

Vasos Venezolanos C.A fabrica una gran variedad de productos de plásticos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Línea de producto de consumo masivo

- Vasos plásticos ( blancos, traslucidos, transparentes, policolores, colores).
- Tapas Plásticas ( blancas, traslucidas ).
- Platos ( blanco, colores).



- Cubiertos plásticos ( blancos, transparentes, colores).
- Artículos Trasparentes OPS ( contenedores rectangulares con tapa “Deli Containers” ).
- Vasos Impresos.

#### Línea de producto Industrial

- Empaques plásticos termoformados e inyectados (cremas lavaplatos).
- Galletas y repostería.
- Bebidas calientes.
- Etiquetas autoadhesivas.

A continuación se muestran imágenes de algunos de los productos que conforman estas líneas.

**Figura N°2. Productos de la empresa**



**Fuente: Vasos Venezolanos C.A**



Figura N°3. Productos de la empresa



Fuente: Vasos Venezolanos C.A



## I.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los objetivos de la cadena de abastecimiento en las empresas, es coordinar la distribución de los productos con el fin de satisfacer oportunamente la demanda de los clientes. Por esta razón la logística se convierte en uno de los principales factores de la competitividad, ya que esta incide en el éxito o en el fracaso de la comercialización de un producto.

Hoy en día se ha venido desarrollando un sistema global de logística, el cual tiene como objetivos planificar y coordinar todas las actividades necesarias con el propósito de conseguir niveles deseados de servicio y satisfacer los requerimientos del cliente. En otras palabras, con una buena gestión logística se pretende proveer el producto correcto en la cantidad requerida por los consumidores, utilizando los recursos disponibles de manera racional, en el lugar indicado, en el tiempo exigido, y todo esto, con el menor costo posible. El alcance de la logística abarca toda la organización, desde la recepción de materias primas hasta la entrega de producto terminado afirma Martin (1999).

La logística del transporte debe ser flexible para reaccionar a los cambios de la demanda del mercado. El envío de los productos terminados se realiza desde las plantas hasta los consumidores localizados en las distintas zonas, en la cantidad y tiempo requerido, esto demuestra que es importante que a través de una buena logística de transporte las empresas traten de ofrecer a sus clientes un buen nivel de servicio que cumpla con sus necesidades.

En Venezuela, las empresas transportistas se han visto afectadas por inconvenientes que afectan su desarrollo eficaz, entre los cuales están la inseguridad existente en las carreteras del territorio nacional, y la falta de centros de servicio en las vías que puedan ayudar a los vehículos y a los conductores a la hora de una contingencia o emergencia, estos problemas favorecen al aumento sostenido y creciente de los costos de transporte.



Vasos Venezolanos C.A cuenta con 3 unidades de negocio, una llamado “masivo”, que son lo que ellos llaman productos blancos (cubiertos, platos, vasos), la otra unidad de negocio llamada “food service”, productos relacionados con comida rápida (vasos, pitillos personalizados, cubiertos) y finalmente una última unidad de negocio llamada “industrial”, en esta categoría entran todos los clientes que tienen su propio sistema de llenado (Mavesa, Polar Detergente, Colgate).

El proceso de planificación se realiza con la colocación de los diferentes pedidos suministrados por el vendedor al sistema, luego esas órdenes de ventas pasan por un proceso interno, para finalmente tener en un formato todos los pedidos de cada unidad de negocio. Ese formato de planificación de ventas pasa al área de planificación de distribución, donde se deben tomar día a día decisiones tomando en cuenta factores como transporte a utilizar, capacidad del transporte, volumen de la carga, ruta a seguir, entre otros, para así satisfacer a sus clientes.

Según la gerencia de distribución y despacho el principal inconveniente que afecta el sistema de transporte de productos, es la planificación previa que hay que tener según el pedido del cliente versus la disponibilidad de inventario y la capacidad de los vehículos. Sin ello los despachos pueden generarse sin cubrir la capacidad máxima de carga de los vehículos o en el peor de los casos quedar producto por despachar perdiendo ventas y credibilidad antes los clientes.

El área del transporte cuenta con 3 trabajadores los cuales se encargan junto con el chofer de cada vehículo, de coordinar y realizar todas las actividades relacionadas con la carga de los productos en los camiones. Para ejecutar esta actividad, suele considerarse un punto de vista cualitativo, donde los operadores de una manera subjetiva basada en su experiencia, cargan las unidades de transporte.





Dentro de la unidad de negocio “food service” las órdenes de ventas se pueden despachar de manera conjunta en un vehículo, es decir, un mismo vehículo puede realizar varios despachos que estén dentro de la misma zona, si el camión tiene capacidad disponible, se puede incluir algún pedido de la unidad de negocio industrial para completar la carga, lo cual hace aun más complejo la carga de los camiones. La unidad de negocio masivo trabaja de manera independiente, debido a que sus pedidos son más grandes y con poca variedad de productos en comparación con las otras unidades de negocio.

La diversidad de productos en cada orden de venta hace que la distribución del espacio en los camiones no sea la más adecuada, todo esto debido a que los planificadores no toman en cuenta la capacidad de los camiones y a la hora de realizar las cargas de los mismos, se queda mercancía sin transportar despachando menos producto de lo requerido, lo cual trae molestia en los clientes porque requieren sus pedidos completos e incumpliendo en los tiempos de entrega acordados.

Otro problema es que la empresa no hace una planificación de la cantidad de cajas a despachar diariamente, si no que va ejecutando los planes de carga a medida que transcurre el día según las órdenes de ventas, el inventario y los vehículos disponibles para ese momento, por lo que no hay registro de las unidades de transporte que se requiere utilizar diariamente, lo cual trae como consecuencia no tener a disposición las unidades que se deberían tener en el momento apropiado.

Entre los diferentes métodos que han surgido para mejorar problemas tan complejos como el uso apropiado de espacios, existe la utilización de algoritmos, los cuales mediante la organización de una serie de pasos que describan el proceso a seguir, pretenden dar solución a algún problema en específico.



Frecuentemente las técnicas cuantitativas de solución están apoyadas por modelos de programación lineal y no lineal, teoría de colas, simulación, modelos probabilísticos y otros, derivados de la investigación de operaciones o en métodos heurísticos de solución.

En el ámbito de la inteligencia artificial se usa el término heurístico para describir una clase de algoritmos que buscan encontrar la solución a un problema en tiempo razonable. Con el propósito de obtener mejores resultados que los alcanzados por los métodos heurísticos, han aparecido en los últimos años una serie de métodos bajo el nombre de metaheurísticas. Los procedimientos metaheurísticos son una clase de métodos aproximados que están diseñados para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria, en los que los heurísticos clásicos no son efectivos, donde se combinan conceptos derivados de la inteligencia artificial, la evolución biológica y mecanismos estadísticos.

Los algoritmos genéticos son métodos que basados en los principios de la evolución natural pueden ser utilizados para resolver problemas de búsqueda y optimización, ya que los mismos tienen descendencia múltiple, pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez, si una vía a una solución no resulta buena, logra descartarlo y continuar buscando evidencias mejores. Son frecuentemente aplicados para la elaboración de horarios en universidades y empresas, optimización de carga, secuenciación de tareas en un proceso de producción, programación y diseño de rutas para vehículos, distribución en planta de instalaciones industriales, entre otras.

Al estudiar la situación del departamento de distribución y despacho de la empresa y detectado el problema originado por el desconocimiento de la capacidad de cada tipo de vehículo y de la distribución eficiente de las cajas con producto terminado en los mismos, el cual incide en la cantidad a despachar así como el tiempo de entrega a los clientes. Se plantea diseñar un algoritmo genético que mejore el uso del espacio de los vehículos de transporte a la hora de realizar la carga con las cajas de producto terminado.



### **I.3. OBJETIVOS.**

#### **I.3.1 Objetivo General.**

Diseñar un algoritmo genético que permita mejorar el uso del espacio disponible en los vehículos de transporte del departamento de distribución y despacho de la empresa Vasos Venezolanos C.A.

#### **I.3.2 Objetivos Específicos.**

- Hacer un estudio en el departamento de distribución de Vasos Venezolanos C.A con el fin de determinar los factores que afectan el despacho de los productos.
- Conocer el tipo de vehículo de transporte así como el embalaje de los productos terminados que se utilizan en Vasos Venezolanos C.A.
- Estudiar la metodología empleada por los algoritmos genéticos como propuesta que permita utilizar eficientemente los vehículos de transporte del producto terminado.
- Determinar mediante el Algoritmo genético diseñado el tipo de vehículo a utilizar en relación al número de cajas y como es el ordenamiento de las mismas.



#### **I.4. ALCANCE**

La investigación abarcará el estudio, diseño, y presentación de un algoritmo que proporcione soluciones apropiadas para mejorar el uso de la capacidad disponible en los vehículos de transporte facilitando así el proceso de toma de decisiones en el área de distribución y despacho de la empresa, con el propósito de mostrar la aplicabilidad de la herramienta en la solución de problemas de optimización de carga. La propuesta de mejora a realizar responderá a las siguientes interrogantes de acuerdo a cada planificación de distribución que deba realizarse en Vasos Venezolanos C.A:

- Carga a consolidar.
- Transporte a utilizar.

#### **I.5. LIMITACIONES**

La empresa cuenta con una amplia variedad de productos y clientes a satisfacer en todo el territorio nacional, ubicándola en una amplia situación de estudio. No existen datos relacionados en cuanto a las dimensiones de las cajas donde se embala el producto terminado y a la capacidad de los vehículos de transporte, observándose una extensa variedad de modelos y tamaños, por lo tanto fue necesario emplear tiempo en la recolección de las dimensiones de las cajas.

Variables como el tiempo de entrega de los productos, las rutas a realizar, tiempo de espera de carga de los vehículos, peso de las cajas, son de gran importancia para llegar a una propuesta de optimización más amplia, pero como no se cuenta con los datos ni con el tiempo suficiente para realizar todas las mediciones, se limita el estudio a la capacidad de los vehículos y distribución de las cajas en los mismos. El presente trabajo es un estudio de nivel exploratorio que se convierte en un prototipo que sirve como base para el crecimiento de nuevas herramientas y trabajos más consolidados, no se llegara a la implementación de la herramienta de manera definitiva.



## I.6. JUSTIFICACION

En la actualidad la logística es un asunto de gran importancia, debido a la gran cantidad de información que la misma abarca, las empresas han creado distintos departamentos para así obtener nuevos métodos de trabajo para la solución de problemas. En un principio la logística era simplemente, tener el producto requerido en el tiempo adecuado, al menor costo, al transcurrir el tiempo estas acciones supuestamente sencillas han sido redefinidas y ahora son un proceso complejo y difícil.

Ser la opción número uno de los clientes es uno de los principales objetivos que persigue la empresa de la mano con la flexibilidad y la calidad que en sus productos ofrecen. Mantener una eficiente gestión de despacho de productos es vital para mantenerse en el mercado y ser competitiva, ya que debido a la naturaleza de sus productos, es sumamente importante abastecer a sus clientes en todo momento, porque de lo contrario podrán perder fácilmente ventas y la credibilidad ante el consumidor pudiera verse cuestionada.

La empresa Vasos Venezolanos C.A cuenta con el departamento de distribución y transporte, en la cual se realizan actividades relacionadas con el despacho del producto terminado hacia los consumidores, pero debido a la gran cantidad de productos que producen y a los diferentes factores que intervienen, estas acciones se han vuelto muy complejas de realizar. En ocasiones no consolidan el espacio en los vehículos de transporte dejando camiones a medio llenar, lo que se traduce en ineficiencia y aumento de los costos de fletes debido a que realizan envíos incompletos. Lo que se persigue con este trabajo es mejorar el uso del espacio dentro de los vehículos de transporte al momento de realizar la carga con el producto terminado, para así facilitar la toma de decisiones en la planificación de la distribución y despacho a los clientes.



Las empresas han podido mejorar su sistema de transporte, debido al desarrollo de la investigación de operaciones, que por medio de la aplicación de programas de computación, ofrecen mejores respuestas y un servicio más eficiente a sus clientes, sin embargo la empresa no cuenta con una herramienta que permita un envío más eficiente a menor costo.

Hasta el momento se han desarrollado numerosas metodologías y técnicas que facilitan la solución de problemas de optimización de espacios, donde la aplicación de algoritmos genéticos es comúnmente utilizada para la solución de este tipo de problemas.

A continuación se expondrá el conocimiento previamente construido, el cual forma parte de una estructura teórica existente. Al momento de desarrollar el trabajo, se han hecho charlas y conferencias respecto a los algoritmos genéticos, tales es el caso como:

- Conferencia Anual de Genética y Computación Evolucionaria, está se celebró en Montreal, Canada en el año 2009.
- Conferencia Anual de la Euro Programación Genética, el cual fue celebrada en Estambul, Turkia en el año 2010.
- La similitud semántica basada en el GP de cruce: el caso del Real con valores de función de regresión. en las Actas de la Conferencia Evolución Artificial (EA'2009).LNCS, Springer-Verlag.

También se han publicado artículos respecto al tema, como lo son:

- Ecological Application of Evolutionary Computation: Improving Water Quality Forecasts for the Nakdong River, Korea. To appear in Proceedings of Congress on Evolutionary Computation (CEC), IEEE Press, 2010.
- Genetic Algorithms in Unreliable Memory. To appear in Proceedings of IEEE NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems, AHS'2009.



Se han celebrado y se han publicado una gran cantidad de conferencias y artículos sobre los algoritmos genéticos aparte de los ya anteriormente expuestos, lo que muestra el auge de esta metodología para la resolución de problemas complejos en múltiples áreas. Existen varios ejemplos en donde se aplican, entre los cuales están:

- En la distribución en planta de instalaciones industriales.
- En el tráfico vertical (Ascensores).
- En el diseño de cavidades multimodo en procesos de calentamiento por microondas.
- Enrutamiento de vehículos (combinación de rutas cuyo costo de recorrido sea mínimo satisfaciendo toda la demanda).
- Optimización de losas de concreto prefabricadas.
- Diseño de redes de agua potable.

La realización de este trabajo facilitará a la empresa Vasos Venezolanos C.A la planificación del despacho de sus productos terminados y la toma de decisiones relacionada con la carga de los vehículos de transporte, utilizando de manera eficiente sus recursos.

Para la Universidad de Carabobo y específicamente para la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, este trabajo representa un gran aporte para el área de la investigación de operaciones, debido a que no existe investigaciones relacionadas sobre la aplicación de algoritmos genéticos en problemas de uso eficiente de espacios en vehículos de transporte, abriendo un camino para que se puedan seguir realizando estudios de este tipo para darle continuidad y profundidad a investigaciones de problemas de optimización.



Por otra parte, la culminación de este proyecto fortaleció y amplió la formación profesional de los autores, representando un enriquecimiento amplio de aprendizaje y conocimiento respecto a los algoritmos genéticos que son poco explorados en el Departamento de Investigación de Operaciones dentro de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo.



## ***CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO***



A continuación se presenta la revisión teórica correspondiente al problema, empezando por una revisión de investigaciones previamente realizadas, pasando por la exposición teórica relacionada tanto con el problema, como con los algoritmos genéticos, para finalmente resaltar estos últimos como un método de solución, evidenciándose su útil aplicabilidad en problemas de uso de espacios.

### II.1. ANTECEDENTES

Bonilla García, (2006). “Desarrolló de un algoritmo heurístico para aumentar la utilización del espacio disponible dentro de los transportes que distribuyen materiales en un sistema logístico”. El presente trabajo planteó el desarrollo de un algoritmo heurístico para aumentar la utilización del espacio disponible dentro de los transportes que distribuyen materiales en un sistema logístico, a los efectos de la investigación, este trabajo especial de grado representa un ejemplo práctico en la resolución de situaciones similares en cuanto a la utilización del espacio disponible en los camiones.

Caputo, (2006). “Un enfoque genético para planificación de transporte de flete”. El siguiente trabajo presenta una metodología para planificar de manera eficiente actividades de transporte por caminos de distancia larga a través de la adición apropiada de órdenes de cliente en diferentes tipos de embarque a través de la metodología de algoritmos genéticos, minimizando el costo total de envío, respetando las fechas de entrega, propiedades geográficas y restricciones de capacidad de camiones. A los efectos de la investigación, este trabajo de grado representa un ejemplo práctico en la resolución de situaciones similares en cuanto al cumplimiento de las fechas de entrega y sobre todo la utilización del espacio disponible los camiones.

Reyes, (2004). En su tesis doctoral llamada “Clasificación de los algoritmos heurísticos para la solución de problemas de Bin Packing”. El siguiente trabajo propone una metodología basada en el aprendizaje automático y la estadística,



que permite identificar características críticas y sus interrelaciones, lo cual posibilita que para cada algoritmo se determine un patrón de agrupamiento de los casos que ha resuelto mejor. A efecto de la investigación, este trabajo doctoral representa un ejemplo práctico en la resolución de situaciones similares en cuanto a la utilización de los algoritmos genéticos en el cumplimiento de las restricciones geométricas y posiciones de las cajas que estarán en el camión.

Diego-Más, (2006). En su trabajo de tesis doctoral llamado “Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos”. El siguiente trabajo presenta un método eficiente para obtener distribuciones de planta de actividades industriales de elevada calidad bajo múltiples criterios, estableciendo como fundamento, que el área asignada a las diferentes actividades cumplan estrictamente con las restricciones geométricas impuestas. A efecto de la investigación, este trabajo doctoral representa un ejemplo práctico en la resolución de situaciones similares en cuanto al cumplimiento de las restricciones geométricas y posiciones de las cajas que estarán en el camión.

## **II.2. BASES TEÓRICAS**

### **II.2.1 Logística**

La logística es un término que frecuentemente se asocia con la distribución y transporte de productos terminados; sin embargo, esa es la apreciación parcial de la misma, ya que la logística se relaciona con la administración del flujo de bienes y servicios, desde la adquisición de las materias primas e insumos en su punto de origen, hasta la entrega del producto terminado en el punto de consumo. (Monterroso, 2000).



La logística, en épocas anteriores, buscaba únicamente conseguir que el producto estuviese en el sitio adecuado y en el tiempo indicado, con el menor costo posible. Sin embargo estas acciones se han vuelto cada vez mas complejas, por lo que los objetivos asociados a ella incorporan nuevos criterios de efectividad y optimización de la atención al cliente.

A través del sistema logístico se pretende atender a la demanda en términos de nivel, localización y temporalidad, y, al mismo tiempo, coordinar de forma óptima el producto, el cliente y el canal de distribución, sin perder de vista aspectos como la rentabilidad o los costes. Se trata no tanto de una actividad o una operación concreta, como de un modelo de referencia, es decir, una forma de organizar y planificar todo un proceso.

Las principales acciones asociadas a la logística son: el servicio al cliente, el transporte, la gestión de inventarios y el procesamiento de pedidos.

Sin embargo, la logística tiene en cuenta otros factores, como son:

- Los procesos de producción, sobre todo por lo que se refiere al aumento de líneas y mejora de la eficacia.
- El desarrollo de nuevos sistemas de información y optimización de los existentes.
- El ajuste de inventarios.

En conjunto, a través del proceso logístico se pretende incrementar la competitividad de la empresa, mejorar la rentabilidad y gerencia de los factores que intervienen, a fin de atender mejor la demanda de los clientes. (Bastos, 2007).



### **II.2.2 Algoritmo**

El algoritmo es un conjunto finito de procesos que a su vez son finitos y bien definidos que conducen a un resultado. (Martínez y Martín, 2003).

El análisis de los algoritmos comprende 2 etapas: el análisis a priori y el análisis a posteriori. En el primero de ellos, se obtiene una función que acota el tiempo de cálculo del algoritmo. En el análisis a posteriori lo que se hace es recolectar estadísticas acerca del consumo de tiempo y espacio del algoritmo mientras este se ejecuta. (Horowitz y Sahni, 1984).

### **II.2.3 Problemas de Ubicación**

Según Bonilla García (2006) Un problema de ubicación ocurre cuando existen cierta cantidad de artículos que deben ser acomodados en ciertos compartimientos, para el caso camiones; con el fin de minimizar el número de camiones a usar y el costo que acarrea operarlos. Existen distintos investigadores como Gunther R. Raidl y S. Martello que han indagado en los problemas de ubicación de dos y tres dimensiones.

### **II.2.4 Problemas de optimización combinatoria**

Lawler (1996) define la combinatoria como la rama de la matemática que trata de ordenar objetos usualmente finitos en número y sujetos a varias restricciones. Por otro lado, Gass & Harris (1996) definen la optimización como el proceso de búsqueda del mejor valor que puede llegar a ser obtenido (en programación matemática, éste es el valor mínimo o máximo de la función objetivo sobre la región de soluciones factibles).

Tomando como referencia esas dos definiciones anteriores se puede concluir que los problemas de optimización combinatoria son procesos de



búsqueda que trabaja con la ordenación de objetos finitos y que están sujetos a restricciones, con el fin de buscar el mejor arreglo posible que haga la solución factible. Estos problemas están dentro de la clase de NP – Hard.

### II.2.5 Strip Packing Problem

Según Colton (2004) consiste en organizar los elementos (cajas) de un contenedor para que el espacio se aproveche de la mejor manera posible, cumpliendo con las restricciones de capacidad y peso, donde las matemáticas y la investigación de operaciones cumplen con un papel fundamental ya que aportan lo necesario para resolver dichos problemas, en el que los métodos heurísticos son de gran aplicación.

En el caso de cajas y espacios tridimensionales, es necesario considerar tres dimensiones (ancho, altura y profundidad) y seis posibles orientaciones de las cajas en relación con la longitud “L” del contenedor.

Según (Reyes, 2004) explica que el problema de distribución de objetos en contenedores (bin packing) es un problema de optimización combinatoria, donde existe una secuencia de  $n$  objetos, cada uno de ellos con un tamaño conocido y un número de contenedores, cada uno con capacidad constante, para el cual se necesita encontrar el o los contenedores que puedan contener todos los objetos.

Cuando se trabaja con este tipo de problemas, la solución que se obtiene no es necesariamente la mejor, esto ocurre por la influencia de factores (tamaño del problema, restricciones del problema, implementación y análisis computacional), que afectan el desempeño de los algoritmos.



Para poder deducir si el problema de organizar las cajas dentro de los vehículos de transporte es fácil o tratable fue importante investigar si se puede construir un algoritmo.

Para una amplia clase de problemas prácticos, no puede ni siquiera decirse que tal solución existe y que el mejor tiempo de corrida del algoritmo de solución es exponencial. Si puede demostrarse que un problema es NP-Completo, esto indica que el problema es intratable por medios analíticos y por tanto es preferible desarrollar un algoritmo que aproxime la solución, esto significa que la respuesta obtenida no necesariamente será óptima, pero si estará razonablemente cerca del óptimo. (Maneiro, 2002).

El número de alternativas es demasiado grande, es decir, las cajas pueden colocarse de muchas maneras, y solo una fracción de ellas pueden ser consideradas dentro de una cantidad razonable de tiempo, razón por la cual este trabajo de investigación es considerado NP-Completo, es decir, que no pueden ser resuelto empleando un algoritmo de tiempo polinomial eficiente y son de difícil resolución.

### **II.2.6 Heurística**

Según Gonzales (2001) define que es cualquier algoritmo que con un ligero esfuerzo computacional proporcione una solución factible cuyo valor objetivo este próximo al valor objetivo óptimo del problema original.

### **II.2.7 Metaheurística**

Según Laporte (1996) se define como un proceso de generación iterativo que guía una heurística subordinada, combinando de forma inteligente distintos



conceptos para explorar y explotar el espacio de búsqueda, incluyendo estrategias de aprendizaje que se utilizan para estructurar la información con el fin de encontrar soluciones de manera eficiente, cerca del nivel óptimo.

Dicho proceso es aplicado generalmente para problemas que no poseen un algoritmo que represente una solución satisfactoria. La mayoría de las metaheurísticas tienen como objetivo los problemas acerca de la optimización combinatoria. A continuación se tiene algunos ejemplos de otras metaheurísticas: Búsqueda Tabú, Recocido Simulado y entre estos procesos se encuentran también los algoritmos genéticos.

### **II.3 ALGORITMOS GENÉTICOS**

#### **II.3.1 Historia e Introducción a los algoritmos genéticos**

Según Reeves (2003) en los últimos 20 años el crecimiento hacia la búsqueda de métodos eficientes para la optimización ha sido algo dramática. Uno de lo más interesantes desarrollos es la aplicación de los algoritmos genéticos (GA).

Los algoritmos genéticos son una rama de la Computación Evolutiva (Rama de la computación emergente), que explica el área de la ciencia computacional cuyos algoritmos imitan el proceso evolutivo de la naturaleza.

La idea de los algoritmos genéticos surgió en la Universidad de Michigan, Estados Unidos por el profesor matemático J. H. Holland en los años 70. La revolución de los algoritmos genéticos comenzó en 1975 cuando dicho profesor publicó su libro *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, donde resaltaba su método de evolucionar soluciones con el método en que la naturaleza evoluciona en especies más fuertes. A principio de los 60 él estuvo trabajando en una forma de aplicar la teoría de Darwin en una técnica que permitiese incorporar la idea a





un programa de computadora. El principal objetivo era que las computadoras aprendieran por sí mismas. Dicha técnica inventada por Holland inicialmente fue llamada Planes Reproductivos, pero luego paso al nombre de Algoritmos Genéticos, A.G, su nombre se deriva de que están basados en modelos de cambio genético en una población de individuos. Esto es:

- Noción Darwiniana de aptitud (fitness) que influye en generaciones futuras.
- Apareamiento que produce descendientes en generaciones futuras.
- Operadores genéticos que determinan la configuración genética de los descendientes (tomada de los padres).

Los objetivos que perseguían John Holland y sus alumnos de la Universidad de Michigan con los algoritmos genéticos eran: 1.- abstraer y explicar rigurosamente el proceso adaptativo de los sistemas naturales, y 2.- diseñar sistemas artificiales que retuvieran los mecanismos más importantes de los sistemas naturales. En estos términos se puede concluir que los algoritmos genéticos son:

“Técnicas de búsqueda estocástica basada en los mecanismos de selección natural y genética natural. Combinan la supervivencia de los más compatibles entre las estructuras de cadenas, con una estructura de información ya aleatorizada, intercambiada para construir un algoritmo de búsqueda con algunas de las capacidades de innovación de la búsqueda humana. ”

Según Guervós (2002) También se dice que estos son métodos de optimización, que tratan de resolver el mismo conjunto de problemas que se ha contemplado anteriormente, es decir, hallar  $(x_1, \dots, x_n)$  tales que  $F(x_1, \dots, x_n)$  sea máximo. En un algoritmo genético, tras parametrizar el problema en una serie de variables,  $(x_1, \dots, x_n)$  se codifican en un cromosoma. Todos los operadores utilizados por un algoritmo genético se aplicarán sobre estos cromosomas, o sobre



poblaciones de ellos. En el algoritmo genético va implícito el método para resolver el problema; son solo parámetros de tal método los que están codificados, a diferencia de otros algoritmos evolutivos como la programación genética. Hay que tener en cuenta que un algoritmo genético es independiente del problema, lo cual lo hace un algoritmo robusto, por ser útil para cualquier problema, pero a la vez débil, pues no está especializado en ninguno.

Las soluciones codificadas en un cromosoma compiten para ver cuál constituye la mejor solución (aunque no necesariamente la mejor de todas las soluciones posibles). El ambiente, constituido por las otras camadas de soluciones, ejercerá una presión selectiva sobre la población, de forma que sólo los mejor adaptados (aquellos que resuelvan mejor el problema) sobrevivan o leguen su material genético a las siguientes generaciones, igual que en la evolución de las especies. La diversidad genética se introduce mediante mutaciones y reproducción sexual.

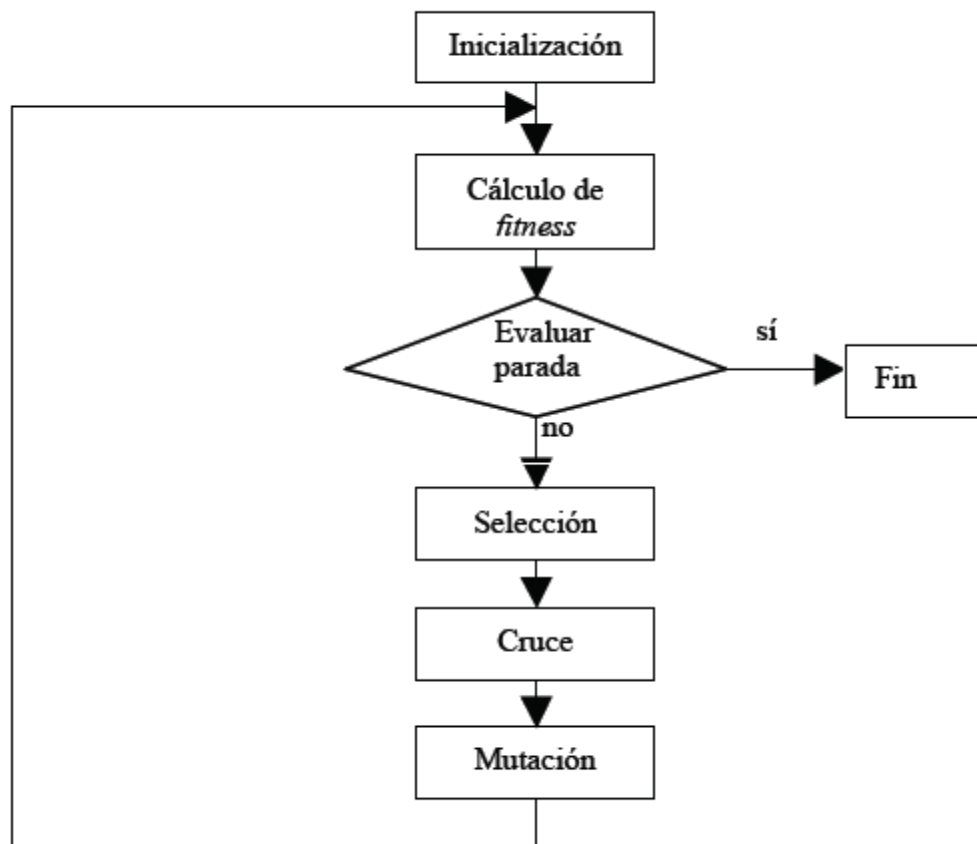
Mediante la implementación de los algoritmos genéticos las soluciones al problema se codifican como una secuencia de símbolos, como un programa genético, generando una población inicial de estas soluciones. Generación tras generación, las soluciones más aptas o más adecuadas que más se acercan al resultado final, sobreviven y se reproducen, hacen cruzar entre si sus cadenas de símbolos, introduciendo nuevos individuos en la población. Tras un número determinado de generaciones, se pretende obtener una población de soluciones con al menos un individuo capaz de llegar al resultado deseado para el problema.

Para finalizar también se puede decir que los algoritmos genéticos son un algoritmo matemático que transforma un conjunto (población) de objetos matemáticos individuales, cada uno de los cuales se asocia con una aptitud, en una población nueva, es decir en la siguiente generación, usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto, y tras haberse presentado de forma natural una serie de operaciones



genéticas en las que destaca la recombinación sexual. Los objetos matemáticos corresponden a individuos de la población, los cuales típicamente son cadenas de longitud fija que se ajustan al modelo de las cadenas de cromosomas (Koza, 1992).

Figura N° 4. Diagrama de los pasos de un algoritmo genético



Fuente: Elaboración Propia



El algoritmo genético se puede presentar como una serie de pasos (Ver figura N° 4):

1. Generación de la Población Inicial: se genera una población inicial aleatoriamente, que se constituye por los cromosomas que representan las posibles soluciones del problema.
2. Evaluación de Aptitud: es una función que es aplicada a cada individuo (cromosoma), produciendo como resultado un rango que mide la calidad del individuo como solución del problema.
3. Condición de término: El algoritmo genético deberá detenerse cuando se alcance la solución óptima, pero ésta generalmente se desconoce, por lo que se deben utilizar otros criterios de detención. Normalmente se usan dos criterios: correr el AG a un número máximo de iteraciones (generaciones) o detenerlo cuando no haya cambios en la población.

Mientras no se cumpla la condición de término se hace lo siguiente:

4. Selección: Después de saber la aptitud de cada cromosoma se procede a elegir los cromosomas que serán cruzados en la siguiente generación. Los cromosomas con mejor aptitud tienen mayor probabilidad de ser seleccionados.
5. Cruce: El cruzamiento es el principal operador genético, seleccionando dos individuos y tomando características de ambos cromosomas padres se genera un nuevo individuo o cromosoma.
6. Mutación: Produce cambios aleatorios espontáneos en los cromosomas y permite alcanzar zonas del espacio de búsqueda que no estaban cubiertas por los individuos iniciales.
7. Reemplazo: aquel donde se cambia el orden de los genes de un cromosoma. (Davis, 1991).



### II.3.2 Ventajas y Desventajas de los algoritmos genéticos

- Operan de forma simultánea con varias soluciones, en vez de trabajar de forma secuencial como las técnicas tradicionales.
- Cuando se usan para problemas de optimización maximizar una función objetivo- resultan menos afectados por los máximos locales (falsas soluciones) que las técnicas tradicionales.
- Resulta sumamente fácil ejecutarlos en las modernas arquitecturas masivamente paralelas.
- Se desenvuelven bien en problemas donde la función de aptitud es discontinua, ruidosa, cambia con el tiempo, o tiene muchos óptimos locales. La mayoría de los problemas prácticos tienen un espacio de soluciones enorme, imposible de explorar exhaustivamente; el reto se convierte entonces en cómo evitar los óptimos locales.
- Usan operadores probabilísticos, en vez de los típicos operadores determinísticos de las otras técnicas.
- Pueden tardar mucho en converger, o no converger en absoluto, dependiendo en cierta medida de los parámetros que se utilicen tamaño de la población, número de generaciones, etc.-.
- Pueden converger prematuramente debido a una serie de problemas de diversa índole. (Peña, 2006).

### II.3.3 Características para saber si es posible usar los algoritmos genéticos

En el transcurso del trabajo de grado se ha mencionado que la aplicación mas común de los algoritmos genéticos han sido en los problemas de optimización. Sin embargo no todos los problemas pudieran ser apropiados para la técnica, para esto se recomienda tomar algunas características antes de usar dicha técnica:

1. Su espacio de búsqueda debe estar delimitado dentro de cierto rango.



2. Debe permitir definir una función de aptitud que indica que tan buena o mala es una respuesta.
3. Las soluciones deben codificarse de una forma que resulte relativamente fácil de implementar al computador. (Londoño, 2006).

### II.3.4 Aplicaciones de los algoritmos genéticos

Según Londoño (2006) explica que el area de las aplicaciones de los algoritmos genéticos son bastante amplias y se pueden implementar en muchos problemas de la vida cotidiana, se puede destacar los siguientes:

- **Optimización:** Este campo esta prácticamente para el uso de los algoritmos genéticos debido a sus características intrínsecas. Los AG se han utilizado en numerosas tareas de optimización, incluyendo la optimización numérica, y los problemas de optimización combinatoria.
- **Programación automática:** Son empleados los AG para desarrollar programas para tareas específicas y para diseñar otras distintas estructuras computacionales.
- **Aprendizaje máquina:** Los AG se han utilizado también en muchas de estas aplicaciones, tales como la predicción del tiempo o la estructura de una proteína. Han servido asimismo para desarrollar determinados aspectos de sistemas particulares de aprendizaje, como pueda ser el de los pesos en una red neuronal, las reglas para sistemas de clasificación de aprendizaje o sistemas de producción simbólica, y los sensores para robots.
- **Economía:** En este caso, se ha hecho uso de estos Algoritmos para modelizar procesos de innovación, el desarrollo estrategias de puja, y la aparición de mercados económicos.
- **Sistemas inmunes:** A la hora de modelizar varios aspectos de los sistemas inmunes naturales, incluyendo la mutación somática durante la vida de un



individuo y el descubrimiento de familias de genes múltiples en tiempo evolutivo, ha resultado útil el empleo de esta técnica.

- **Ecología:** En la modelización de fenómenos ecológicos tales como las carreras de armamento biológico, la coevolución de parásito-huesped, la simbiosis, y el flujo de recursos.
- **Genética de poblaciones:** En el estudio de preguntas del tipo "¿Bajo qué condiciones será viable evolutivamente un gene para la recombinación?".
- **Evolución y aprendizaje:** Los AG se han utilizado en el estudio de las relaciones entre el aprendizaje individual y la evolución de la especie.
- **Sistemas sociales:** En el estudio de aspectos evolutivos de los sistemas sociales, tales como la evolución del comportamiento social en colonias de insectos, y la evolución de la cooperación y la comunicación en sistemas multi-agentes.

### II.3.5 Limitaciones de los algoritmos genéticos

El poder de los Algoritmos Genéticos proviene del hecho de que se trata de una técnica robusta, y pueden tratar con éxito una gran variedad de problemas provenientes de diferentes áreas, incluyendo aquellos en los que otros métodos encuentran dificultades. Si bien no se garantiza que el Algoritmo Genético encuentre la solución óptima del problema, existe evidencia empírica de que se encuentran soluciones de un nivel aceptable, en un tiempo competitivo con respecto al resto de algoritmos de optimización combinatoria. En el caso de que existan técnicas especializadas para resolver un determinado problema, lo más probable es que superen al Algoritmo Genético, tanto en rapidez como en eficacia. El gran campo de aplicación de los Algoritmos Genéticos se relaciona con aquellos problemas para los cuales no existen técnicas especializadas. Incluso en el caso en que dichas técnicas existan, y funcionen bien, pueden efectuarse mejoras de las mismas hibridándolas con los Algoritmos Genéticos. (Peña, 2006).



### **II.3.6 FUNCIÓN DE APTITUD**

La función de aptitud no es más que la función objetivo del problema de optimización. El algoritmo genético únicamente maximiza o minimiza usando el recíproco de la función maximizante (debe cuidarse, por supuesto, que el recíproco de la función no genere una división por cero). Una característica que debe tener esta función es que debe ser capaz de "castigar" a las malas soluciones, y de "premiar" a las buenas, de forma que sean estas últimas las que se propaguen con mayor rapidez. (San Martín, 2006).

### **II.3.7 ESTRATÉGIA DE SELECCIÓN**

La selección es la encargada de transmitir y conservar las mejores o valiosas características que dan las soluciones que se producen a lo largo de las generaciones.

Se evalúa el algoritmo elitista, para el cual se hace un ordenamiento de los individuos de acuerdo con su función de aptitud y se privilegia la reproducción de una fracción de mejores padres que da lugar a la fracción generada por mejores padres, además con el ánimo de evitar la convergencia prematura hacia óptimos locales, se permite que una fracción de la nueva población sea generada por cruces en los cuales pueden involucrarse incluso los individuos menos aptos. (Davis, 1991).

### **II.3.8 OPERADORES GENÉTICOS**

Se consideran dos operadores importantes que mantienen y permiten la diversidad genética de la población.

La operación de cruce es la herramienta principal para la evolución de la población hacia la solución que mejor se adapta al problema. Permite la evolución conservando las mejores cualidades de la generación anterior con lo que consigue





que la bondad media de la población vaya incrementando generación tras generación.

El operador cruce, una vez seleccionados los individuos, éstos son recombinados para producir la descendencia que se insertará en la siguiente generación. Se destacan los siguientes métodos entre muchos:

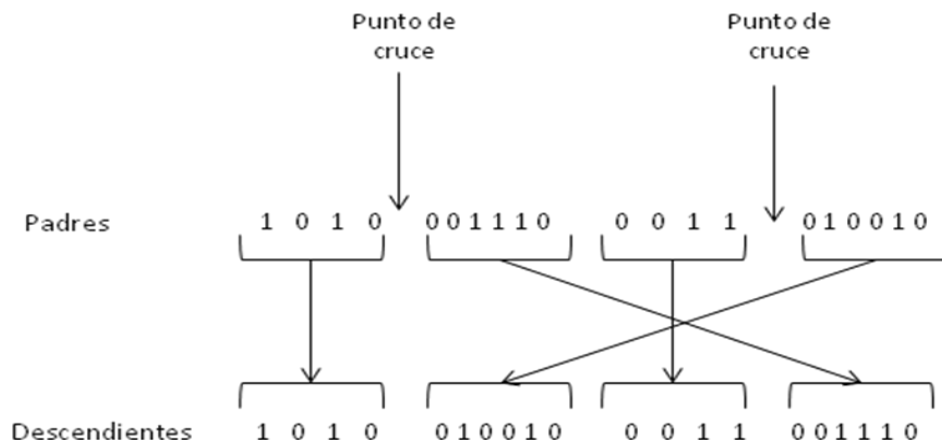
- Cruce de un punto: Consiste en seleccionar una posición en las cadenas de los progenitores y se intercambian los genes a la izquierda de dicha posición.
- Cruce de n puntos: Consiste en seleccionar “n” posiciones en las cadenas de los progenitores y se intercambian los genes a ambos lados de estas posiciones.
- Cruce Uniforme: Consiste en realizar una selección aleatoria para decidir cual de los progenitores se toma cada posición de la cadena. (Londoño, 2006).

Este operador, intercambia las cargas genéticas de dos padres (Dos Individuos), con la finalidad de generar un descendiente que manifieste rasgos de ambos, en este sentido, será sometido a evaluación y se verificará si las mezcla de tales padres dio un buen resultado; de ser así, se mantiene de lo contrario, se destruye.

Con relación a lo anterior, el operador de cruce es comparado con el matrimonio, ya que se necesita de una pareja (Hombre, Mujer) para generar hijos; tales hijos, no son más que el cruce genético de sus cargas. Claro está, en la vida real, este cruce genético puede variar; ya que no se puede predecir la carga del Padre o Madre, de la cual tendrá más rasgos; es por ello que, en los algoritmos genéticos, el cruce es totalmente 50% rasgos del Padre y 50% rasgos de la madre (Ver figura N° 5)



Figura N° 5. Operador de Cruce



Fuente: Elaboración propia

Operador mutación.

En los genes de los cromosomas de los seres vivos tienen lugar cambios bruscos, imprevistos y heredables, estos se le conocen como mutaciones. En los algoritmos genéticos es considerado un operador básico e importante, ya que proporciona una pequeña aleatoriedad al entorno de los individuos de la población. El objetivo del operador es obtener nuevas soluciones a partir de la modificación de cierto números de genes de alguna solución existente.

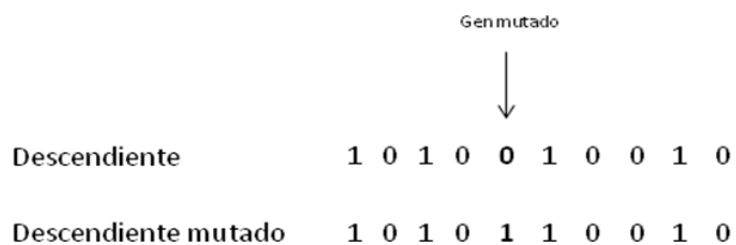
Este operador, modifica la carga de un individuo (Padre), con la finalidad de mejorar su aptitud o fitness; de este modo, si el cambio dio resultado, el individuo sobrevive, de lo contrario es destruido.

Existen formas diversas de realizar mutación, desde la mas sencilla que es la puntual, que es donde cada gen muta aleatoriamente con independendencia del resto de los genes hasta configuraciones mas complejas donde se tienen en



cuenta la estructura del problema y la relación entre los distintos genes. (Londoño, 2006).

**Figura N° 6. Operador de Mutación**



**Fuente. Elaboración propia**

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**



### III.1 METODOLOGIA

Todo proyecto de investigación tiene un marco metodológico, el cual contiene el tipo y diseño de la investigación, las fuentes de investigación y técnicas de recolección de datos que serán utilizados para proporcionar una información detallada de cómo se va a realizar la investigación.

En este capítulo se pretende dar a conocer los pasos que sirvieron para lograr los objetivos trazados.

#### III.1.1 Tipo de investigación

La investigación a realizar es de tipo explicativa, ya que está dirigida a responder las causas del problema a estudiar además de analizar las consecuencias de dicho problema, con el fin de plantear posibles soluciones que mejoren el proceso de toma de decisiones en el departamento de distribución y despacho de Vasos Venezolanos C.A.

#### III.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es la manera que se adapta en cualquier estudio para responder a un problema. De acuerdo a la situación planteada que enfrenta Vasos Venezolanos C.A la técnica a utilizar para la solución del problema es la descrita a una investigación de campo, ya que se levantaron los datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos en la empresa, donde se obtuvo la información sin alternarse las condiciones existentes, para obtener solución factible, mediante un algoritmo que arroje las cantidades de cajas de diferentes tamaños que pueden entrar en los vehículos de transporte de la empresa.



### III.1.3 Fuentes de información

Danhke (1989) distingue 2 tipos básicos de fuentes de información, las fuentes primarias y secundarias. Por ser parte fundamental a definir en cualquier investigación, las fuentes de información de este trabajo son:

- Fuentes primarias (directas): constituyen información de manera directa utilizando técnicas de recolección de datos, entrevistas, observaciones, todas estas fuentes fueron utilizadas para lograr los objetivos en esta investigación. Las entrevistas se realizaron de manera sencilla para que los trabajadores pudieran explicar cómo se realiza el proceso de distribución y despacho de los productos.
- Fuentes secundarias: son listas, compilaciones, resúmenes de referencias o fuentes publicadas en un área de conocimiento en particular. Para el caso a estudiar los datos secundarios fueron: los libros, trabajos de grado, trabajos presentados en conferencias o seminarios, consultas a páginas web, los cuales ayudaron a establecer parámetros a la investigación además de contribuir a buscar solución teniendo como base soluciones empleadas en situaciones similares.

### III.1.4 Extracción y recopilación de la información de interés

Los métodos de recolección de datos son los medios a través del cual se recogen los datos significativos, para obtener la información necesaria que le permita lograr los objetivos.

Para la obtención de la información de esta investigación fue necesario reunir diferentes testimonios relacionados con el proceso de carga de los vehículos de transporte en el departamento de distribución y despacho.



### III.1.4.1 Entrevista

Con el fin de obtener respuesta a las interrogantes observadas se realizaron una serie de entrevistas a los diferentes empleados involucrados en el proceso de distribución y despacho con el fin de conocer la situación actual. Se utilizó este tipo de recolección de datos por considerarse una herramienta que permite detectar cual es la realidad que se presenta, permitiendo la posibilidad de aclarar interrogantes y orientar la investigación; información que sirvió como base para establecer propuestas que ayude al proceso de toma de decisiones al momento de realizar la carga de los vehículos de transporte con producto terminado de la Empresa.

### III.1.5 Diagrama Causa – Efecto

La identificación de las posibles causas es un paso muy importante en la solución de problemas, ya que implica conocer las fuentes de variabilidad que influyen en los factores que determinan la solución existente. (Forzanti, 1992).

El diagrama fue creado en el año de 1953 por el profesor kaoru Ishikawa en Tokio, para analizar problemas de control de calidad en las industrias manufactureras y debido al ímpetu del mismo para analizar problemas de cualquier tipo se ha hecho una forma de lenguaje.

El objeto del diagrama es determinar la estructura de las múltiples relaciones causa – efecto que influye en un determinado problema, facilitando su análisis. Entre sus principales ventajas están:

- Permite organizar grandes cantidades de información en relación al problema.
- Considerar en conjunto todas las causas posibles del problema.
- Mayor conocimiento de los procesos.



- Se logra calificar cuales pudieran ser las causas de las discrepancias entre la situación existente y la deseada.
- Representación visual del problema de manera resumida.

### **III.1.6 Fases de la investigación**

Para llevar a cabo el trabajo especial de grado, se tienen previstas las siguientes fases, las cuales se explican a continuación:

#### Fase I

- Obtener información sobre la empresa (estructura organizativa, proceso de distribución y despacho, procedimiento de carga de los vehículos de transporte).
- Investigación bibliográfica relacionada a la logística y a los procesos de distribución y despacho de las empresas.

#### Fase II

- Comprende el planteamiento del problema, el estudio para proponer el desarrollo de un algoritmo genético aplicado a mejorar el uso de espacios en los vehículos de transporte de producto terminado, con el fin de ayudar a cumplir los objetivos en el departamento de distribución y despacho de la empresa.

#### Fase III

- Consiste en el desarrollo de la investigación mediante el análisis de los fundamentos teóricos que tiene el tema de aplicación Algoritmos Genéticos para mejorar el uso de espacios.





- Adaptación a la situación presente en la empresa, evaluando los métodos actuales usados para la carga de camiones con producto terminado, visualizando todo el proceso de principio a fin.

### Fase IV

- Programar el Algoritmo Genético que permita arrojar soluciones para optimizar el espacio en los vehículos de transporte de tal manera que mejore el proceso de distribución y despacho y finalmente probarlo para verificar su funcionamiento.

### III.1.7 Herramienta para programar el algoritmo genético

En el desarrollo del programa a utilizar para la solución del problema se eligió el lenguaje de programación Visual Basic.

Basic como lenguaje, ha supuesto el punto de entrada de muchas personas en el mundo de la programación, muchos han utilizado este lenguaje para hacer sus primeros proyectos como programador. Gracias a su facilidad de aprendizaje, desde los tiempos de MS-DOS, versiones de basic como QBasic, GWBasic, etc., se han utilizado para sentar las bases de las técnicas de programación en personas que bien seguían programando en este lenguaje, o dependiendo de las aplicaciones a crear, pasaban a otro lenguaje más adecuado, pero siempre con la ventaja de poseer la salida base adquirida con basic. Grupo Eidos (2000).

Algunas características principales que hacen de Visual Basic un lenguaje muy popular están la posibilidad de crear ejecutables en códigos nativos para incrementar la velocidad de ejecución, múltiples asistentes para ayudarnos en las mas variadas situaciones, creación de controles ActiveX, editor de código fuente mejorado, creación de eventos propios, acceso a datos mediante OLE DB-ADO,



nuevos controles optimizados para ADO, generador de informes propios, permite tratar los errores del sistema que se produzcan durante la ejecución e inhibir los mensajes de error que se generen.

Las bases de datos están incluidas en un *sistema de gestor de base de datos relacionales* (SGBDR), este sistema facilita mecanismos para realizar consultas de datos y mantener niveles de seguridad en el acceso. Característica importante debido a que en este estudio se trabajó con las dimensiones de las cajas y los vehículos de transporte, construyéndose una base de datos.

## ***CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL***



### **IV.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN Y DESPACHO.**

La descripción de la situación actual es de significativa importancia ya que con esta se logra un análisis de todas las actividades involucradas en el proceso de distribución y despacho de la empresa, para ello se aplicaron técnicas de recolección de datos como entrevistas y la observación, desde el instante en que nace la necesidad de distribuir los productos terminados, pasando por el proceso de carga de los vehículos de transporte, hasta que finalmente los productos salen de la planta para ser entregados a los clientes.

Vasos Venezolanos C.A cuenta con 2 almacenes de productos terminados, uno ubicado dentro de la misma planta donde los elaboran y el otro situado en San Vicente, 2da transversal, Transfalcar operador logístico, Maracay Edo Aragua. El transporte de los productos terminados hacia el centro de almacenaje en la zona industrial de Maracay se hace en vehículos de transporte tipo plataforma, la manera de llenar estos camiones es utilizando un montacargas que introduce las paletas de productos hasta completar el espacio disponible, es decir, el producto va en paletas para su traslado.

A fines de este trabajo especial de grado se estudió como se hace la distribución y despacho de los productos terminados desde el almacén ubicado en la misma planta de Vasos Venezolanos C.A.

#### **IV.1.1 Proceso de planificación de despachos**

En el departamento de planificación se lleva a cabo el proceso de programación de órdenes, iniciando con la colocación de los pedidos suministrados por los vendedores al sistema, en seguida esas órdenes de ventas pasan por un proceso interno, para finalmente tener en un formato todos los pedidos. Ese formato de planificación de ventas pasa al área de despacho y distribución.



### IV.1.2 Proceso de distribución

La Jornada Laboral para los trabajadores del departamento de distribución y despacho comienza a las 7 de la mañana, si no hay planificación del día anterior, les toca esperar a que las órdenes de despacho lleguen del departamento de planificación, esta espera puede durar hasta las 9 de la mañana aproximadamente, si eso ocurre los trabajadores realizan actividades de limpieza, avisos de calidad, inspecciones, en el caso contrario (que haya planificación del día anterior), 2 trabajadores realizan actividades relacionadas a la selección de los camiones a utilizar, dependiendo de la cantidad de pedidos, disponibilidad de vehículos, la exigencia de la entrega dependiendo del contrato establecido con el cliente y si se puede enrutar varias órdenes.

Luego uno de los dos trabajadores que realizan la actividad descrita anteriormente procede a entregarle a un montacarguista la orden, explicándole la planificación hecha, el mismo se encarga de organizar los muelles de carga con las cajas de artículos terminados, una vez cargados y organizados se procede a cargar los vehículos de transporte.

En el anexo N° 1 se muestra en la distribución en planta (lay out) del almacén de producto terminado, se aprecia los muelles de carga, la zona de carga, los andenes de carga libre, entre otros.

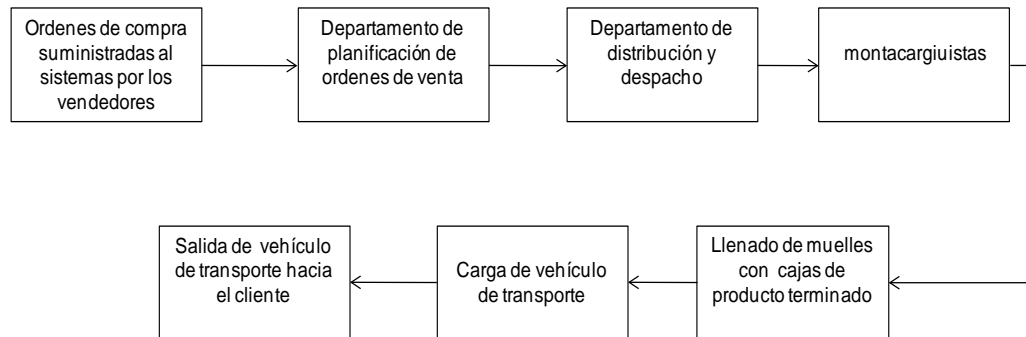
De manera general, tanto el departamento de planificación como el de distribución y despacho cumplen una función importante en el trabajo de despachar diariamente los productos de Vasos Venezolanos C.A a cada consumidor a partir del motor que impulsa todo este proceso que son las órdenes de despacho de cada cliente.

De la integración de estos procesos se generan los despachos que buscan satisfacer a los clientes en las cantidades solicitadas, con el fin de ilustrar la interacción de las actividades de estos departamentos, en la figura N° 7 se muestra el diagrama de flujo de los procesos involucrados, se visualizan las actividades y departamentos que intervienen desde el momento que se genera



una orden hasta que los vehículos de transporte salen de la planta con el producto terminado.

**Figura N°7. Diagrama de flujo de las actividades de planificación y distribución de despachos.**



**Fuente: Elaboración propia**

La empresa cuenta con varias empresas y cooperativas que le prestan servicio para el traslado de sus productos terminados, a continuación se muestra una tabla con los camiones que utiliza Vasos Venezolanos CA:

**Tabla N°1. Vehículos de transporte utilizados por la empresa.**

Transporte	Tipo de vehículo	Cantidad
Inversiones Kayola	Cortina	2
transporte car-ruiz	750	1
	canter	1
Transporte Virgen de Coromoto	dyna	2
Transporte Nunzio	750	7
	canter	10
	pick-up	3
Cooperativa Payvenca	dyna	2
	750	1
	F-8000	2
	350	6



	canter	8
	pick-up	2
Transporte Santa Rosa	cortina	1
	plat. 750	1
A&M	F-8000	2
	canter	7
	350	1
	750	1
FM2	canter	2
	F-8000	5
	pick-up	1
GSF Asociados	750	4
	canter	4
ALFRESAN	canter	14
	350	5
	F-8000	7
	dynas	2
Total		104

Fuente: Vasos Venezolanos C.A

#### IV.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Mediante entrevistas hechas a los trabajadores involucrados en el proceso, se pudo analizar como es el procedimiento que se sigue a la hora de despachar los productos en la empresa, pudieron notarse ciertas debilidades en cuanto a:

- *Desconocimiento de la capacidad de los vehículos de transporte:* El departamento de distribución y despacho no cuenta con información sobre la capacidad de los vehículos en cuanto al número de cajas que éstos pueden cargar, bien sea de cajas de una sola medida o la combinación de varios tamaños, es decir, desconoce el volumen que ocupa el producto o la carga volumétrica que se tiene que manejar, el planificador se apoya en su experiencia, para subjetivamente, determinar la cantidad de carga que puede caber en el vehículo de transporte, generando retrabajo ya que frecuentemente el camión soporta la carga en peso, pero la misma supera la capacidad volumétrica.



- *Escogencia del vehículo de transporte:* Esta selección se hace de manera subjetiva, basada en la experiencia que tienen los trabajadores. No existe ninguna información que diga qué tipo de vehículo se necesita para un pedido en específico.
- *Planificación de la cantidad de cajas a despachar diariamente:* No existe planificación previa en cuanto a este punto si no que se va ejecutando los planes de carga a medida que transcurre el día según las órdenes de ventas, el inventario y los vehículos disponibles para ese momento, por lo que no hay registro de las unidades de transporte que se requieren utilizar diariamente, lo cual trae como consecuencia no tener a disposición las unidades que se deberían de tener en el momento apropiado.
- *Cantidad de vehículos disponibles:* En ocasiones no están disponibles las 104 unidades de transporte, bien sea por estar prestándole servicio a otras empresas o por estar en mantenimiento, no existe planificación en cuanto al mantenimiento de las unidades de transporte y no se llevan controles que permitan estudiar la frecuencia con la cual se realizan o se deberían realizar, esto agrega un elemento de subjetividad a la planificación, ya que no hay la certeza de que el camión que se espera que llegue a la empresa para realizar traslados efectivamente llegará.
- *Incumplimiento con los clientes:* Debido a la diversidad de productos que se tienen que despachar al momento de generarse una orden de venta se ve evidenciada que la distribución de las cajas con producto terminado en el espacio disponible en los camiones no es la más adecuada, todo esto debido a que los planificadores no toman en cuenta la capacidad de los camiones y a la hora de realizar las cargas de los mismos, se queda mercancía sin transportar despachando menos producto de lo solicitado, situación que pudimos constatar cuando analizamos 33 órdenes de despacho de las cuales en 12 ordenes no cumplieron con la cantidad solicitada. lo cual trae molestia en los clientes por que requieren sus pedidos completos e incumpliendo en los tiempos de entrega acordados.

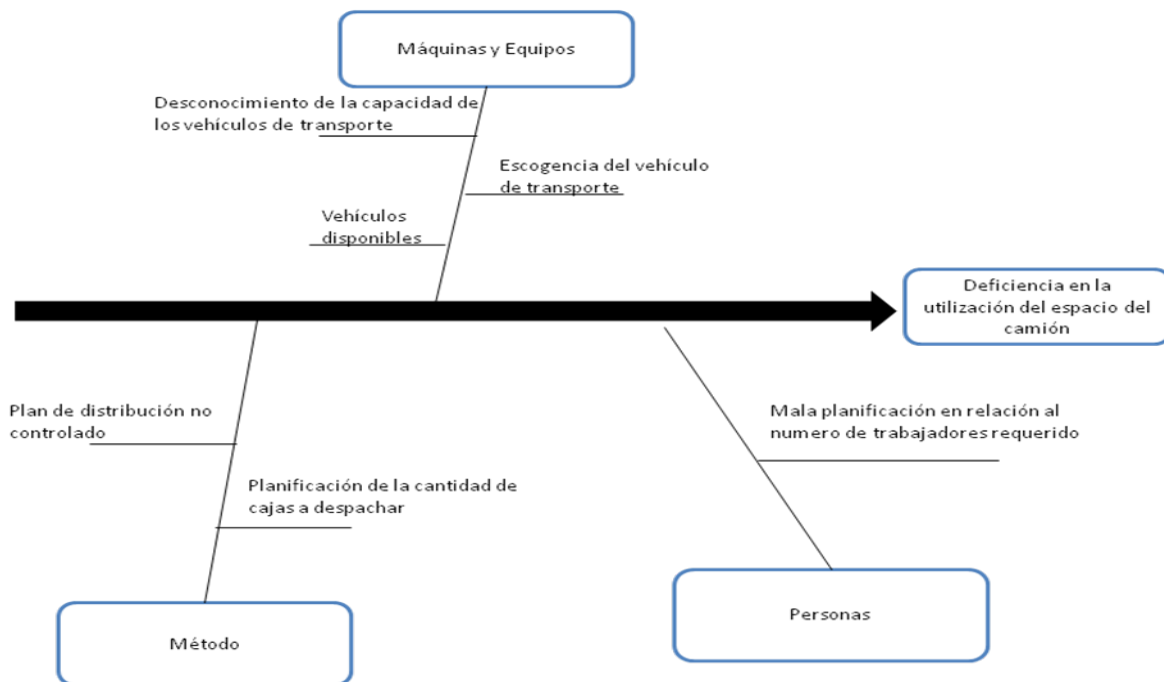




- *Plan de distribución no controlado:* No existe ningún indicador de gestión o algún mecanismo de control que permita saber si era mejor esperar a que llegara un vehículo de transporte con mayor capacidad. La empresa no tiene capacidad de medir los riesgos posibles y aceptables que se puedan correr y determinar cuales se puedan evitar.
- *Mala planificación en relación al número de trabajadores requerido:* para realizar la actividad de carga de los vehículos se requiere un número determinado de personas de acuerdo a la cantidad de cajas a cargar y al tiempo disponible. En las visitas realizadas se observó que esta planificación no es ejecutada, ya que para diferentes cantidades a cargar utilizan la misma cantidad de personas.

Con el fin de mostrar de forma simplificada las principales causas que hacen que el proceso de distribución y despacho de los productos sea deficiente, se utilizó el diagrama causa – efecto para representarlas, lo cual ayudó al desarrollo de la propuesta que se muestra en el capítulo posterior.

Figura N° 8. Diagrama Causa - Efecto

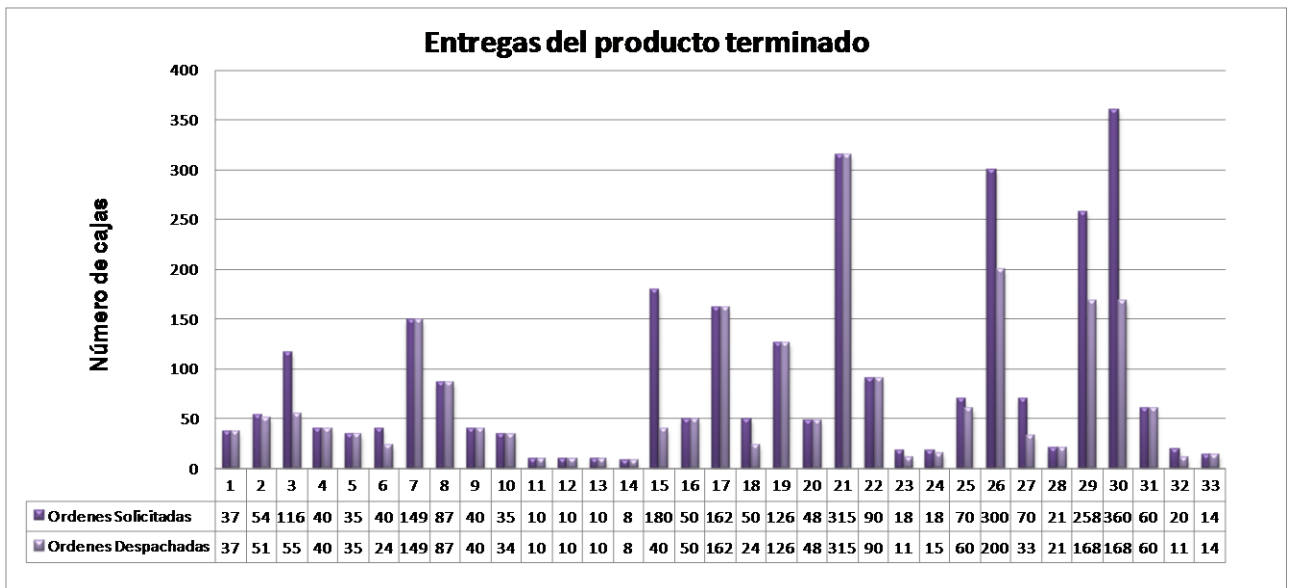


Fuente: Elaboración propia



A fin de hacer un análisis más exhaustivo, se decidió analizar 33 órdenes de despacho que el departamento facilitó, tomadas al azar, las mismas reflejan el cliente a despachar, las cantidades pedidas, la cantidad en stock y la cantidad real despachada. A continuación en el gráfico N° 9 se muestran los resultados obtenidos

Figura N° 9. Resultados obtenidos



Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en el figura anterior 21 órdenes fueron despachadas cumpliendo con la cantidad de cajas requeridas, quedando 12 órdenes despachadas sin cumplir con lo solicitado, es decir, el 63,6% de las ordenes fueron despachas satisfactoriamente en cuanto a la cantidad pedida por los clientes, esta situación se presenta por la falta de conocimiento de la capacidad de los vehículos, situación observada por las visitas realizadas a la empresa y por el análisis realizado al proceso de carga de los camiones. Ver anexo N°2.

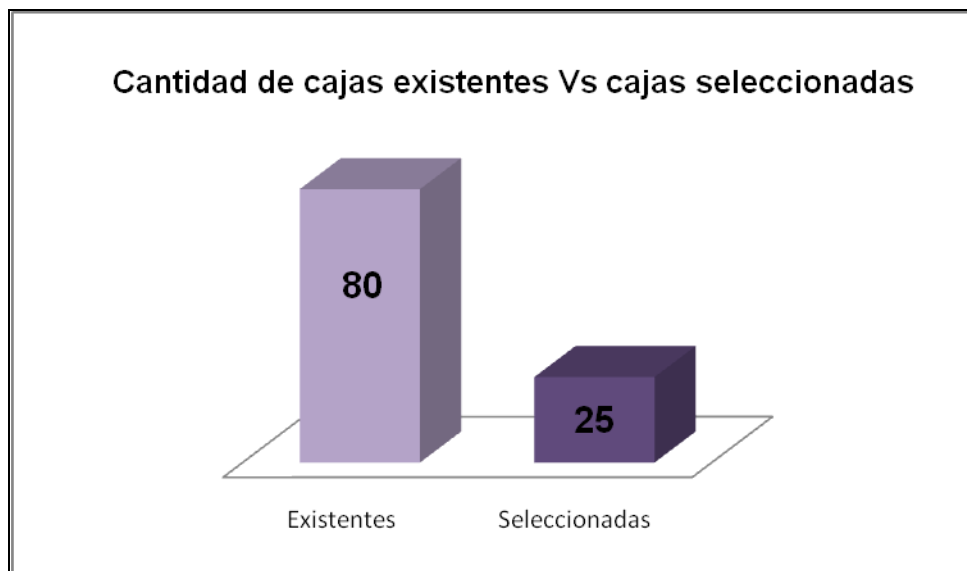


### IV.3 CAJAS SELECCIONADAS.

Al momento de definir cuantas cajas van a ser seleccionadas, nos dirigimos a hablar con el gerente de distribución y despacho para averiguar cuáles clientes son más importantes (que representan un porcentaje bastante significativo de las ventas de la empresa), expresándonos que consumidores como Colgate con su producto lavaplatos Axion, Polar Alimentos, McDonald, Wendys son primordiales, representando un 70% de interés para la empresa, debido a lo antes mencionado decidimos seleccionar las cajas con producto terminado que contienen los productos de esos clientes.

Para elegir el numero de cajas a medir se tomó en cuenta el total de cajas con productos terminados existentes y los clientes importantes. Se contó con la ayuda del analista de despacho que estaba de turno en ese momento. En la empresa existen 80 cajas de diferentes tamaños, de decidió tomar 25 de ellas para el estudio. En la siguiente figura se muestra la cantidad de cajas que se seleccionaron.

**Figura N° 10. Cantidad de cajas seleccionadas.**

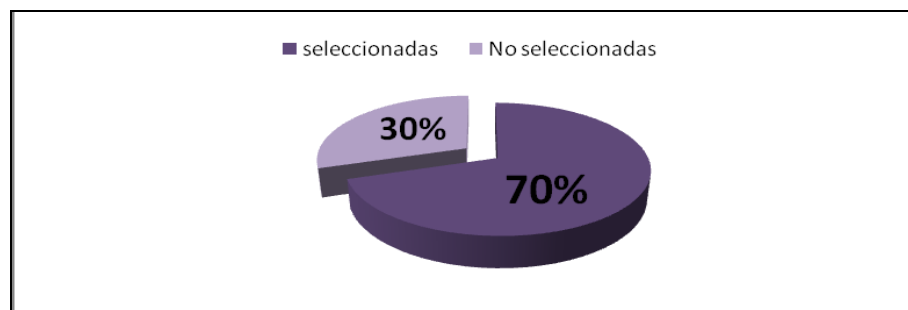


**Fuente: Elaboración propia**



Para poder constatar que se seleccionarán las que representan mayor importancia se contó con las órdenes de despacho que muestran el código, la descripción del producto y el cliente a quien va dirigido. Es importante mencionar que a pesar de que las 25 cajas representan el 31.25% del total, ellas representan los clientes más significativos para la empresa, conformando el 70% de los beneficios obtenidos por estos clientes.

**Figura N° 11. Porcentaje que representan las cajas seleccionadas con respecto a los despachos importantes**



**Fuente: Elaboración propia**

### **IV.3.1 Dimensiones de las cajas.**

Todos los cuerpos tridimensionales tienen un alto, un ancho y un largo, el espacio que ocupan dichos cuerpos recibe el nombre genérico de volumen del cuerpo. Las cajas que contienen el producto terminado son cubos que tienen 6 caras. La unidad principal de volumen es el metro cúbico, el volumen de un cubo es igual a largo por el ancho por alto.

Las dimensiones de las cajas (largo, ancho y alto) se obtuvieron con mediciones mediante la utilización de una cinta métrica.

Ver anexo N°3 donde se muestran el código, la descripción del producto y las dimensiones de las cajas seleccionadas.

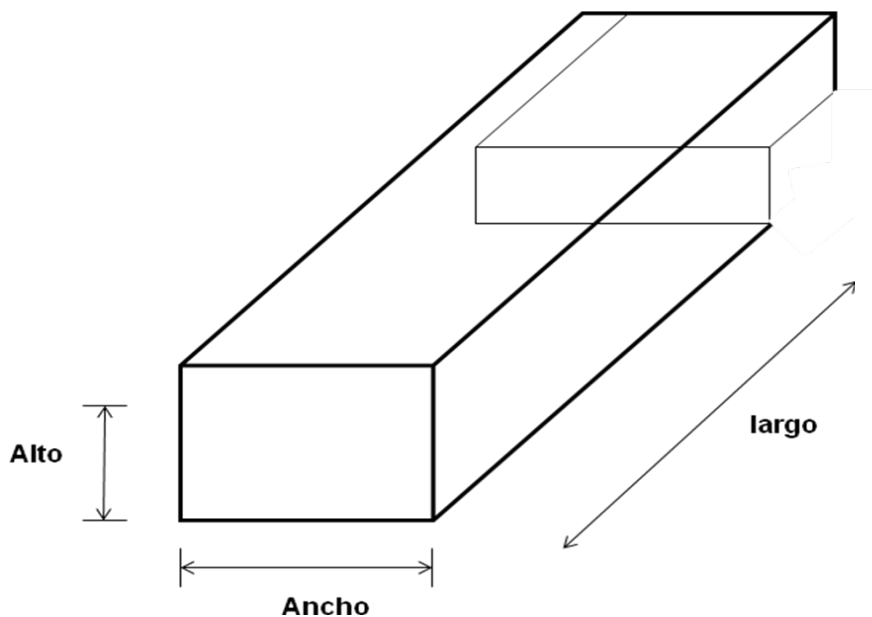


#### IV.4 VEHICULOS DE TRANSPORTE SELECCIONADOS.

Al momento de seleccionar los camiones, se contó con la ayuda de los choferes correspondientes y trabajador. Se tomaron en cuenta camiones tipo: canter, Dyna, 350, 750 y Cortina debido a que estos son los utilizados para despachar los productos, desde su almacén ubicado dentro de la planta hacia sus clientes. Los camiones tipo: pick up, plat-750 y F-8000 son usados para trasladar los productos a su segundo almacén ubicado en San Vicente edo. Aragua.

Al momento de realizar las mediciones no se tomó en cuenta la altura completa de los camiones canter, dyna, 350 y 750, ya que se tiene que dejar una holgura, es decir las cajas no deben llegar hasta arriba. Igualmente al medir el largo no se contempló el espacio en la parte superior de la cabina. (Ver anexos N°4 y N°5). Para el camión tipo cortina se contempló todo el largo debido a que en este tipo de camión las cabinas son independientes del chuto. En la siguiente figura se demuestra lo explicado.

Figura N° 12. Cabinas de los vehículos.



Fuente: Elaboración propia.



### **IV.4.1 Dimensiones de los vehículos de transporte.**

Se obtuvieron a través de la observación directa utilizando una cinta métrica con suficiente alcance (10 metros) las medidas de los camiones en cuanto al largo, el ancho y el alto de las cabinas. En el Anexo N°6. Se muestran las dimensiones de los camiones.

***CAPÍTULO V: DISEÑO DEL ALGORITMO GENÉTICO.***



En este capítulo se hace una descripción del algoritmo genético planteado con el propósito de explicar las consideraciones que se tomaron en cuenta a la hora de diseñar el algoritmo genético, considerando como aplica cada uno de los operadores genéticos en el programa finalizando. Se hace referencia a la operación del mismo, también se exhibirá esquemáticamente su implementación.

Por otra parte es de interés primordial señalar que tanto el diseño como la implementación posterior se encuentran enfocadas hacia la programación orientada a eventos, razón por la cual, como ya fue señalado, se usó para su implantación el lenguaje Visual Basic.

Se presenta un método para mejorar el uso del espacio disponible en los camiones, primeramente seleccionando un vehículo que tenga una capacidad suficiente para un cierto número de cajas para luego mostrar cómo es la mejor distribución de ellas en el área disponible, todo esto con el objetivo de mejorar el proceso de planificación y toma de decisiones en el departamento de distribución y despacho de la empresa.

### **V.1 ALGORITMO GENÉTICO PLANTEADO**

El problema consiste en organizar de la mejor manera las cajas dentro de los vehículos de transporte, tal que el total del volumen de finitas cajas no exceda un valor máximo (capacidad volumétrica de los camiones), para así minimizar el desperdicio de espacio.

En el caso específico de este estudio es importante acotar que los pesos de las cajas se consideran despreciables ya que el tipo de producto que maneja la empresa son piezas de plásticos que poseen un poco peso y por ende se realiza dicha acotación.





Se inicia con la definición de una forma apropiada de representación del cromosoma, primero se realiza una búsqueda tomando en cuentas las cajas en que tipo de camión van a ir distribuidas, posteriormente se procede a la distribución de las cajas en el espacio del camión. Se estima que el algoritmo primero obtenga el camión a utilizar y seguido busque ordenar las cajas tal que use la menor cantidad de espacio disponible, para así minimizar el desperdicio de espacio.

### V.1.1 Función de aptitud o de evaluación.

Esta función es la encargada de la evaluación de las cargas genéticas de cada uno de los individuos generados en todas y cada una de las generaciones del algoritmo genético. Para ello, la misma opera mediante patrones de conducta (propiedades que caracterizan a un individuo perfecto), los cuales irán suministrando información favorable o desfavorable a cada individuo sometido al chequeo; con la finalidad de hacerlo apto para continuar su trayectoria a través de las siguientes generaciones o morir.

El algoritmo genético a presentar, posee patrones de conductas relacionados al ordenamiento de una carga de cajas dentro de un vehículo (camión de carga); entre los cuales, fue necesaria la consideración de las siguientes características para el chequeo:

**V.1.1.1 Cantidad de vehículos empleados para el envío de la carga:** la utilización de múltiples camiones para un envío o traslado de mercancía, es penado con la cantidad de 5 puntos. El algoritmo intentará buscar una solución que implique el mínimo de vehículos; con la finalidad de administrar de la mejor manera los recursos disponibles.

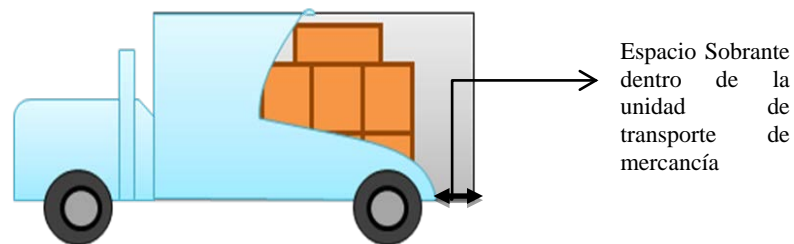
Fitness= Fitness + 5 \* cantidad\_camiones



**V.1.1.2 Espacio sobrante en vehículos:** la selección del camión para el traslado de mercancía, implica la toma aleatoria de cualquiera de estos que esté disponible, lo que no garantiza que se utilice el vehículo más idóneo, lo que se busca es obtener el vehículo donde la mercancía se encuentre contenida de la manera más justa o exacta, sin espacios de sobra. Esta característica es penada con una cantidad de 10 puntos por metro cuadrado sobrante.

$$\text{Fitness} = \text{Fitness} + 10 * \text{cantidad\_metro\_cuadrado\_sobrante}$$

**Figura N°13. Ejemplo del vehículo**



**Fuente: Elaboración propia**

Esta función, es la encargada de chequear las aptitudes de cada individuo; ya sea mutado o cruzado; la misma da una puntuación a los mismos, lo que hace que, el algoritmo genético lo identifique como mejor o peor; con la finalidad de eliminarlos o mantenerlos.

Ahora bien, basando tal concepto con el tema estudiado; el fitness chequea dos características muy importantes, las cuales son el espacio sobrante (Penalizado con 10 puntos por metro cuadrado) y la cantidad de camiones empleados para el traslado de la mercancía (Penalizado con 5 puntos por camión).

Ejemplo, si se tiene que, existen tres (3) individuos con características diferentes como:

- Individuo A:
  - ✓ Cantidad Camiones = 2



- ✓ Espacio sobrante del camión 1= $1\text{m}^2$
- ✓ Espacio sobrante del camión 2= $3.34\text{m}^2$
- ✚ Fitness (Individuo A)=  $5*2 + (10*1+10*3.34)$
- ✚ Fitness (Individuo A)= 53.40
  
- Individuo B:
  - ✓ Cantidad Camiones = 3
  - ✓ Espacio sobrante del camión 1= $1.51\text{m}^2$
  - ✓ Espacio sobrante del camión 2= $1.26\text{m}^2$
  - ✓ Espacio sobrante del camión 3= $0.58\text{m}^2$
  
  - ✚ Fitness (Individuo B)=  $5*3 + (10*1.51+10*1.26+10*0.58)$
  - ✚ Fitness (Individuo B)= 48.50
  
- Individuo C:
  - ✓ Cantidad Camiones = 2
  - ✓ Espacio sobrante del camión 1= $2.56\text{m}^2$
  - ✓ Espacio sobrante del camión 2= $1.33\text{m}^2$
  
  - ✚ Fitness (Individuo C)=  $5*2 + (10*2.56+10*1.33)$
  - ✚ Fitness (Individuo C)= 48.90

Peor Individuo

De este modo, al ordenar tales fitness tendremos:

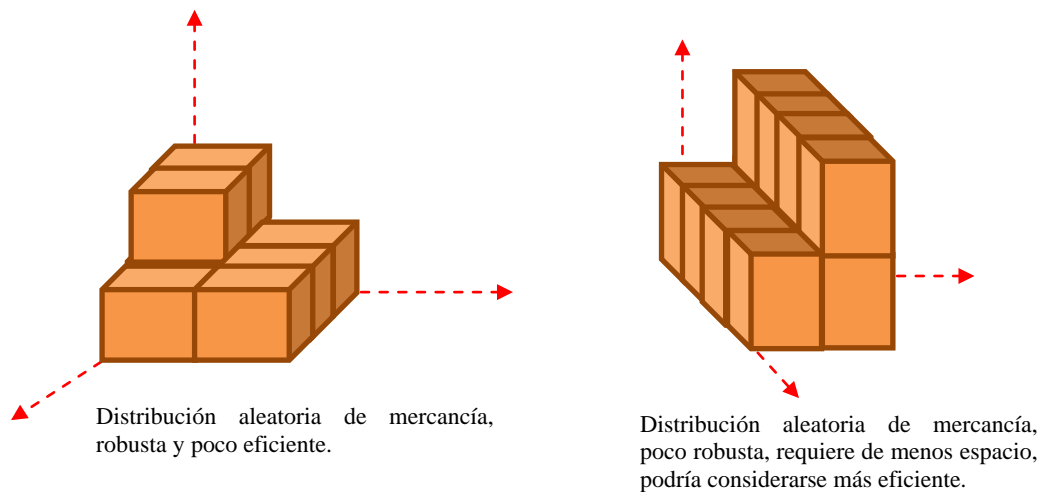
Individuo B, Fitness[48.50]	Individuo C, Fitness[48.90]	Individuo A, Fitness[53.40]
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Mejor Individuo



**V.1.1.3 Ordenamiento de la mercancía:** una vez seleccionado el (los) camión (es) se le asigna una distribución aleatoria de las cajas o mercancía dentro del mismo, pero tal distribución puede estar obligando al algoritmo al empleo de más vehículos, o simplemente al desperdicio de espacio. Esta característica se penaliza de manera diferente a las demás, se toma en consideración un ordenamiento primario, y se recorre el algoritmo para visualizar el que consuma menor espacio y cantidad de vehículos; esta opción, sumada a las cantidades de Fitness arrojadas por los caracteres anteriores, hacen del individuo un ser apto o no apto para continuar su trayectoria.

**Figura N°14. Ordenamiento**



**Fuente: Elaboración Propia**

### V.1.3 Representación de los individuos.

El desarrollo de un algoritmo genético, está representado básicamente en la simulación de un individuo (ser humano), un ente con rasgos y características que; en este caso, tales descripciones, forman parte de una solución a un problema.

De esta manera, se agrega que, un individuo está compuesto por una cantidad N de genes los cuales definirán tales rasgos y características; que fueron mencionadas con anterioridad; por tal razón, para la creación o desarrollo de los



individuos que forman parte del algoritmo genético empleado, en la propuesta descrita, requieren de un camión o varios y la distribución de la mercancía (cajas) dentro del mismo.

En otras palabras el gen del algoritmo genético, contiene un espacio de memoria requerido para el registro de (los) camión(es) a utilizar para ofrecer una solución; además de las cajas que este podrá transportar.

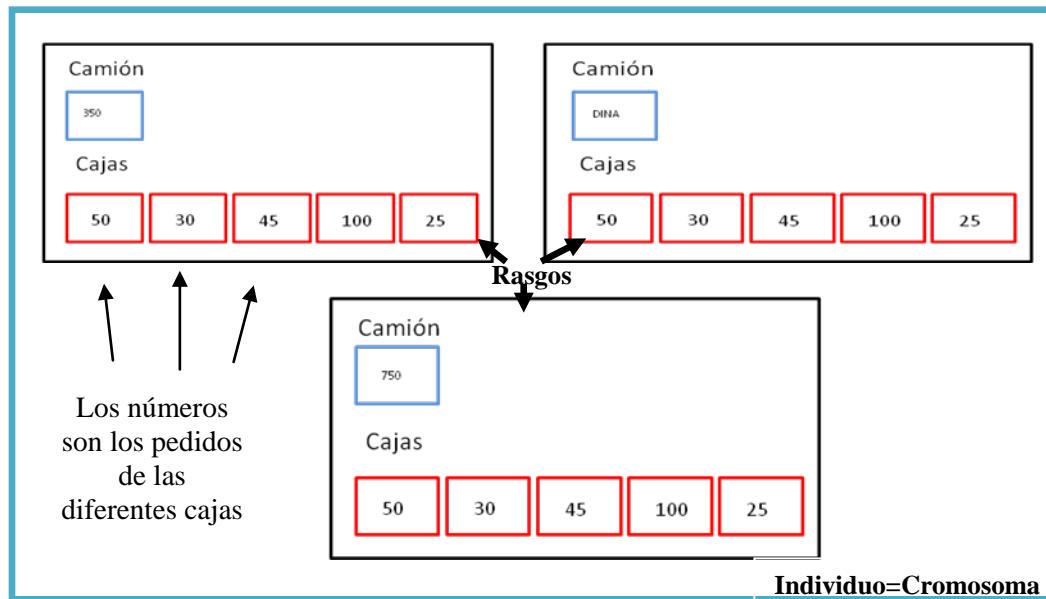
Es importante resaltar que, un individuo es un patrón formado mediante los rasgos dados de N cantidades de genes; en consecuencia, para un algoritmo genético, un individuo es igual a un cromosoma, lo que no es más que, la posible solución a un problema (caso particular propuesto).

Con relación a lo anterior, se muestra la representación gráfica de un individuo empleado en el algoritmo genético:

La figura N°15, muestra de manera esquematizada un individuo; donde el mismo, fue cargado con 3 camiones; en los cuales se distribuyeron una serie de cajas de diferentes tipos y distintas denominaciones.



Figura N°15. Representación de un individuo.



Fuente: Elaboración propia.

#### V.1.4 Tamaño de la población.

Una población, en computación evolutiva, representa una cadena de individuos que forman parte de una comunidad, tales seres, como se ha venido aclarando con anterioridad, no son más que soluciones a un problema planteado.

Ahora bien, el tamaño de la población será un factor variante dentro del algoritmo genético, ya que el mismo es definido por el usuario que manipula la aplicación; claro está, que mientras más individuos, se pueden obtener mayores números de respuestas al problema.

Es muy relevante recalcar, que el propósito del algoritmo genético está basado en la creación de individuos de manera aleatoria (para ello se emplean tasas de selección o torneo), los cuales tendrán en su interior (genes), soluciones, buenas, malas o regulares; el objetivo es, ir chequeando uno a uno para ver quien satisface de mejor manera el problema (Fitness).



### V.1.5 Selección.

La tasa de Selección por torneo es simplemente con el propósito de seleccionar la cantidad de camiones que se usará para trasladar las diferentes cajas con producto terminado. La tasa de selección varía entre 0 y 1, mientras más se acerca a 1 aumenta la probabilidad de enviar todo en un solo camión, en caso contrario utiliza varios camiones para trasladar las cajas.

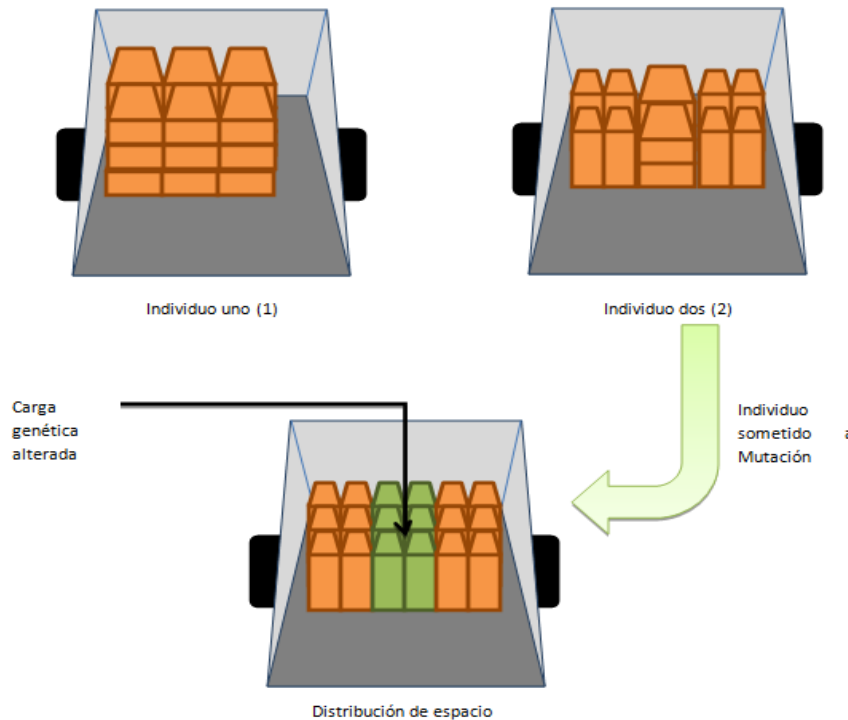
### V.1.6 Mutación.

El operador de mutación es el encargado de cambiar el orden aleatoriamente de las cargas genéticas dentro de un cromosoma (individuo); con la finalidad de que, posiblemente se encuentre un ser de mejor aptitud para la sobrevivencia.

El proceso de mutación realiza lo siguiente, luego de que ya se conoce que camión se va a utilizar, viene el proceso de ubicar las cajas. Las cajas son sometidas al proceso de mutación según el porcentaje de mutaciones seleccionado escogiéndolos aleatoriamente, la mutación aplicada consiste en cambiar la posición (rotar de manera que consiga una mejor ubicación).

El usuario puede también escoger a voluntad el porcentaje de individuos de la población que sufrirán mutación.

Figura N°16. Ejemplo del funcionamiento de la tasa de mutación.



**Fuente: Elaboración propia.**

### V.1.7 Cantidad de generaciones.

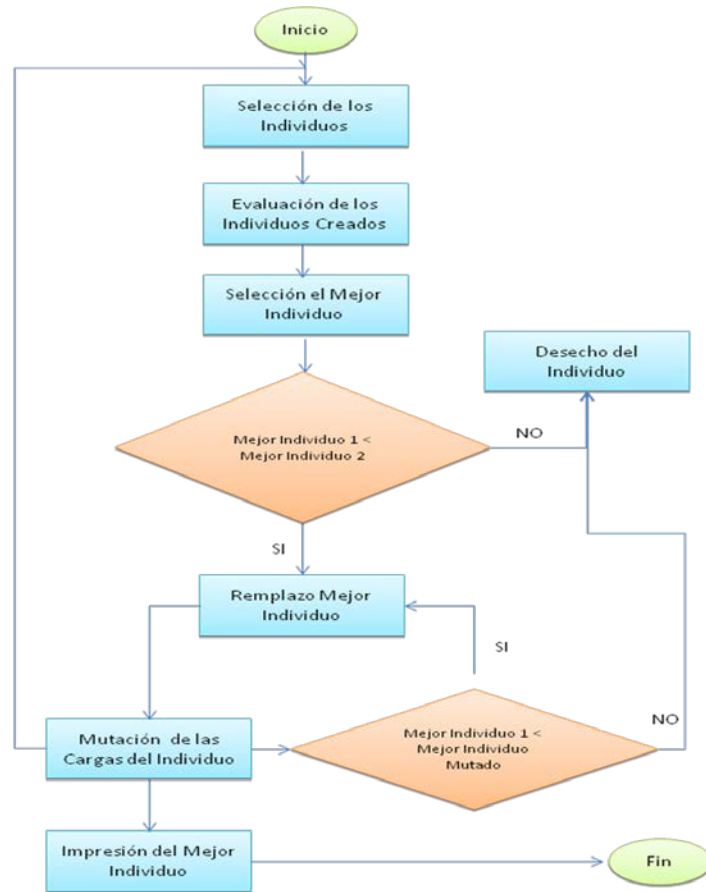
El programa permite variar a voluntad la cantidad de generaciones, éste dependerá del usuario, por ejemplo: si el usuario considera 200 generaciones y observa que el algoritmo opera más lento en comparación si escogiera 100 generaciones, llegando en ambos casos al mismo resultado, finalmente escoger 100 generaciones es lo más apropiado.

Seguidamente se muestra el Algoritmo Genético propuesto en un Diagrama de Flujo.





Figura N°17. Diagrama de flujo del algoritmo genético propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

## V.2 CARTA ESTRUCTURADA DEL ALGORITMO DISEÑADO.

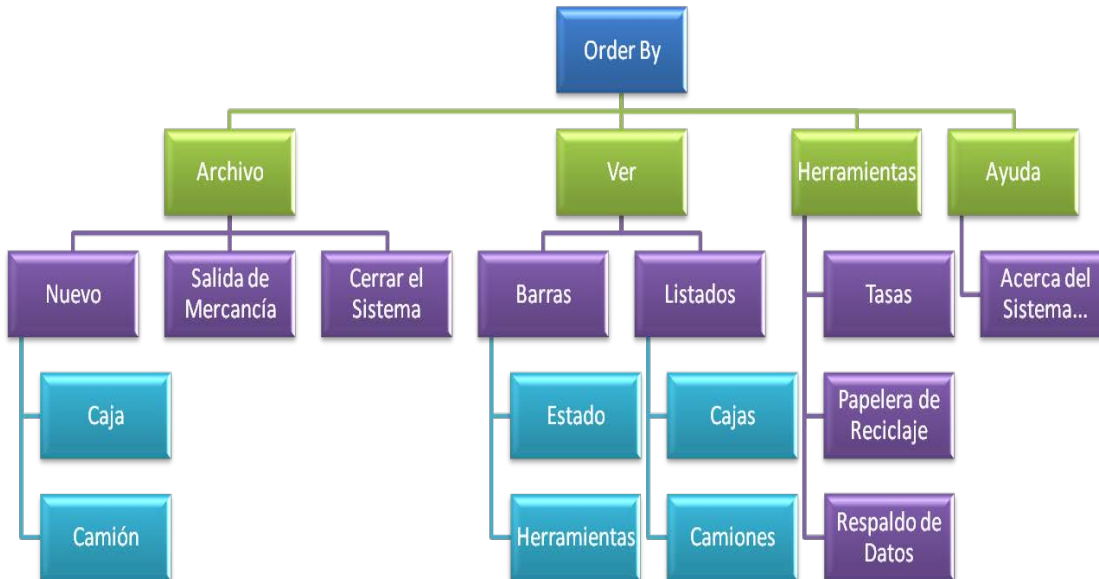
Según (Kendall & Kendall, 2005) define la carta estructurada como una metodología de análisis y diseño de sistemas de análisis estructurado, sencillamente muestra un mapa de diseño de arriba hacia abajo, tipo jerárquico, en el que se detalla cómo será construido e integrado el proyecto.

En la carta estructurada del algoritmo, se representan gráficamente el entorno de la aplicación o sistema a desarrollar. En este sentido, muestra a manera de diagrama las extensiones u ofrecimientos emitidos por el mismo. A



continuación se presentan la carta estructurada del algoritmo, se debe acotar que el nombre del algoritmo será: “Order BY”.

**Figura N°18. Representación esquemática del algoritmo genético implementado en Visual Basic.**



**Fuente: Elaboración propia.**

La carta estructurada de “Order By”, se encuentra dividida en cuatro (4) sub menús, los cuales son archivo, ver, herramientas y ayuda:

- **Archivo:** contiene todo lo representativo al manejo y manipulación de datos:
  - **Nuevo:** permite el mantenimiento de las tablas bases camión y cajas con los cuales el algoritmo genético puede operar.
  - **Salida de Mercancía:** permite el ordenamiento optimizado (por medio de algoritmos genético), de las cantidades de mercancía a trasladar.
  - **Cerrar el Sistema:** permite la salida de la aplicación.



- **Ver:** contiene todo lo representativo a salida de datos y visualización de entornos de pantalla.
  - **Barras:** permite mostrar u ocultar las barras de acceso directo y estado, que proporciona el sistema u aplicación.
  - **Listados:** permite mostrar listados de los datos almacenados en la base de datos de la aplicación (cajas, camiones).
- **Herramientas:** contiene todo lo relacionado al manejo de variables ineludibles para un correcto funcionamiento del algoritmo genético y el resguardo de datos.
  - **Tasas:** permite manipular las tasas de mutación, torneo o selección, población y generaciones del algoritmo genético.
  - **Papelera de Reciclaje:** permite la recuperación o eliminado de elementos del sistema.
  - **Respaldo de Datos:** permite respaldar la información contenida en la base de datos, para prevenir posibles averías.
- **Ayuda:** muestra un contenedor sobre los fabricantes del sistema y versiones del mismo.

La plataforma NET de Microsoft, suministra un amplio conjunto de soluciones predefinidas para dar solución a las necesidades generales de la programación, ella soporta el lenguaje visual basic, el cual se utilizó para crear la herramienta que cumpliera con el objetivo de la investigación, por ser un lenguaje perfectamente compatible con el sistema operativo Windows.

Con esta herramienta se pudo crear formularios que generan consultas a una base de datos.

### V.2.1 Manejador de base de datos (Access) de Microsoft.

Una base de datos es un conjunto de datos los cuales se necesitan administrar. Las diferentes tipos de cajas y camiones se registraron en Microsoft



Access por ser una herramienta de administración de bases de datos que permite reunir de manera sencilla los datos.

Se almacenó en forma de tabla, para que se evidenciara variables como el código, la descripción y las dimensiones de las cajas. (Ver anexo N°7)

De manera análoga se hizo con los vehículos de transporte. Registrándose el tipo de camión (nombre que lo identifica) y sus dimensiones. (Ver anexo N°8)

***CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.***



Este capítulo corresponde a los resultados que fueron logrados a partir de la aplicación del algoritmo genético diseñado, se inicia presentando los resultados de las diversas corridas realizadas, estudiando las diferentes combinaciones de los operadores genéticos (Selección, Mutación), todo esto con el objetivo de mostrar como varían las soluciones para así poder concluir sobre su comportamiento en la búsqueda de la solución.

El estudio consistió en 2 fases:

- Estudiar el efecto de los operadores genéticos, estableciendo casos donde se variaron los operadores genéticos (Selección y Mutación) para observar qué sucedía. Para cada combinación resultante se elaboraron graficas en relación a la aptitud de los individuos para representar la trayectoria del peor, el promedio y el mejor individuo.
- Una vez encontrado la mejor combinación de los porcentajes de Selección y Mutación, se ejecuta el programa para ciertas cantidades de cajas distintas, colocando algunos de los camiones disponibles para detallar cómo se comportaba el algoritmo diseñado.

### VI.1. RESULTADOS

#### VI.1.1 Tamaño de la población y cantidad de generaciones.

Al momento de evaluar cómo trabaja el algoritmo cuando la cantidad de generaciones y población a seleccionar es grande, 350 y 300 respectivamente, se obtiene que el tiempo de ejecución sea considerablemente muy alto (aproximadamente entre unos 30 – 45 min, dependiendo también de la velocidad de procesamiento del sistema donde se utilizará el algoritmo genético), es decir, el algoritmo emplea una cantidad mayor de tiempo en dar la solución. Cuando se elige un tamaño de población y una cantidad de generaciones altas, el algoritmo procesará la misma solución pero empleando un tiempo mucho mayor en comparación con un tamaño de la población y una cantidad de generaciones



pequeñas, para un tamaño de población de 100 y una cantidad de generaciones de 20 se garantiza que el tiempo de procesamiento sea eficiente arrojando una buena solución. Se empleó para analizar los casos N° 4, 5, 6 un tamaño de la población de 100 y una cantidad de generaciones de 20.

### **VI.1.2 Porcentaje de selección.**

El porcentaje de selección varía entre 0 y 1, donde aquellos individuos más aptos (los correspondientes a las mejores soluciones contenidas en la población) estarán representados un mayor número de veces que los pocos aptos a medida que la tasa de selección aumenta. Se fue analizando cómo se comporta el algoritmo empezando con una tasa de selección de 0,5.

### **VI.1.3 Porcentaje de mutación.**

A objeto de observar la variación de los resultados cuando se seleccionan diferentes porcentajes de selección, se corrió el algoritmo genético inicialmente con una tasa de 0,1 (10%), posteriormente con una tasa de 0,5 (50%) y finalmente se ejecutó el programa con una tasa de mutación de 1 (100%).

Mostrar todas las posibles combinaciones de las diferentes alternativas sería una labor muy extensa motivo por el cual se presentan a continuación algunos casos seleccionados.

El programa muestra cual es la distribución de las cajas dentro de los camiones, esto lo hace en forma de capas (capas). Para interpretar esto, las capas (capas) van de adentro hacia afuera en los camiones.

Se analizaron 3 de órdenes de despacho de la empresa, donde se especifica la cantidad de cajas seleccionadas. Para los casos N°1,2 y 3 se tomo la misma orden de despacho dejando los 5 tipos de vehículos disponibles para analizar cómo se comportaba el algoritmo variando la tasa de mutación y la tasa de selección. Se tomo una segunda orden para el caso N°4 dejando todos los camiones disponibles. Para el caso N°5 se tomo la misma orden del caso N°4 pero a diferencia se dejaron todos los camiones disponibles excepto el vehículo tipo



350. Finalmente se tomo la tercera orden de despacho para el caso N°6. A continuación se muestran los 3 pedidos que fueron tomados en cuenta para analizar los resultados obtenidos por el algoritmo genético diseñado.

**Tabla N° 2. Pedido de Orden N°1**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad pedida (cajas)</b>
EOBPN-01000000	BASE Y3 MCDONALS 4X 25	45
EOVPN-01000004	TAPA Y3 MCDONALS 4X 25	35
SICCW-01000000	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	70

**Fuente: Vasos Venezolanos C.A**

**Tabla N° 3. Pedido de Orden N°2**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad pedida (cajas)</b>
EOBPN-01000000	BASE Y3 MCDONALS 4X 25	50
EOVPN-01000004	TAPA Y3 MCDONALS 4X 25	50
SIBHN-02500005	BASE Y5 MCDONALS 4X 25	45
SIBHW-00900056	TAPA Y5 MCDONALS 4X 25	20
SICCW-01000000	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	45
SIBHW-01800013	VASO 14-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	60
SIVHW-00200010	VASO 16-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	20
STVHZ-01200000	VASO V6 MC DONALS 1 X 500	10

**Fuente: Vasos Venezolanos C.A**

**Tabla N° 4. Pedido de Orden N°3**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad pedida (cajas)</b>
VPFYW-01200011	VASO 14-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	90
VPFYW-01600014	VASO 16-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	110
VPFYW-02100017	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	70

**Fuente: Vasos Venezolanos C.A**

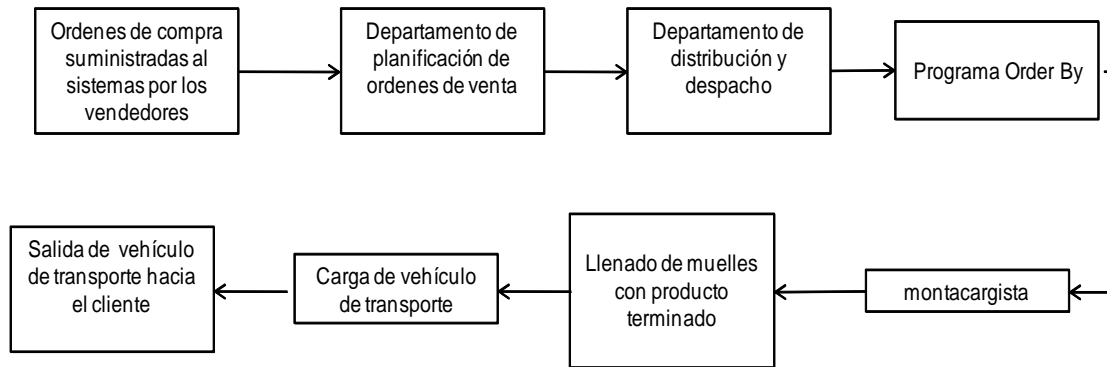
El programa Order by será usado por la empresa en el departamento de distribución y despacho. En el siguiente diagrama de flujo donde se evidencian las





actividades involucradas en el proceso, se muestra específicamente en que parte será usado del programa.

**Figura N°19. Diagrama de flujo de las actividades de planificación y distribución de despachos incluyendo el uso del programa Order By.**



**Fuente: Elaboración propia.**

## VI.1.4 Caso N°1

Para conseguir una solución que tenga un mejor arreglo de las cajas dentro de los camiones, se ejecutó el programa fijando a la población en 100, la tasa de selección en 0,5, la tasa de mutación en 0,1 y finalmente un número de generaciones de 20. (Ver figura N°20).

**Figura N°20. Valores seleccionadas para el caso N°1.**

The screenshot shows a window titled "Formulario para el Control de Tasas". It contains a "Generalidades:" section with four input fields: "Población:" with the value 100, "Tasa de Selección:" with 0,5, "Tasa de Mutación:" with 0,1, and "Generaciones:" with 20. To the right of these fields are two buttons: "Restablecer" and "Aplicar".

**Fuente: Algoritmo genético Order By.**



Para elegir las cajas y sus respectivas cantidades se procedió a seleccionarlas de la orden de despacho N°1 donde específicamente el negocio de comida rápida Mcdonalds solicitaba ciertos productos, todo esto con el fin de apreciar cómo se comporta el algoritmo. (Ver figura N°21)

**Figura N°21. Tipo y cantidad de cajas seleccionadas para el caso N°1.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD
1	EOBPN-01000000	0,46	0,38	0,545	0,095266	45
2	EOVPN-01000004	0,82	0,415	0,39	0,132717	35
3	SICCW-01000000	0,378	0,305	0,344	0,03965976	70

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

En relación a la cantidad de camiones, en la base de datos se encuentra la disponibilidad de los 5 tipos de camiones. (Ver figura N°22).

**Figura N°22. Camiones disponibles para el caso N°1.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	DISPONIBILIDAD
1		350	2,1	3	1,9	11,97 SI
2		750	2,6	2,1	5	27,3 SI
3	CANTER		2	2,2	4,1	18,04 SI
4	CORTINA		2,5	2,4	6,1	36,6 SI
5	DINA		4,1	2	2,2	18,04 SI

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

La solución según las cajas seleccionadas y sus cantidades respectivamente, los camiones disponibles y los parámetros establecidos se muestran a continuación.



### 1.4.1 Tipo de Camión:

En primera instancia el algoritmo muestra el camión seleccionado. (Ver figura N°23)

Figura N°23. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso N°1.



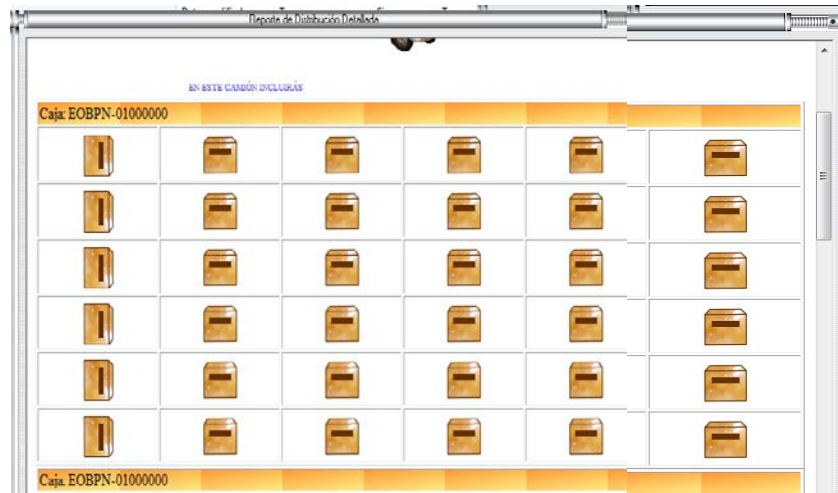
Fuente: Algoritmo genético Order By.

### 1.4.2 Distribución de las cajas

*Primera camada:* en la primera columna están orientadas 6 cajas iguales, en las siguientes 5 columnas están distribuidas de la misma manera, estas cajas son tipo EOBPN-1000000. (Ver figura N°24).



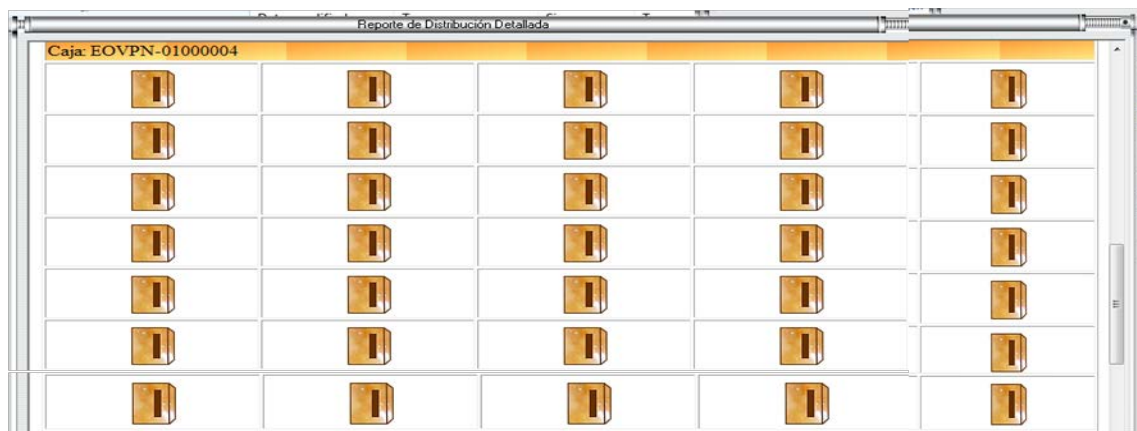
**Figura N°24. Distribución de las cajas en la primera camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Segunda camada:* La capa tiene 5 filas y 7 columnas para un total de 35 cajas tipo EOVPN-01000004. (Ver figura N°25)

**Figura N°25. Distribución de las cajas en la tercera y cuarta camada.**

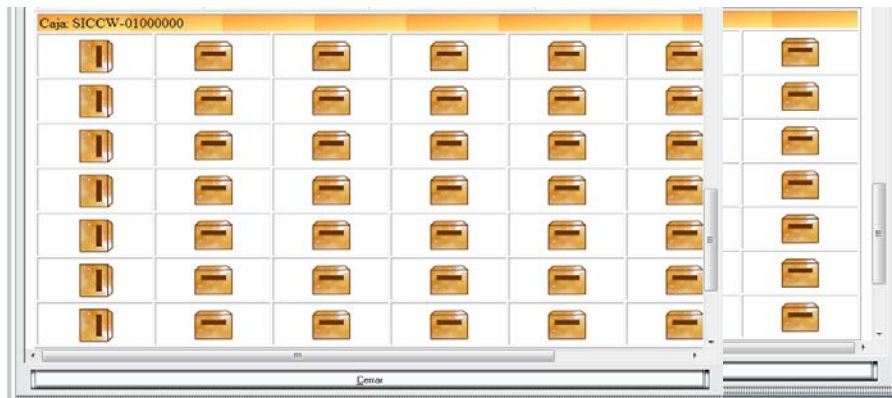


Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Tercera camada:* la primera columna de 7 cajas están orientadas de la misma manera para luego sumárseles 6 columnas por 7 filas para un total de 49 cajas, estas mismas son del tipo SICCW-01000000. (Ver figura N°26)



**Figura N°26. Distribución de las cajas en la tercera camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Cuarta camada:* En esta capa hay en total 21 cajas para contemplar las 75 cajas tipo SICCW01000000. (Ver figura N°27)

**Figura N°27. Distribución de las cajas en la quinta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Quinta camada:* En esta capa se muestran las 9 cajas restantes del tipo EOBPN01000000, para un total de 45, el cual fue la cantidad suministrada inicialmente. (Ver figura N°28).



**Figura N°28. Distribución de las cajas en la sexta camada.**

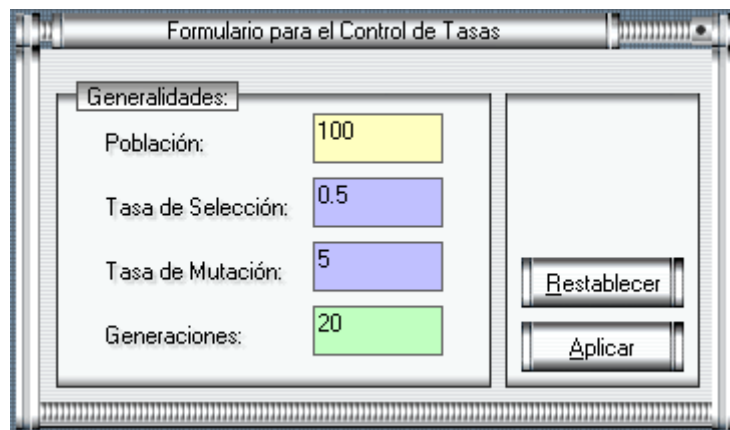


Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

### VI.1.5 Caso N°2

Para conseguir una solución que tenga un mejor arreglo de las cajas dentro de los camiones, se ejecutó el programa fijando a la población en 100, la tasa de selección en 0,5, la tasa de mutación en 0,5 y finalmente un número de generaciones de 20. (Ver figura N°29)

**Figura N°29. Valores seleccionadas para el caso N°2.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Para elegir las cajas y sus respectivas cantidades se procedió a seleccionarlas de la orden de despacho N°1 al igual que en el caso N°1. Se seleccionaron 45 cajas de EOBPN01000000, 35 cajas de EOVPN01000004 y 70



cajas tipo SICCW01000000, dejando disponible igualmente todos tipos de camiones. (Ver figura N°30)

**Figura N°30. Tipo y cantidad de cajas seleccionadas para el caso N°2.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD
1	EOBPN-01000000	0,46	0,38	0,545	0,095266	45
2	EOVPN-01000004	0,82	0,415	0,39	0,132717	35
3	SICCW-01000000	0,378	0,305	0,344	0,03965976	70

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

La solución según las cajas seleccionadas y sus cantidades respectivamente, los camiones disponibles y los parámetros establecidos se muestra a continuación.

**1.5.1 Tipo de camión:** el algoritmo sugiere usar un vehículo 350 para transportar todas las cajas. (Ver figura N°31)



Figura N°31. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso N°2.

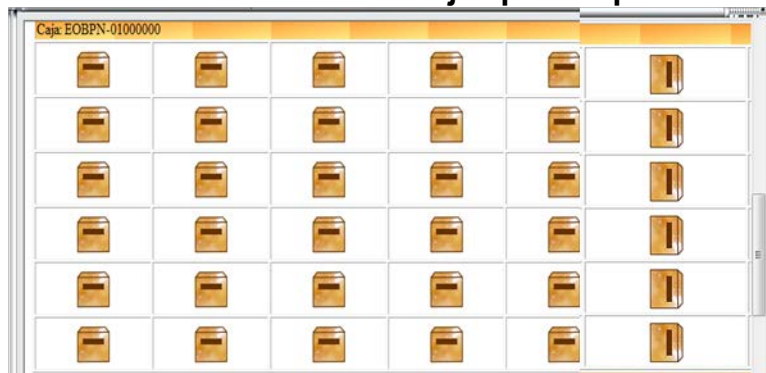


Fuente: Algoritmo genético Order By.

### 1.5.2 Distribución de las cajas

*Primera camada:* en esta primera capa se ve un total de 36 cajas, de esas las primeras 5 filas van posicionadas en la misma posición, y en la última fila cambia la orientación de las cajas. (Ver figura N°32).

Figura N°32. Distribución de las cajas para la primera camada.



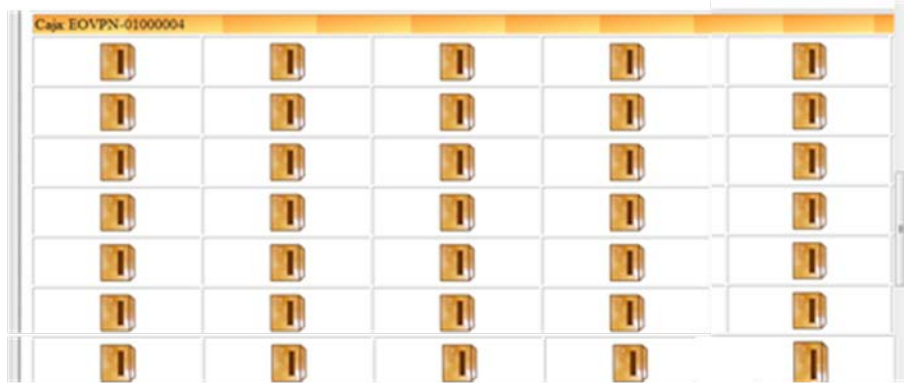
Fuente: Algoritmo genético Order By.





*Segunda camada:* La capa tiene 35 cajas tipo EOVPN01000004, en 7 filas por 5 columnas. (Ver figura N°33)

**Figura N°33. Distribución de las cajas para la tercera y cuarta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Tercera camada:* Se evidencia 6 columnas por 7 filas dando un total de 42 cajas en el mismo orden, quedando una columna de 7 cajas en diferente orientación, para un total de 49 cajas tipo SICCW-010000000. (Ver figura N°34).

**Figura N°34. Distribución de las cajas para la quinta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



*Cuarta camada:* 6 columnas por 3 filas para un total de 18 cajas en la misma posición y 3 cajas con diferente orientación para completar las 21 cajas que faltan del tipo SICCW01000000. (Ver figura N°35)

**Figura N°35. Distribución de las cajas para la sexta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Quinta camada:* En esta capa se muestran las 9 cajas restantes del tipo EOBN01000000, para un total de 45, el cual fue la cantidad suministrada inicialmente. (Ver figura N°36)

**Figura N°36. Distribución de las cajas para la segunda camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

## VI.1.6 Caso N°3

Para conseguir una solución que tenga un mejor arreglo de las cajas dentro de los camiones, se ejecutó el programa fijando a la población en 100, la tasa de selección en 0,75, la tasa de mutación en 1 y finalmente un número de generaciones de 20. (Ver figura N°37)



Figura N°37. Valores seleccionados para el caso 3.

Generalidades:	
Población:	100
Tasa de Selección:	0.75
Tasa de Mutación:	1
Generaciones:	20

Restablecer

Aplicar

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Se tomo de la misma manera la orden de despacho N°1, en la cual el cliente pide 45 cajas de EOBN01000000, 35 cajas de EOVPN01000004 y 70 cajas tipo SICCW01000000, dejando disponible igualmente todos tipos de camiones.

La solución según las cajas seleccionadas y sus cantidades respectivamente, los camiones disponibles y los parámetros establecidos se muestra a continuación.

**1.6.1 Tipo de camión:** el algoritmo sugiere usar un vehículo 350 para transportar todas las cajas. (Ver figura N°38).



Figura N°38. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar en el caso 2.



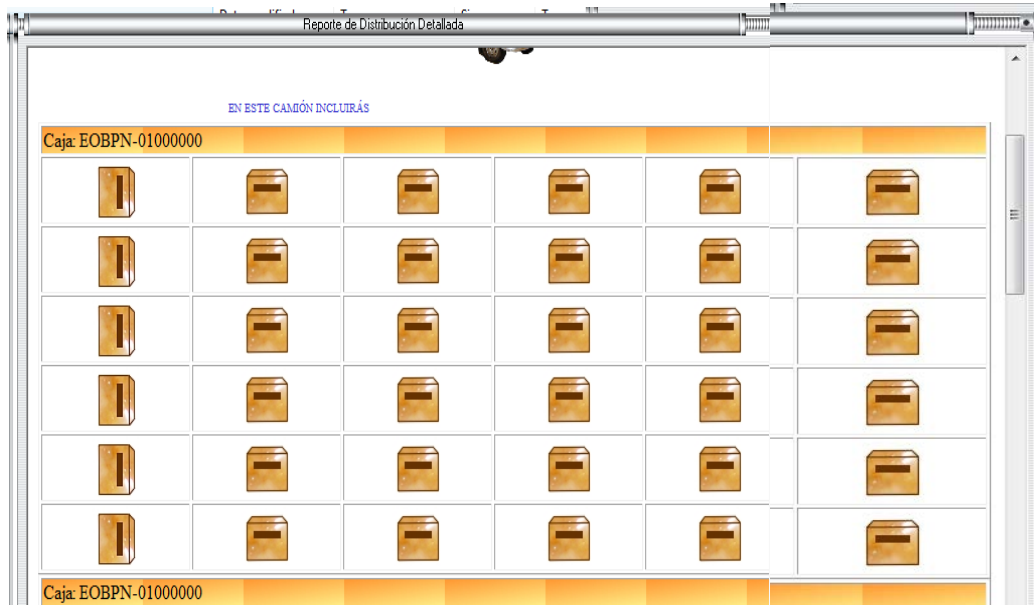
Fuente: Algoritmo genético Order By.

### 1.6.2 Distribución de las cajas.

*Primera camada:* en la primera columna están orientadas 6 cajas iguales, en las siguientes 5 columnas están distribuidas de la misma manera, estas cajas son de tipo EOBPN-01000000. (Ver Figura N°39).



**Figura N°39. Distribución de las cajas para la primera camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Segunda camada:* La capa tiene 5 filas y 7 columnas para un total de 35 cajas tipo EOVPN-01000004. (Ver figura N°40)

**Figura N°40. Distribución de las cajas para la tercera y cuarta camada.**

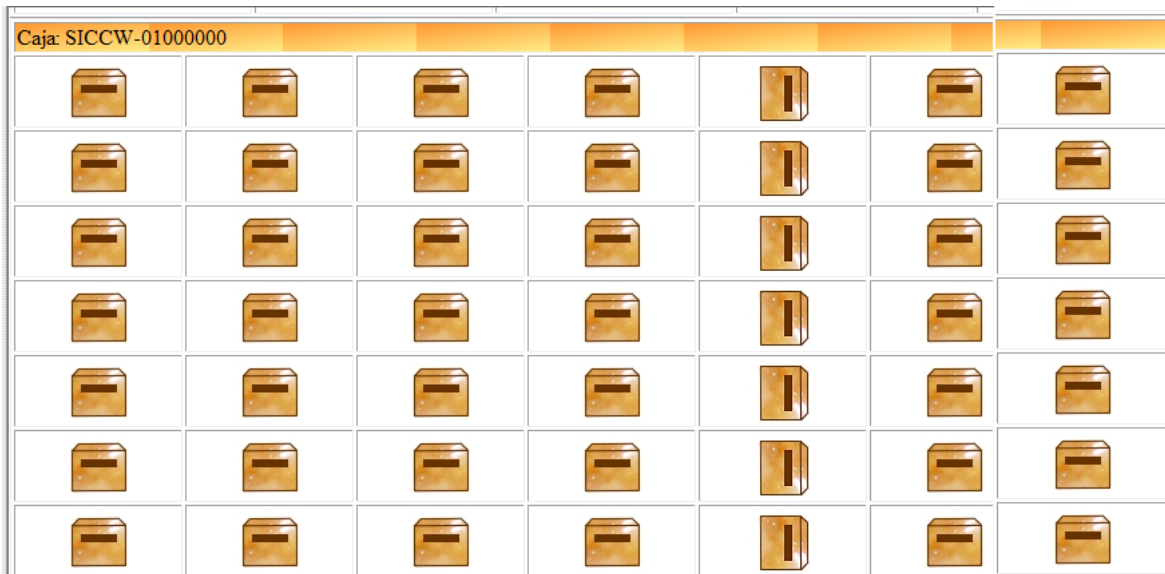


Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Tercera camada:* la primera columna de 7 cajas están orientadas de la misma manera para luego sumárseles 6 columnas por 7 filas para un total de 49 cajas tipo SICCW-01000000. (Ver figura N°41)



**Figura N°41. Distribución de las cajas para la quinta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Cuarta camada:* 6 columnas por 3 filas para un total de 18 cajas en la misma posición y 3 cajas con diferente orientación para completar las 21 cajas que faltan del tipo SICCW01000000. (Ver figura N°42).

**Figura N°42. Distribución de las cajas para la sexta camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Segunda camada:* En esta capa se muestran las 9 cajas restantes del tipo EOBPN01000000, para un total de 45, la cual fue la cantidad suministrada inicialmente. (Ver figura N°43)



**Figura N°43. Distribución de las cajas para la segunda camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

### **VI.1.7 Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°1**

Se inició una prueba del algoritmo, empleando una tasa de Mutación en 0,1 que equivale a un porcentaje de 10% en la escala de 0 a 1, de igual manera, el torneo o Selección se ubicó en 0,5; lo que relacionado con el concepto anterior, equivale a un 50%. Ver Tabla N°2

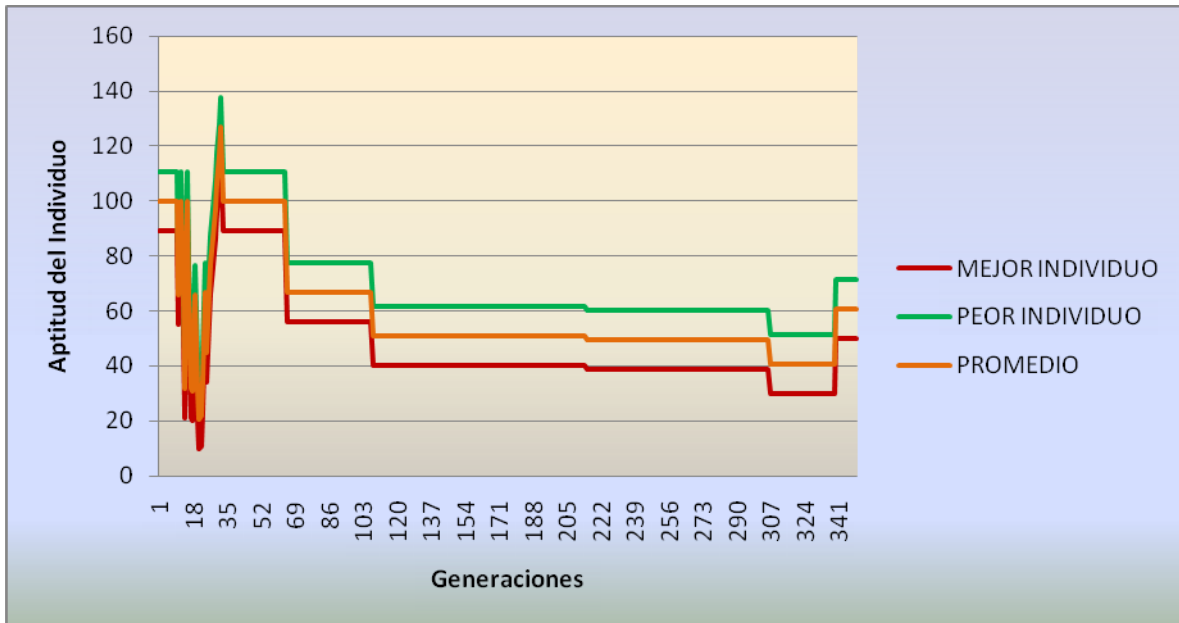
**Tabla N° 5. Valores seleccionados para el caso N°1.**

VARIABLES	
TASA	VALOR
Mutación	0,1
Torneo/Selección	0,5
Poblaciones	300
Generaciones	350

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



Figura N°44. Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°1.



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Como se puede observar en la figura anterior, se denotan tres (3) curvas, el peor, el promedio y el mejor individuo, al ejecutar el programa con los valores descritos para cada una de las tasas (mutación y selección torneo), donde el valor idóneo buscado (mejor individuo), será el más próximo a cero. Los picos, o saltos de la curva entre generaciones, indican un deterioro generativo entre los seres de la población, objetando que, no hay un control de evolución o mejora, sino más bien, problemas a la hora de seleccionar y mutar individuos; recordando de esta manera que, una baja tasa de selección aumenta la probabilidad de que se utilicen varios camiones para trasladar la mercancía.





### VI.1.8 Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°2.

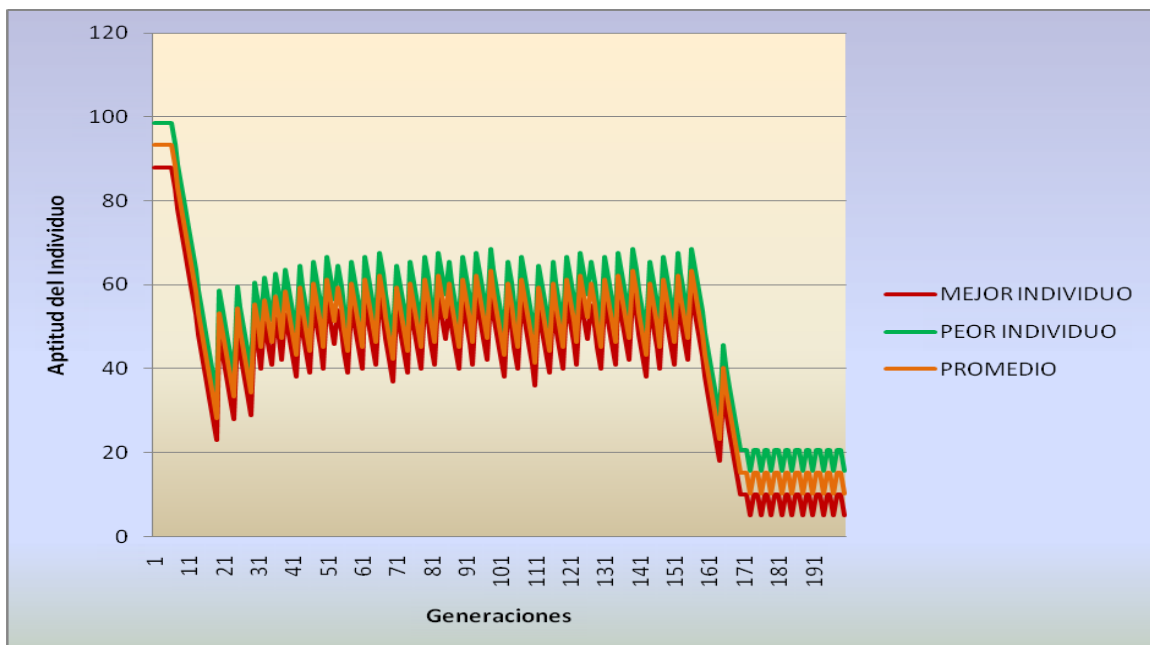
Se aumentaron las tasas de mutación a 0,5 (50%), dejando la selección o torneo igual (Ver tabla N°3).

Tabla N° 6. Valores seleccionados para el caso N°2.

VARIABLES	
TASA	VALOR
Mutación	0,5
Torneo/Selección	0,5
Poblaciones	200
Generaciones	200

Fuente: Algoritmo genético Order By.

Figura N°45. Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°2





Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Como se observa en la figura anterior, el mejor individuo intenta sobrevivir dirigiéndose a cero (mejor solución); aun así, sigue presentando ciertas inestabilidades, no se aprecia una convergencia progresiva de la población; demostrando un progreso, aunque no constante, un poco más alineado a conseguir un resultado oportuno, en menor tiempo.

### **VI.1.9 Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°3.**

Se volvieron a modificar tales tasas (mutación y selección o torneo) en, 1 (100%) y 0,75 (75%) respectivamente. (Ver tabla N°4.)

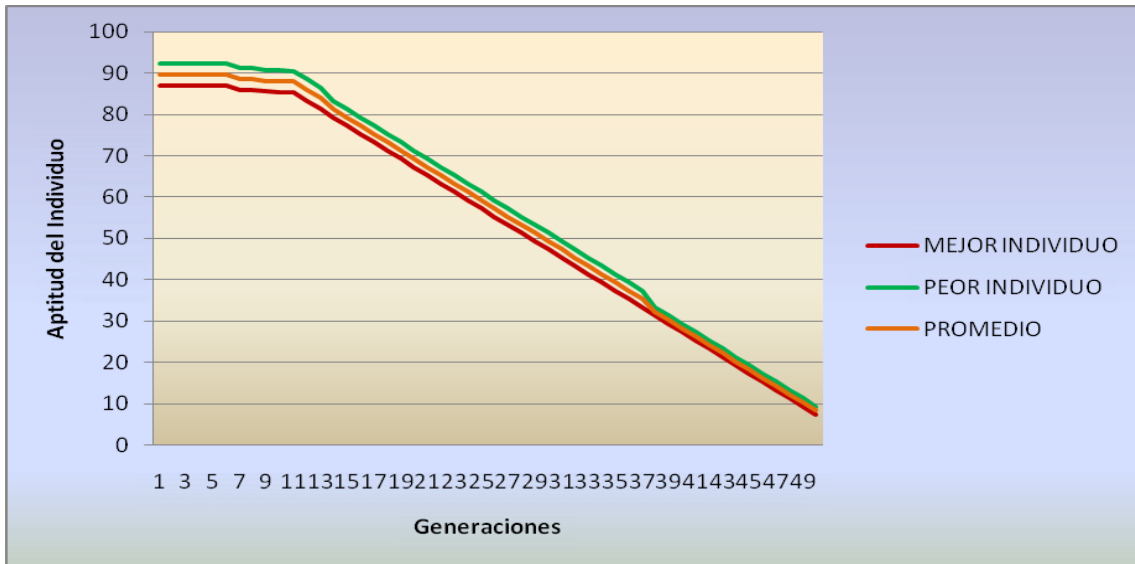
**Tabla N° 7. Valores seleccionados para el caso N°3.**

VARIABLES	
TASA	VALOR
Mutación	1
Torneo/Selección	0,75
Poblaciones	20
Generaciones	50

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



Figura N°46. Comportamiento del peor, promedio y mejor individuo del caso N°3.



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

En la figura anterior se puede observar la convergencia de los individuos de manera progresiva a lo largo de las 50 generaciones, donde el peor individuo tiene un desempeño que se ajusta perfectamente al comportamiento del mejor, es decir, al inicio del algoritmo genético, surgieron deformaciones genéticas que permitieron el desarrollo progresivo de la población y al final se denota como el peor y el mejor individuo son casi iguales; demostrando una selección más acorde con la solución del problema y una mutación más efectiva que, reduce el tiempo de búsqueda de respuestas.

Al comparar entre sí las tres (3) figuras anteriores podemos decir que los valores de 0,75 (75%) para la tasa de selección, de 1 (100%) para la tasa de mutación, en una cantidad de generaciones de cincuenta (50) y un tamaño de población de 20, hacen que el algoritmo genético diseñado trabaje de mejor manera, en este sentido existe analogía positiva de los individuos al transcurrir las generaciones, asegurando que se obtengan los mejores resultados en menor



tiempo, razón por la cual en las siguientes pruebas hechas al algoritmo genético se utilizaron los valores de los operadores genéticos anteriormente dichos.

## VI.1.10 Caso N°4.

Para conseguir una solución que tenga un mejor arreglo de las cajas dentro de los camiones, se ejecutó el programa fijando a la población en 20, la tasa de selección en 0,75, la tasa de mutación en 1 y finalmente un número de generaciones de 50. (Ver figura N°47)

**Figura N°47. Valores seleccionados para el caso 4.**

Formulario para el Control de Tasas	
Generalidades:	
Población:	20
Tasa de Selección:	1
Tasa de Mutación:	75
Generaciones:	50
Restablecer	
Aplicar	

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Se tomo la orden N°2 en la cual el cliente pide 8 tipos de productos, es decir, 8 tipos de cajas, en la siguiente figura se muestran las cantidades y los tipos de cajas seleccionados. El cliente que solicito los productos es el negocio de comida rápida Macdonals. (Ver figura N°48)



**Figura N°48. Tipo y cantidad de cajas seleccionadas.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD
1	EOBPN-01000000	0,46	0,38	0,545	0,095266	50
2	EOVPN-01000004	0,82	0,415	0,39	0,132717	50
3	SIBHN-02500005	0,615	0,435	0,362	0,09684405	45
4	SIBHW-00900056	0,615	0,435	0,362	0,09684405	20
5	SICCW-01000000	0,378	0,305	0,344	0,03965976	45
6	SIBHW-01800013	0,515	0,41	0,35	0,0739025	60
7	SIVHW-00200010	0,525	0,265	0,4	0,05565	20
8	STVHZ-01200000	0,42	0,33	0,395	0,054747	10

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

En relación a la cantidad de camiones, se dejaron disponibles todos los tipos que existen para realizar los despachos en la empresa. (Ver figura N°49)

**Figura N°49. Camiones disponibles.**

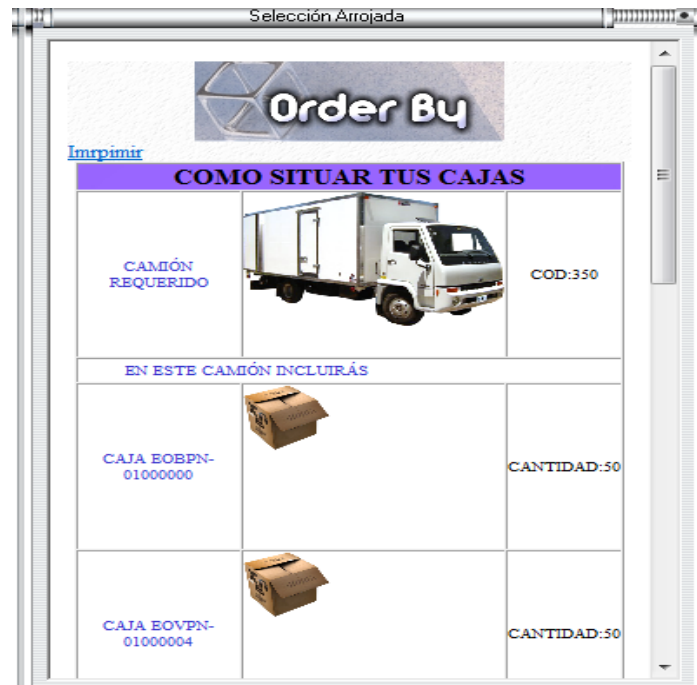
NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	DISPONIBI
1	350	2,1	3	1,9	11,97	SI
2	750	2,6	2,1	5	27,3	SI
3	CANTER	2	2,2	4,1	18,04	SI
4	CORTINA	2,5	2,4	6,1	36,6	SI
5	DINA	4,1	2	2,2	18,04	SI

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

**VI.1.10.1 Tipo de camión:** el algoritmo sugiere usar un vehículo 350 para transportar todas las cajas. (Ver figura N°50)



Figura N°50. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 4.



Fuente: Algoritmo genético Order By.

#### VI.1.10.2 Distribución de las cajas.

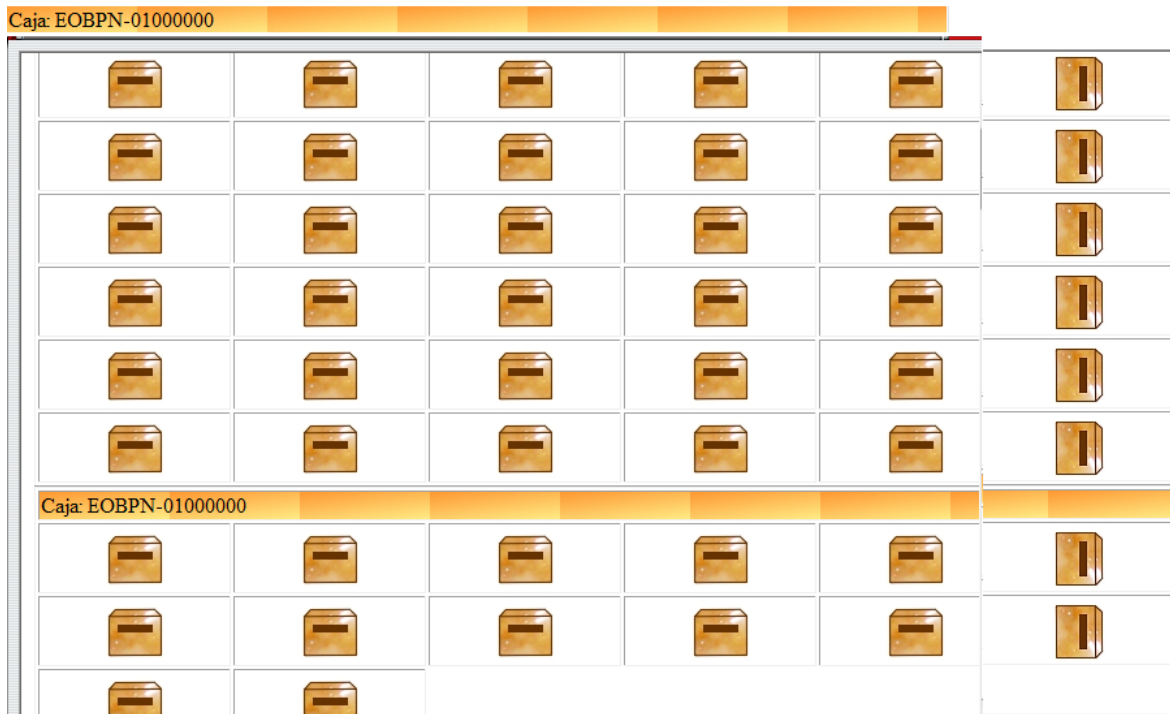
*Primera camada:* las 5 primeras columnas están orientadas 6 cajas iguales, en la última columna orientada 6 cajas iguales, están distribuidas de la misma manera.

*Segunda camada:* en las primeras dos columnas observamos 3 cajas orientadas de la misma manera, las siguientes 2 filas orientadas de la misma manera y la última columna las cajas están en forma vertical. (Ver Figura N°51).

Las primeras dos camadas de cajas son de tipo EOBPN-01000000.



Figura N°51. Distribución de las cajas para la primera y segunda camada.



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Tercera Camada:* Se observan 6 filas y 5 columnas, las cajas están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°52)

*Cuarta Camada:* Se observan 4 filas y 5 columnas, las cajas están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°52)

La tercera y cuarta camada son de tipo WOVPN-01000004



Figura N°52. Distribución de las cajas para la tercera y cuarta camada.

Caja: EOVPN-01000004					
Caja: EOVPN-01000004					

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Quinta Camada:* se presentan 6 columnas con 6 filas, donde las cajas están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°53)

*Sexta Camada:* Se presentan 1 fila que están todas las cajas orientadas en la misma posición y la 2 fila también orientadas en la misma posición. (Ver figura N°53)

La quinta y sexta camada son de cajas tipo SIBBHN-02500005





Figura N°53. Distribución de las cajas quinta y sexta camada

Caja: SIBHN-02500005						
Caja: SIBHN-02500005						

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Séptima Camada:* se presentan 3 filas con 7 columnas, donde las cajas están orientadas en la misma posición, y también 1 fila con 2 columnas, donde las cajas TIPO sibhw-00900056 están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°54)

Figura N°54. Distribución de las cajas en la Séptima Camada

Caja: SIBHW-00900056						

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



*Octava Camada:* Se presentan 6 columnas y 7 filas donde las cajas están orientadas en la misma posición, y una columna más que esta con las cajas orientadas de manera vertical, estas cajas representadas son tipo SICCW-01000000. (Ver figura N°55)

**Figura N°55. Distribución de las cajas en la Octava camada.**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Novena Camada:* Se presentan 6 columnas y 7 filas, donde todas las cajas están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°56)

*Decima Camada:* Se presentan 6 columnas y 3 filas, donde todas las cajas están orientadas en la misma posición. (Ver figura N°56)

La novena y decima camada son cajas de tipo SIBHW-01800013.



**Figura N°56. Distribución de las cajas para la novena y decima camada.**

Caja: SIBHW-01800013					
Caja: SIBHW-01800013					

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Undécima Camada: Se presentan 4 columnas y 2 filas donde las cajas están orientadas en la misma posición, y existe 1 columna que posee una caja orientada de manera vertical. (Ver figura N°57)

Esta última camada es de cajas tipo STVHZ-01200000.

**Figura N°57. Distribución de cajas en la Undécima camada.**

Caja: STVHZ-01200000					

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



**VI.1.11 Caso N°5.**

Para conseguir una solución que tenga un mejor arreglo de las cajas dentro de los camiones, se ejecutó el programa fijando a la población en 20, la tasa de selección en 0,75, la tasa de mutación en 1 y finalmente un número de generaciones de 50. (Ver figura N°58)

**Figura N°58. Valores seleccionados para el caso N° 5**

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Se utilizó la orden N°2 para suministrarle al programa los tipos y cantidades de cajas. (Ver figura N°59)

**Figura N°59. Tipo y cantidad de cajas seleccionadas**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD
1	EOBPN-01000000	0,46	0,38	0,545	0,095266	50
2	EOVPN-01000004	0,82	0,415	0,39	0,132717	50
3	SIBHN-02500005	0,615	0,435	0,362	0,09684405	45
4	SIBHW-00900056	0,615	0,435	0,362	0,09684405	20
5	SICCW-01000000	0,378	0,305	0,344	0,03965976	45
6	SIBHW-01800013	0,515	0,41	0,35	0,0739025	60
7	SIVHW-00200010	0,525	0,265	0,4	0,05565	20
8	STVHZ-01200000	0,42	0,33	0,395	0,054747	10

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Como variante en este caso, se dejó disponibles todos los tipos de vehículos menos el camión tipo 350. (Ver figura N°60).



**Figura N°60. Camiones disponibles.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	DISPONIBLE
1		350	1,9	2,1	3	11,97 NO
2		750	2,6	2,1	5	27,3 SI
3	CANTER		2	2,2	4,1	18,04 SI
4	CORTINA		2,5	2,4	6,1	36,6 SI
5	DINA		4,1	2	2,2	18,04 SI

**Fuente: Algoritmo genético Order By.**

#### VI.1.11.1 Tipo de camión.

El algoritmo sugiere usar un vehículo tipo Dyna para despachar todas las cajas seleccionadas. (Ver figura N°61).

**Figura N°61. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso 4**



**Fuente: Algoritmo genético Order By.**



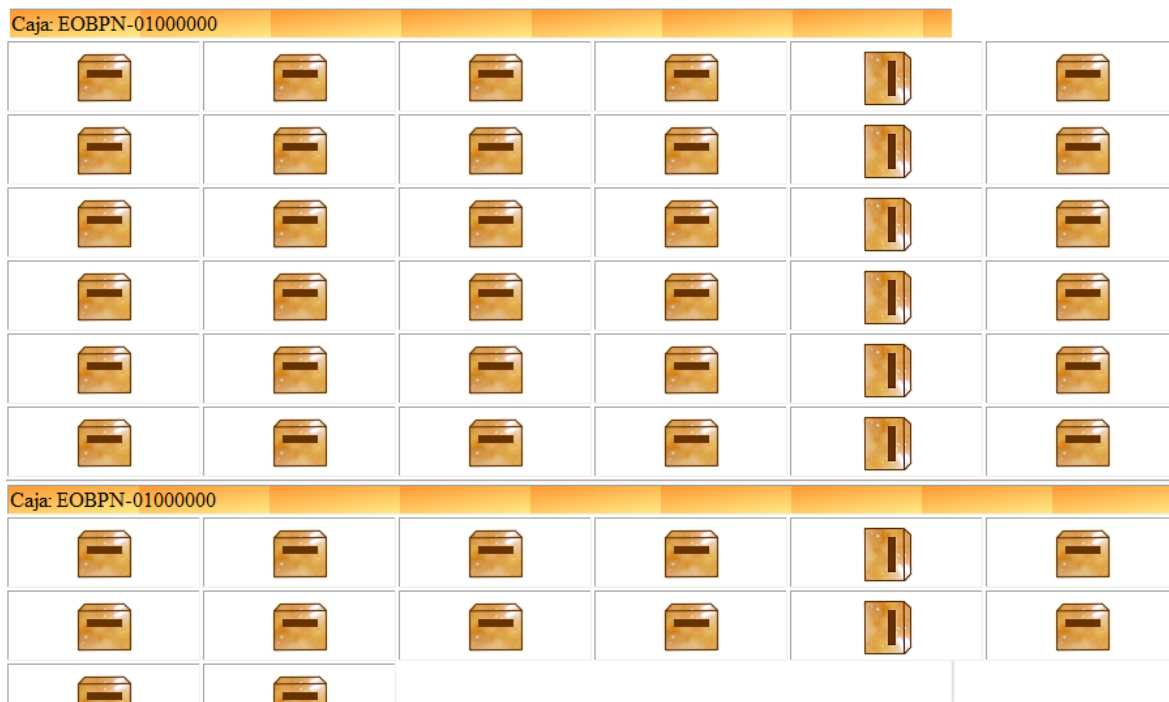
### VI.1.11.2 Distribución de las cajas.

*Primera Camada:* se presentan 5 columnas orientadas de la misma manera, exceptuando 1 columna que esta de manera vertical. (Ver figura N°62)

*Segunda Camada:* se presentan 5 columnas orientadas de la misma manera, exceptuando 1 columna que esta de manera vertical. (Ver figura N°62)

La primera y segunda camada es de cajas tipo EOBPN-01000000.

**Figura N°62. Ordenamiento de las cajas, para la primera y segunda camada**



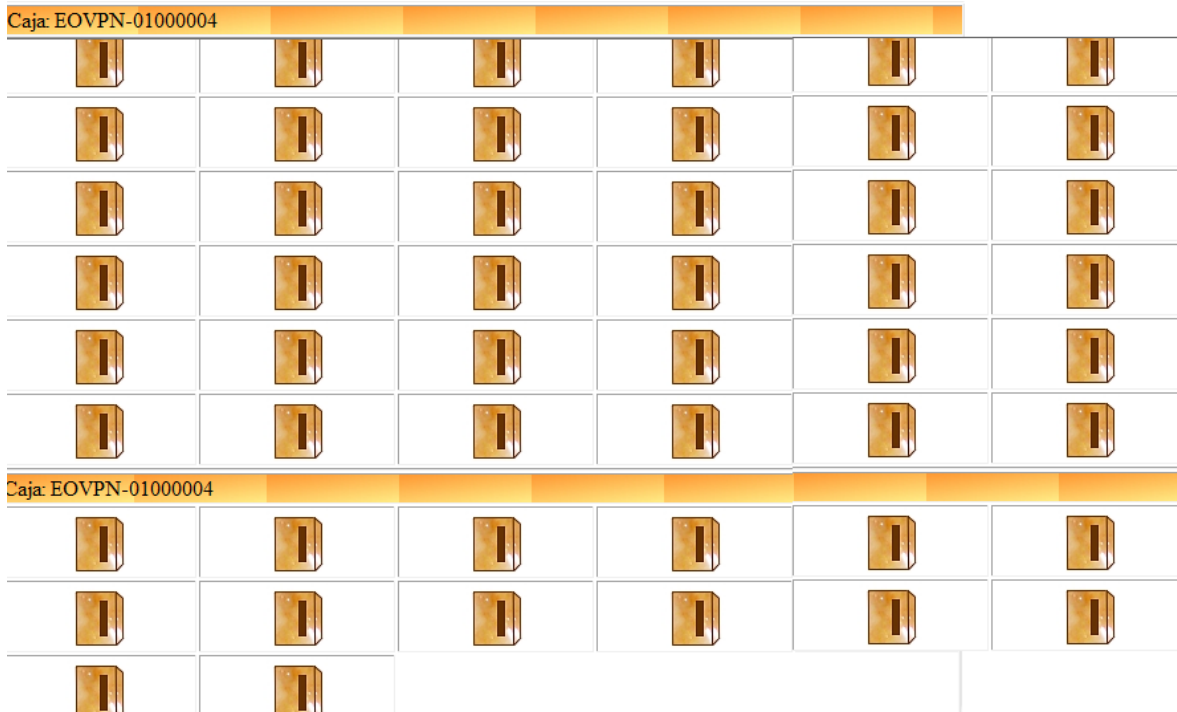
Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Tercera Camada y Cuarta Camada:* se presentan las columnas con las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N°63)

La tercera y cuarta camada es de cajas tipo EOVPN-01000004.



Figura N°63. Distribución de las cajas para la tercera y cuarta camada.

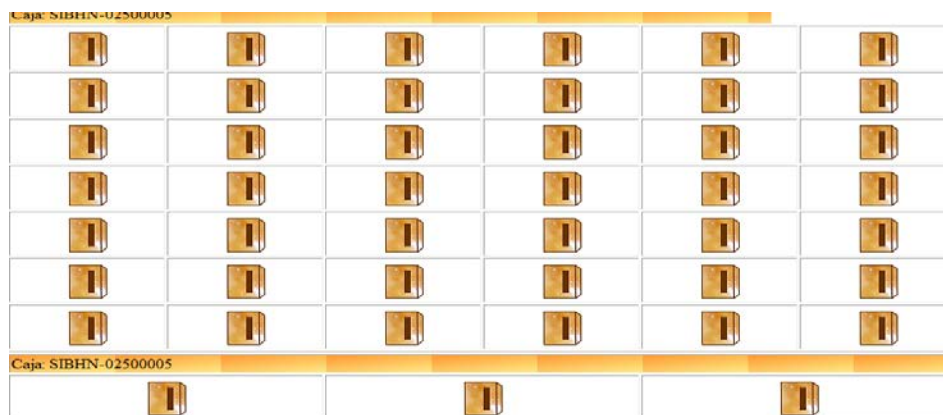


Fuente: Algoritmo genético Order By.

*Quinta y Sexta Camada:* se presentan todas las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N°64).

La quinta y sexta camada de cajas es de tipo SIBHN-02500005.

Figura N°64. Distribución de cajas para la quinta y sexta camada



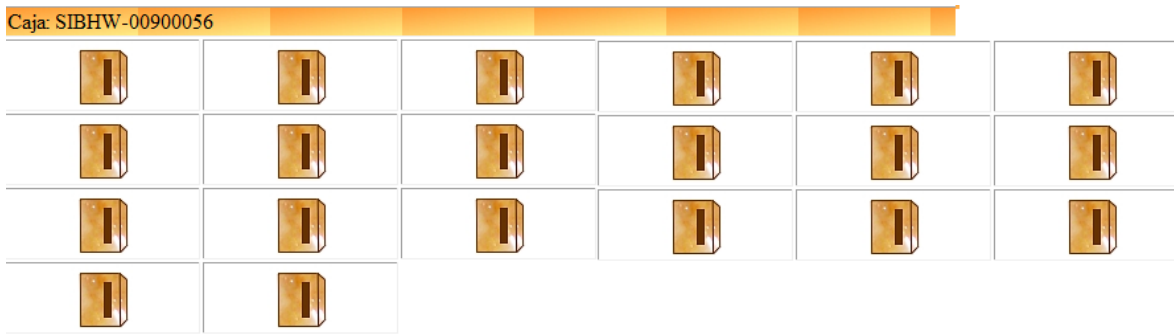
Fuente: Algoritmo genético Order By.



*Séptima Camada:* se presentan 6 columnas con las cajas orientadas en la misma posición vertical. (Ver figura N°65)

La séptima camada es de cajas tipo SIBHW-00900056

**Figura N°65. Distribución de cajas para la séptima camada**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Octava Camada:* Se encuentran 6 columnas con las cajas orientadas de la misma posición, y 1 columna con las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N °66).

La octava camada es de cajas tipo SICCW-01000000.

**Figura N°66. Distribución de las cajas para la octava camada**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**





*Novena y Decima Camada:* Se presentan todas las columnas con las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N°67)

La novena y decima camada es de cajas tipo SIBHW-01800013.

**Figura N°67. Distribución de las cajas para la novena y decima camada**

Caja: SIBHW-01800013					
Caja: SIBHW-01800013					

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Undécima Camada:* Se presentan 7 columnas con las cajas orientadas en la misma posición y 1 columna con las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N°68)

La undécima camada es de cajas tipo SIVHW-00200010.



**Figura N°68. Distribución de las cajas para la undécima camada**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

*Duodécima Camada:* Se presentan 6 columnas con las cajas orientadas en la misma posición y 1 columna con las cajas orientadas de manera vertical. (Ver figura N°69)

La duodécima camada es de cajas tipo STVHZ-01200000.

**Figura N°69. Distribución de las cajas para la duodécima camada**



Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

### **VI.1.12 Caso N°6.**

Se usaron los mismos valores de selección, mutación, cantidad de generaciones y tamaño de la población. (Ver figura N°70)



Figura N°70. Valores seleccionados para el caso N° 6

Formulario para el Control de Tasas

Generalidades:

Población: 20

Tasa de Selección: 1

Tasa de Mutación: 75

Generaciones: 50

Restablecer

Aplicar

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

Se tomaron en consideración los tipos y las cantidades de producto de la orden N°3. En este caso el cliente era el negocio de comida rápida Wendys. (Ver figura N°71)

Figura N°71. Tipo y cantidad de cajas seleccionadas

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD
1	VPFYW-01200011	0,412	0,25	0,6	0,0618	90
2	VPFYW-01600014	0,46	0,37	0,435	0,074037	110
3	VPFYW-02100017	0,46	0,38	0,545	0,095266	70

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



Se dejó disponible los camiones tipo 750, Canter, Cortina, Dina. (Ver figura N°72)

**Figura N°72. Camiones disponibles.**

NO.	CÓDIGO	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m3)	DISPONIBI
1	350	1,9	2,1	3	11,97	NO
2	750	2,6	2,1	5	27,3	SI
3	CANTER	2	2,2	4,1	18,04	SI
4	CORTINA	2,5	2,4	6,1	36,6	SI
5	DINA	4,1	2	2,2	18,04	SI

Fuente: **Algoritmo genético Order By.**

La solución según las cajas seleccionadas y sus cantidades respectivamente, los camiones disponibles y los parámetros establecidos se muestra a continuación.

### **VI.1.12.1 Tipo de vehículo.**

El algoritmo sugiere usar un vehículo tipo Canter para despachar todas las cajas seleccionadas. (Ver figura N°73)



Figura N°73. Resultado sobre el tipo de camión a utilizar para el caso N° 5

Selección Arrojada

**Order By**

[Imprimir](#)

**COMO SITUAR TUS CAJAS**

CAMIÓN REQUERIDO		COD: CANTER
EN ESTE CAMIÓN INCLUIRÁS		
CAJA VPFYW-01200011		CANTIDAD: 90
CAJA VPFYW-01600014		CANTIDAD: 110

Cerrar

Fuente: Algoritmo genético Order By.



### VI.1.12.2 Distribución de las cajas.

*Primera camada:* Se observan 90 cajas tipo VPFYW-01200011. (Ver figura N°74)

**Figura N°74. Distribución de cajas para la primera camada**



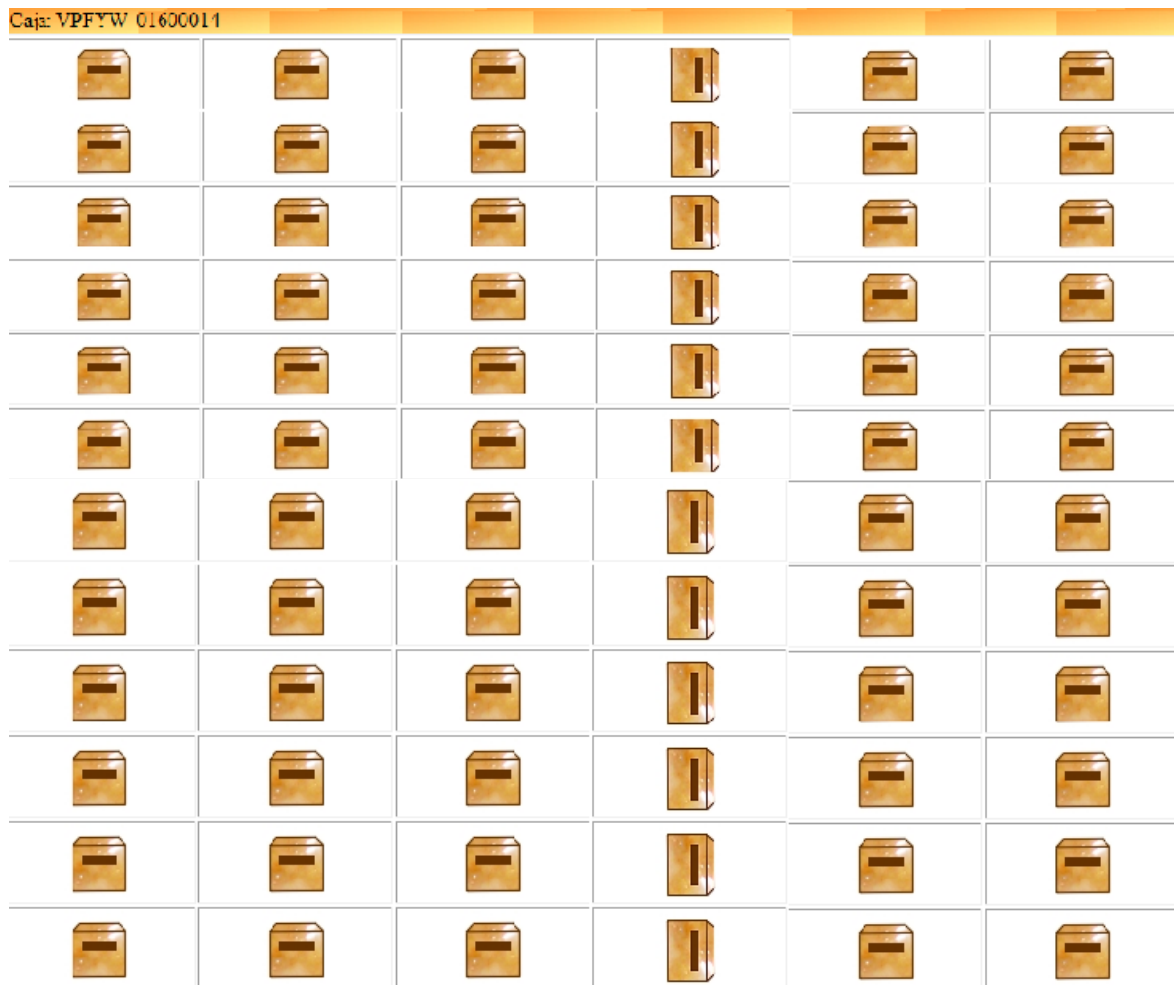
Fuente: **Algoritmo genético Order By.**



Segunda camada: en la segunda camada se observan 72 cajas en la misma orientación.

La segunda camada de cajas es de tipo VPFYW-01600014.

Figura N°75. Distribución de las cajas para la segunda camada



Fuente: Algoritmo genético Order By.



Tercera camada: en la siguiente figura se observan las 38 cajas restantes del tipo VPFYW-01600014 para un total de 110 cajas orientas en la misma posición. (Ver figura N° 76).

**Figura N°76. Distribución de cajas para la tercera camada**



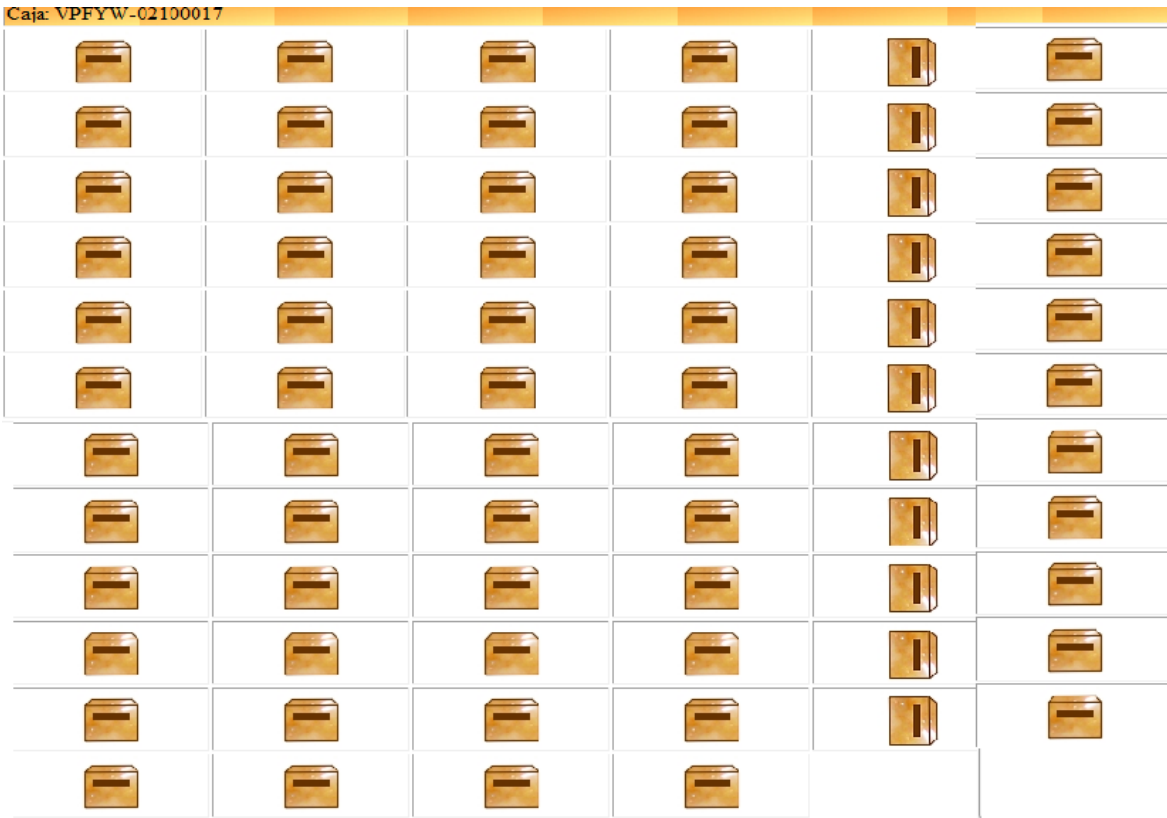
Fuente: **Algoritmo genético Order By.**





Cuarta Camada: en la siguiente figura se observan todas las cajas del tipo VPFYW-02100017. (Ver figura N° 77).

**Figura N°77. Distribución de cajas para la tercera camada**



Fuente: Algoritmo genético Order By.



## CONCLUSIONES.

Se es más competitivo mientras los productos tengan más alcance sobre el consumidor final, es decir, la red de distribución tiene una gran cobertura. Por ende fue de vital importancia comprender las diferentes actividades de la empresa cuando se pretendió aplicar mejoras en algún proceso o situación en específico. De esta manera se logró conocer el valor que tiene cada una de las debilidades encontradas en el departamento de distribución de vasos Venezolanos C.A al momento de planificar el proceso de despacho de sus productos.

Los estudios y ensayos llevados a cabo en este Trabajo Especial de Grado permitieron la apropiación de conocimientos de vanguardia en lo que a optimización combinatoria mediante metaheurísticas se refiere, y de alguna manera pretendiendo abrir camino para las siguientes generaciones que deseen incursionar en el interesante y extenso mundo de los algoritmos genéticos.

Un algoritmo genético como el planteado calcula el mejor camión disponible para despachar cierta cantidad de cajas y adicionalmente muestra cual es la distribución de las cajas dentro del espacio disponible, como función de aptitud, se minimiza el espacio desperdiciado.

A través de la metodología propuesta por el algoritmo genético diseñado se muestran resultados de alta calidad que se adaptan apropiadamente a los problemas de uso de espacio de los vehículos de transporte estudiados. Con la metodología implementada fue posible encontrar diferentes soluciones siempre apuntando a utilizar los recursos del computador de la mejor manera.



A la hora de la ejecución y comprobación de efectividad del algoritmo en el capítulo anterior se denota lo siguiente: Tener una población y una cantidad de generaciones grande aumenta el tiempo de ejecución del algoritmo genético, situación que no es conveniente debido a que se quieren soluciones rápidas al problema de uso de espacio en los camiones. Con una población y una cantidad de generaciones pequeña el tiempo de procesamiento es más rápido, incidiendo positivamente en el resultado del algoritmo. Lo primordial es la obtención de la mejor solución en un menor tiempo posible y que dicha solución incida satisfactoriamente en la problemática de la empresa.

La tasa de Mutación, no es más que un elemento que indica la posibilidad de ejecutar cambios en las cargas genéticas de los individuos de una población, de este modo, para el caso del algoritmo genético empleado, la variación de 0,1 (10%) a 1 (100%), produjo un mejor ajuste del mejor individuo; demostrando que los cambios repentinos de toda una población genera mejoras, porque según el problema planteado, selección del camión y la distribución de cajas, es un problema que aumenta al situar de manera aleatoria los elementos dentro de un camión ya que aumenta la posibilidad de desperdicio de espacio o utilidad inapropiada de vehículos de transporte.

Con la implementación de una tasa de selección baja se presentan diferentes variaciones en las curvas reflejadas en las figuras N° 43 y 44, lo cual evidencia la no convergencia de los individuos hacia la mejor solución.

De acuerdo con los resultados generados por la implementación del algoritmo, es factible mejorar el uso de los recursos de la empresa (vehículos de transporte usados para despachar los productos terminados) ya que se genera de manera inmediata una solución en cuanto a la selección del mejor camión para transportar cierta cantidad de cajas arrojando seguidamente como debe ser la distribución de las mismas dentro del espacio disponible.

**Anexo N°3. Código, descripción y dimensiones de las cajas seleccionadas.**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>largo (mm)</b>	<b>ancho (mm)</b>	<b>alto (mm)</b>
EOBPN-01000000	BASE Y3 MCDONALS 4X 25	460	380	460
EOVPN-01000004	TAPA Y3 MCDONALS 4X 25	390	415	820
SICCW-01000000	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	344	305	378
SIBHN-02500005	BASE Y5 MCDONALS 4X 25	362	435	615
SIBHW-00900056	TAPA Y5 MCDONALS 4X 25	362	435	615
SIBHW-01800013	VASO 14-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	350	410	515
SIVHW-00200010	VASO 16-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	400	265	525
STVHZ-01200000	VASO V6 MC DONALS 1 X 500	395	330	420
VPFYW-01200011	VASO 14-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	600	250	412
VPFYW-01600014	VASO 16-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	435	370	460
VPFYW-02100017	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) WENDYS	545	380	460
STPHN-00500002	BASE MAVESA V-0.2 50 X 500 500GRS	250	335	670
STPHW-00020001	TAPA MAVESA V-0.2SF MCD 50 X 500 500GRS	350	455	580
STPHZ-01000004	BASE MAVESA V-0.2 50 X 500 250GRS	385	330	414
STPHZ-07800000	TAPA MAVESA V-0.2SF MCD 50 X 250 GRS	395	330	420
ECTPG-08000000	TAPA AXION 20 X 50 250 GRS FAV TR V	500	362	600
ECTPG-07300005	TAPA AXION 20 X 50 500 GRS FAV TR V	500	362	600
ECTPG-06700036	BASE AXION 500 GRS 20 X 50	545	380	460
ECTPG-06000054	BASE AXION 250 GRS 20 X 50	390	415	820
SIVHW-00600020	VASO VD6 WENDYS 25 X 100	445	343	373
SJBOK-03000001	BASE ENSWENDYS 300CC 4 X 125 NEGRA	302	360	605
SJTON-03000001	TAPA ENSWENDY300CC 3 X 250 TRANS	164	282	583
VTTHZ-01600002	TAPA TV16/21 10 X 100 VV CU V M	180	385	485
MTTAN-01231000	VASO 5E MC BTO (20 X 50)	114	344	364
VNPPN-01050007	VASO 21PC KEPEN 20 X 50	260	450	970

**Anexo N°4. Camiones que le prestan servicio a la empresa.**



**Fuente: Vasos Venezolanos, C.A**

**Anexo N°5. Espacio disponible dentro de un camión.**



**Fuente: Vasos Venezolanos, C.A**

**Anexo N°6. Tipo y dimensiones de los camiones.**

Tipo de vehículo	Alto ( mts )	Ancho (mts)	Largo ( mts )
Canter	2,00	2,20	4,10
Dyna	2,00	2,20	4,10
350	1,90	2,10	3,00
750	2,60	2,10	5,00
Cortina	2,50	2,40	6,10

**Anexo N°7. Archivo en Access con los datos de las cajas con producto terminado.**

Campo1	Campo2	Campo3	Campo4	Campo5
Codigo	Descrpcion	Alto (mm)	Ancho ( mm )	Largo (mm )
EIBPW-02000017	TAPA AXION 20 X 50 250 GRS FAV TR V	500	362	600
EIBPW-02000018	TAPA AXION 20 X 50 500 GRS FAV TR V	500	362	600
EIBPW-02000019	BASE AXION 500 GRS 20 X 50	545	380	460
EIBPW-02000020	BASE AXION 250 GRS 20 X 50	390	415	820
MITAN-01231000	VASO 5E COFFE BREAK BTO (20 X 50)	114	344	364
SIBHN-01250003	TAPA ENH JUAN CHICHERO 25 X 10	362	435	615
SIBHN-02500005	BASE V7 JUAN CHICHERO 25 X 10	362	435	615
SIBHW-00900056	BASE Y3 MCDONALS 4X 25	362	435	615
SIBHW-00930001	TAPA Y3 MCDONALS 4X 25	354	424	606
SIBHW-01250015	BASE Y5 MCDONALS 4X 25	500	352	600
SIBHW-01250016	TAPA Y5 MCDONALS 4X 25	362	435	615
SIBHW-01500134	VASO 21-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	365	426	630
SIBHW-01800013	VASO 14-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	350	410	515
SICCW-01000000	VASO 16-PC ( 20 X 50 ) MACDONALS	344	305	378
SIVHW-00200010	VASO V6 MC DONALS 1 X 500	400	265	525
SIVHW-00600020	VASO VD6 WENDYS 25 X 100	445	343	373
SIBOK-03000001	BASE ENSWENDYS 300CC 4 X 125 NEGRA	302	360	605
SJTON-03000001	TAPA ENSWENDY300CC 3 X 250 TRANS	164	282	583
STVHN-00500002	BASE MAVESA V-0.2 50 X 500 500GRS	250	335	670
STVHW-00020001	TAPA MAVESA V-0.25F MCD 50 X 500 500GRS	350	455	580
STVHZ-01000004	BASE MAVESA V-0.2 50 X 500 250GRS	385	330	414
STVHZ-01200000	TAPA MAVESA V-0.25F MCD 50 X 250 GRS	395	330	420
SYBPN-02600000	CUCH CSL NV MCD ( 30 X 100 ) BL	405	570	580
SYBPN-03200000	CUCH CSL NV MCD ( 20 X 50 ) BL	310	570	580
VNPPN-01050007	VASO 21PC KEPEN 20 X 50	260	450	970

**Anexo N°8. Archivo en Access con los datos de los camiones.**

Microsoft Access 2007 interface showing a table named "dimensiones de los camiones". The table has the following columns: Tipo de vehi, Alto (mts), Ancho (mts), Largo (mts), and Volumen (n). The data rows are as follows:

Tipo de vehi	Alto (mts)	Ancho (mts)	Largo (mts)	Volumen (n)
Canter	2.00	2.20	4.10	18.04
Dyna	2.00	2.20	4.10	18.04
350	1.90	2.10	3.00	11.97
750	2.60	2.10	5.00	27.3
Cortina	2.50	2.40	6.10	36.6
*				

**Anexo N°9. Camiones que le prestan servicio a la empresa.**



**Fuente: Vasos Venezolanos, C.A**





### RECOMENDACIONES.

Este programa es simplemente un estudio a nivel exploratorio, por lo tanto no debe considerarse como un producto terminado, para disponer de una herramienta más profesional se debe realizar un trabajo de mayor profundidad, que tome en cuenta variables que no fueron contempladas, en general un estudio de mucho mayor rigor y así obtener un producto de mayor calidad.

Como se ha comprobado, al utilizar dicha herramienta se obtienen resultados favorables. Esta metaheurística debe ser tomada en cuenta ya que se basa en la existencia de diferentes problemas sumamente complejos en diversas áreas de la ingeniería, abriendo un camino para que se puedan seguir realizando estudios de este tipo, dándole continuidad y profundidad a investigaciones de problemas de optimización.

Se recomienda que la empresa Vasos Venezolanos C.A planifique sus despachos organizado en tres procesos primordiales, los cuales son: planificación de demanda (consiste en generar un plan de ventas que cuente con el consenso de diversas áreas de la empresa, combinando métodos estadísticos), planificación de la cadena de suministros (consiste en generar un plan de producción y distribución para satisfacer el plan de ventas y las políticas de inventario establecidas) y por último crear un programa de transporte (consiste en generar un programa de transporte optimizado que maximice la utilización de los vehículos considerando horarios de apertura y cierre, vehículos disponibles, capacidades de carga, duración de los viajes, entre otros).



La empresa debería utilizar indicadores de gestión para medir el desempeño de sus despachos tales como: nivel de servicio, cumplimiento de programa de transporte, entre otros los cuales hacen de cierto modo establecer metas para abastecer su mercado oportunamente en las cantidades requeridas y tipo de producto solicitado y de esta forma satisfacer las necesidades de sus clientes.