

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO BASADO  
EN UN MODELO HEURÍSTICO QUE OPTIMICE LA OPERACIÓN DE UN  
CENTRO DE DISTRIBUCION UTILIZANDO CÓDIGOS DE BARRAS Y RFID.**

**GERARDO ALEXANDER RANGEL ENRÍQUEZ  
JORDAN STIVENS CALDÓN PÉREZ  
JULIÁN MAURICIO LÓPEZ CARDONA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
PEREIRA  
2013**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO BASADO  
EN UN MODELO HEURÍSTICO QUE OPTIMICE LA OPERACIÓN DE UN  
CENTRO DE DISTRIBUCION UTILIZANDO CÓDIGOS DE BARRAS Y RFID.**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR  
POR EL TÍTULO DE INGENIEROS INDUSTRIALES**

**Director**

**María Elena Bernal Loaiza**

**Ingeniera de Sistemas y computación, MSc. Investigación de operaciones y  
estadística**

**Profesor asociado**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PEREIRA**

**2013**

**Nota Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

---

**Firma del jurado**

**Pereira Abril de 2013**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Luz Clara Enríquez y Remigio Antidio Rangel y a Mónica Hernández quienes han sido parte importante de este logro, por apoyarme siempre y no dejar de creer en mí.

**Gerardo Alexander Rangel Enríquez**

Para mi madre María Bianey Pérez Vega, mi padre Luis Carlos Caldón Ramírez, familiares maestros y amigos; a todos ellos gracias por su apoyo y confianza brindada.

**Jordan Stivens Caldon Pérez**

Este gran objetivo va dirigido a esas personas que siempre han creído en mí, han sido un apoyo incondicional además de una guía en el camino que he recorrido, a ellos por nunca bajar los brazos ni dejar de luchar. Gracias María Elena Cardona, José Aldeur López y David Alejandro López, además de una persona muy especial Stephany Hernández, por último mis amigos Gerardo Alexander Rangel y Jordan Caldon Pérez, gracias por el tiempo y la paciencia

**Julián Mauricio López Cardona**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Ingeniera María Elena Bernal debido a que fue la persona que nos motivó a realizar este trabajo de grado muchas gracias por el apoyo, tiempo y creer en nosotros no solo como profesionales también como personas, al Ingeniero Mauricio Granada por la atención prestada y la gran amabilidad con la que nos orientó, por ultimo queremos agradecer a las ideas y propuestas que nos brindó el ingeniero Jorge Hernán Restrepo quien en más de una ocasión dejo de tomar su café por atendernos, a todos ellos muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

### Contenido

RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUCCIÓN .....	17
OBJETIVOS .....	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.1. Situación problema.....	21
1.2. Justificación.....	22
1.3. Formulación del problema.....	23
2. PRIMERA FASE: EXPLORACIÓN E INTERIORIZACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y REAL .....	23
2.1. Referentes bibliográficos.....	23
2.1.1 Importancia de la logística. ....	23
2.1.1.2. Logística y gran distribución en el eje de nuevos desarrollos.....	25
2.1.1.3. Criterios para la creación de CEDIS.....	26
2.1.1.4 Enfoque regional.....	29
3. FASE 2: ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES DEL MODELO, SU IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN.....	34
3.1. Exploración de variables en Centros de Distribución .....	34
3.2. Naturaleza de la demanda .....	35
3.2.1 Métodos para pronosticar la demanda.....	37
3.3. Control y administración de inventarios.....	43
3.3.1 Modelo de la cantidad fija de orden .....	44
3.3.2 Caso aplicado .....	49

3.4. Modelo heurístico.....	64
3.4.1 Optimización Combinatorial.....	64
3.4.2. Algoritmos para solución de problemas.....	66
3.4.3. Metaheurísticas.....	67
3.4.3. Algoritmos evolutivos.....	69
3.4.4. Algoritmos genéticos.....	71
4. FASE 3: DIAGRAMACIÓN DE LOS FLUJOS DE INFORMACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	86
4.1 Identificar y diagramar los procesos y procedimientos de los CEDIs.....	86
4.1.1. Procesos del CEDI enfocados al cliente.....	86
4.1.2. Procesos del CEDI enfocados al proveedor.....	97
4.2 Diseñar y normalizar la base de datos.....	100
4.2.1. Descripción base de datos CEDI.....	100
4.2.2. Normalización base de datos CEDI.....	101
4.2.3. Tipos de tablas existentes.....	105
5. FASE 4: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE “IDC-LOGISTICSLAB”, (INTELLIGENT DISTRIBUTION CENTER).....	107
5.1 Diseño de interfaz operativa.....	107
5.2 Características de la interfaz.....	108
5.3 Interfaz de usuario.....	108
5.3.1 Interfaz inicial.....	109
5.3.2 Interfaz parámetros.....	110
5.3.3 Interfaz Maestros.....	112
5.3.4 Interfaz Información Adicional.....	114
5.3.5. Interfaz Documentos.....	116
5.4 Casos de uso.....	118
5.4.1 Caso de uso procesamiento de pedido.....	118
5.4.2. Caso de uso Facturación de pedido.....	120
5.4.3 Caso de uso Inventario.....	122

5.4.4 Caso de uso alistamiento de mercancías ( <i>Picking</i> ) .....	124
5.4.5 Caso de uso traslado de mercancía .....	126
5.4.6 Caso de uso despacho de mercancía.....	128
5.5 Arquitectura en 3 capas .....	131
5.6 Especificación de requerimientos del software .....	132
6. FASE 5: PUESTA A PRUEBA, RETROALIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN REAL. ....	133
6.1. Caso académico .....	133
6.1.1 Parámetros de entrada algoritmo genético en el software “IDC LOGISTICS LAB” para el modelo de cantidad económica del pedido para múltiples productos para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S	135
6.1.2 Resultados algoritmo genético en el software “IDC LOGISTICS LAB” para el modelo de cantidad económica del pedido para múltiples productos para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S .....	136
6.2. Pruebas en PYME “MERCATIENDA PABLO VI” .....	139
6.3. Falencias, errores críticos y posibles soluciones .....	154
7. Limitantes e inconvenientes encontrados.....	155
8. Conclusiones .....	156
9. Sugerencias y recomendaciones.....	159
Bibliografía .....	161
ANEXOS .....	162



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos iniciales caso aplicado .....	50
Tabla 2 Pronóstico móvil ponderado para cemento .....	51
Tabla 3 Pronóstico móvil ponderado para cemento (continuación).....	51
Tabla 4 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia cemento .....	51
Tabla 5 Pronóstico móvil ponderado para varilla.....	53
Tabla 6 Pronóstico móvil ponderado para varilla (continuación) .....	53
Tabla 7 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para varilla.....	53
Tabla 8 Pronóstico móvil ponderado para ladrillo.....	55
Tabla 9 Pronóstico móvil ponderado para ladrillo (continuación) .....	55
Tabla 10 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para ladrillo.....	56
Tabla 11 Pronóstico móvil ponderado para teja .....	57
Tabla 12 Pronóstico móvil ponderado para teja (continuación).....	57
Tabla 13 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para teja .....	58
Tabla 14 Pronóstico móvil ponderado para pintura .....	59
Tabla 15 Pronóstico móvil ponderado para pintura (continuación).....	59
Tabla 16 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para pinura .....	60
Tabla 17 Resultados caso aplicado.....	62
Tabla 18 Decimal a Binario y seleccion por torneos.....	83
Tabla 19 Descripción de la base de datos CEDI .....	100
Tabla 20 Tabla Scliente perteneciente a la base de datos CEDI .....	102
Tabla 21 Tabla Sproducto perteneciente a la base de datos CEDI.....	104
Tabla 22 Tabla Sgiudad perteneciente a la base de datos CEDI.....	105
Tabla 23 Descripción de Maestros, Detalle, Encabezado y Documento .....	106
Tabla 24 Caso de uso procesamiento de pedido .....	118
Tabla 25 Caso de uso facturación de pedido .....	120
Tabla 26 Caso de uso inventario .....	122
Tabla 27 Caso de uso Picking.....	124
Tabla 28 Caso de uso traslado de mercancía .....	126
Tabla 29 Caso de uso despacho de mercancía .....	128
Tabla 30 Comparación códigos de barras Vs RFID .....	134
Tabla 31 Productos significativos CEDI Construimos de Colombia S.A.S .....	141
Tabla 32 Resultados proceso de facturación Mercatienda Pablo VI .....	142
Tabla 33 Resultados proceso de despacho MERCATIENDA PABLO VI .....	144
Tabla 34 Resultados proceso de recepción MERCATIENDA PABLO VI .....	146
Tabla 35 Resultados proceso de traslado MERCATIENDA PABLO VI.....	148
Tabla 36 Resultados proceso de inventario MERCATIENDA PABLO VI .....	150
Tabla 37 Resumen resultados procesos recepción, facturación, inventario, traslado y despacho MERCATIENDA PABLO VI .....	152
Tabla 38 Total costos manual, código de barras y <i>RFID</i> .....	152

## LISTA DE FIGURAS GRÁFICOS

Figura 1 Tendencias.....	36
Figura 2 Modelo cantidad fija de la orden .....	45
Figura 3 Costos anuales totales .....	46
Figura 4 Modelo Q con variación de la demanda .....	47
Figura 5 Señal de rastreo para el cemento .....	52
Figura 6 Señal de rastreo para la varilla.....	55
Figura 7 Señal de rastreo para ladrillos.....	57
Figura 8 Señal de rastreo para teja .....	59
Figura 9 Señal de rastreo para pintura.....	61
Figura 10 Generaciones optimos locales y global .....	68
Figura 11 Generacion de la poblacion inicial, estructura del cromosoma .....	79
Figura 12 Ejemplo de la estructura de un cromosoma .....	80
Figura 13 Recombinacion de cadenas .....	84
Figura 14 Macro proceso cliente .....	87
Figura 15 Macro procesos proveedor.....	97
Figura 16 Interfaz Inicial .....	109
Figura 17 Interfaz Parámetros.....	110
Figura 18 Interfaz Parámetros - Empresa .....	111
Figura 19 Interfaz Maestros.....	112
Figura 20 Interfaz Maestros - Documentos .....	113
Figura 21 Interfaz Información Adicional .....	114
Figura 22 Interfaz Información Adicional - Ciudades.....	115
Figura 23 Interfaz Documentos .....	116
Figura 24 Interfaz Documentos – Pedidos Clientes .....	117
Figura 25 Arquitectura En Tres Capas Del Software “IDC LOGISTICS LAB” .....	131
Figura 26 Componentes Laboratorio de Logística de la Facultad de Ingeniería Industrial .....	133

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Algoritmos evolutivos (AE) .....	70
Diagrama 2 Algoritmos genéticos (AG) .....	72
Diagrama 3 Conectores entre diagramas de flujo de procesos .....	87
Diagrama 4 Pedidos clientes.....	90
Diagrama 5 Facturación .....	91
Diagrama 6 Inventario físico.....	93
Diagrama 7 Picking .....	94
Diagrama 8 Traslado de mercancía .....	95
Diagrama 9 Despacho de mercancías .....	96
Diagrama 10 Pedido de Proveedores .....	98
Diagrama 11 Recepción de Pedidos Proveedor.....	99

## LISTA ANEXOS

Anexo 1 Codificación Binaria y Decimal.....	162
Anexo 2 Diagrama Entidad Relación Base de Datos “CEDI” .....	162
Anexo 3 Video simulación Software “IDC LOGISTICS LAB”.....	162
Anexo 4 Informe evoluciones algoritmos genético caso aplicado centro de distribución construimos de Colombia S.A.S.....	162
Anexo 5 Código Fuente Algoritmo Genético .....	162
Anexo 6 Ayuda software IDC LOGISTICS LAB.....	162

## GLOSARIO

**Abastecer:** Proceso mediante el cual se busca satisfacer la demanda de una referencia específica.

**Almacenar:** Ubicar la mercancía en un espacio definido previamente, de manera que se puedan realizar operaciones posteriores con total facilidad.

**Identificación Por Radiofrecuencia RFID:** Sistema para almacenar y recuperar datos de forma remota que utiliza unas etiquetas o Tags que cuentan con unos receptores emisores que posibilitan la respuesta a solicitudes por radiofrecuencia desde un emisor receptor.

**Picking:** Operación logística que consiste en la preparación de pedidos.

**Incidencia Logística:** Es la denominación habitual para las alteraciones o disfuncionalidades ocurridas dentro del proceso logístico, puntualmente en las labores de distribución y transporte (rechazo de envíos, roturas y desperfectos, devoluciones y cambios y pérdidas, entre otros).

**Indicadores Logísticos:** Medidas normalizadas y estandarizadas que expresadas en ratios evidencian el avance de los planes logísticos y las gestiones relacionadas con el movimiento de materiales (producción, logística, marketing y ventas). Estos indicadores posibilitan la identificación de necesidades de analizar alternativas e implementar estrategias correctoras cuando hay un desvío en la planificación.

**Intercambio Electrónico de Datos “EDI”:** Sistema para la transferencia de datos estructurados conformando grupos de mensajes establecidos, de ordenador a ordenador, haciendo uso de medios electrónicos.

**Informática Logística:** Es el conjunto de sistemas de control, información y gestión o aplicaciones asistidas por un ordenador que implican apoyo y relación con el sistema logístico.

**Inventario:** Son los ítems o stocks que se usan a manera de soporte de actividades, producción y servicio al cliente. También se entiende como la relación ordenada de dichos ítems con indicación de la cantidad disponible de cada uno de estos productos y / o su respectiva valoración.

**Inventario Físico:** Puede tomarse como el inventario actual en sí o se asume como sinónimo de recuento físico.

**Inventario Permanente:** Es el sistema de mantenimiento del inventario en el cual causa ingreso o salida se registra y calcula el nuevo stock resultante. Otra definición plantea que el Inventario Permanente es el sistema de recuento físico constante, de manera que la comprobación de las existencias se realiza durante el ejercicio y no en un lapso de tiempo limitado y concreto.

**Break Even Point:** Punto de equilibrio. Es el momento en el que la empresa no está generando ningún tipo de ganancia ni pérdida. Es el punto en el que se unen las curvas de ingresos y egresos.

**Código de Barras:** Serie que alterna barras y espacios en blanco, la cual contiene información codificada que sólo puede ser leída a través de lectores ópticos. Los códigos de barras permiten tener mayor seguridad y ahorrar tiempo en la captación de datos en los sistemas informáticos.

**Consumo:** La cantidad de mercancía que los consumidores compran para satisfacer sus necesidades.

**Costo de Adquisición:** Es uno de los montos que componen el costo integral del aprovisionamiento.

**Costo de Almacenamiento:** Es uno de los componentes del costo de stock. Este representa los montos generados por la ubicación de la mercancía, gastos de volumen almacenado – bien sean de superficie (metros cuadrados alquilados o propios) o de instalaciones (estanterías)-. En este rubro no pueden incluirse los gastos relacionados con el sistema de movimiento de la carga ni el del personal del almacén, estos componen los gastos de volumen manipulado.

**Costo de Capital:** Monto producido por mantener una unidad monetaria invertida en un lapso de tiempo, el cual se estima, por lo general, en un año. Suele expresarse en un tanto por ciento (%). En las compañías que están orientadas hacia la calidad total, este porcentaje es calculado bajo el criterio de máxima rentabilidad, en lugar del interés generado en los préstamos bancarios.

**Costo de Pedido:** Es uno de los rubros que componen el costo integral del aprovisionamiento. Es el valor equivalente a la estructura requerida para que pueda funcionar el aprovisionamiento, es decir, es el monto que se genera al interior de la empresa, tras la entrega de cada proveedor, incluyendo reclamos y peticiones, control cuantitativo y cualitativo, pagos, recepción y manipulación de entradas.

**Diagrama de Flujo:** Representación, por medio de una gráfica, del movimiento o flujo que han tenido los diferentes materiales que se tengan en el stock.

**Diagrama de Materiales:** Área de la logística que comprende, desde la adquisición de la materia prima, hasta la terminación del producto final.

**Distribución:** Operación logística que contiene labores como: manejo de materiales, transporte de productos terminados y almacenaje. Comprende las operaciones que, anteriormente, recibían el nombre de logística de distribución o logística.

**CRP:** *Capacity Requirements Planning* (Planificación de Necesidades de Capacidad): Es el sistema que se emplea para definir la cantidad de mano de obra y tiempo de maquinaria se requieren para llevar a cabo la labor de producción.

**Demanda:** Es el requerimiento existente de un producto, esta necesidad puede generarse en diferentes campos, tales como: órdenes de consumidores, pronósticos, requerimiento interno de la fábrica, en una sucursal o bodega o por la fabricación de otro producto.

**Gestión de Calidad:** Área de la función general de la gestión que define e implementa la política de calidad.

**Gestión de Inventarios:** Planteamiento que coincide con las metas generales que tiene la compañía, el cual consiste en ubicar una cantidad determinada de mercancía en el momento justo, en el lugar indicado y con el costo más bajo.

**Gestión de Stocks:** Es un sinónimo de Gestión de Inventarios.

**Gestión Logística:** Responsabilidad y función de controlar, dirigir y seguir todo el proceso logístico integral.

**Heurística:** Es el sistema de resolución de problemas cuyas reglas o resultados están determinados por la intuición o experiencia y no provienen de un proceso de optimización.

**Histograma:** Es el gráfico de datos en escala que buscan representar una frecuencia de distribución. Las clases o grupos de cada uno de los ítems están marcados en el eje X, mientras que el eje Y contiene el número de ítems que tiene cada una de estas clases.

**Hardware:** Maquinaria: Este concepto bien puede ser un conjunto de máquinas que, reunidas, forman un computador o un dispositivo mecánico para todas las labores de manipulación que se llevan a cabo dentro de una bodega. También puede decirse que son los computadores y sus respectivos periféricos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> LÓPEZ FERNÁNDEZ, Rodrigo. Diccionario: logística comercial En: Zona logística, 2008.



## RESUMEN

La administración de productos en las bodegas actualmente requiere tecnologías que permitan reducir los tiempos en el manejo de los artículos y la optimización del talento humano, por esta razón se hace indispensable la implementación de herramientas informáticas que integren los equipos necesarios para la toma de información de calidad, que lleve a realizar buenas prácticas logísticas y toma de decisiones asertivas, para competir en el creciente mercado global que exige cada vez mayor velocidad y calidad en la entrega de productos a los CEDIs; los almacenes deben incursionar con elementos innovadores que proporcionen un manejo integral de los recursos utilizados para las operaciones, por esta razón existen herramientas tecnológicas como códigos de barras que son las más usadas debido a que proporcionan buenos resultados y costos bajos, pero genera un gran número de tareas repetitivas cuando se administran grandes volúmenes de mercancías, para dar solución a este inconveniente surge la tecnología de radio frecuencia que tiene costos elevados y garantiza la reducción de tiempos de procesamiento que se reflejan en la minimización de costos asociados en el corto mediano y largo plazo.

Para el mejoramiento de la administración de inventarios se utiliza el modelo de cantidad económica del pedido para múltiples productos simulando el funcionamiento de un CEDI, con base a este modelo se estructura y codifica un modelo metaheurístico para el caso puntual de un algoritmo genético que proporciona soluciones factibles para combinaciones de pedidos, que propone alternativas para tomar la decisión de cuantas unidades se deben pedir, al realizar la compra de los productos seleccionados se inician los procesos integrados por el software IDC LOGISTICS LAB, que tiene la capacidad de administrar los movimientos de los productos mediante códigos de barras y radio frecuencia, se debe tener en cuenta que esta herramienta administra los procesos relacionados con el movimiento de mercancías por lo tanto no incluye el manejo contable y financiero de los grandes centros de distribución.

El proyecto posee características y métodos que garantizan el correcto funcionamiento en contextos académicos y condiciones reales que experimentan los grandes almacenes, debido a la estandarización de métodos de lectura, procesamiento, codificación y transformación de la información con tiempos de respuesta cortos que demuestran la importancia de su utilización, estableciendo un punto de partida para investigaciones futuras en áreas del conocimiento empleadas en este trabajo de grado como investigación de operaciones, administración de inventarios, administración de procesos y procedimientos, logística, programación y bases de datos, en las que pueden incursionar los ingenieros industriales de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## ABSTRACT

Product's management in holds currently requires technologies that reduce article's time management and optimization of human talent, for this reason is essential to implement tools that integrate the necessary equipment for making information quality, leading to good logistics practices allowing to take assertive decision, to compete in the growing global market that requires every time more agility and quality in the delivery of products to the CEDIS, stores must make inroads with innovative elements that provide a comprehensive management of the resources used for operations, for this reason there are technological tools such as bar codes which are most used because they provide good results and low costs, but it generates a large number of repetitive tasks when large volumes of goods are administered, to solve this problem is the technology of radio frequency which has high costs but ensures the reduction of processing times that are reflected in the minimization of costs associated in the short medium and long term.

For the improvement of the inventory management is used model of economic order quantity for multiple products, simulating the operation of a CEDI, basis of this model structure and encodes a model Metaheuristic for the specific case of a genetic algorithm that provides solutions feasible for combinations of orders, which proposes alternatives to make the decision of how many units must be ordered, to make the purchase of the selected products are initiated processes integrated by IDC LOGISTICSLAB software, which has the ability to manage the movements of products using bar codes and radio frequency, keep in mind that this tool manages processes related to the movement of goods therefore does not include big distribution center's accounting and financial management.

The project has features and methods that guarantee the correct operation in academic contexts and actual conditions experienced by the stores, due to the standardization of methods of reading, processing, coding and processing of information with response times short that demonstrate the importance of its use, establishing a starting point for future research in areas of knowledge used in this work of degree such as operations research, inventory management, management processes and procedures, logistics, programming and databases, which can enter industrial engineers of the Faculty of Industrial engineering of the Universidad Tecnológica de Pereira.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas el proceso logístico al interior de las organizaciones ha tomado gran protagonismo y se han estudiado los diferentes aspectos que afectan las operaciones logísticas, además de la creación de herramientas informáticas que administran todas las actividades desde el más pequeño detalle de conocer el lugar en el que se encuentra situado un producto hasta conocer el informe de un despacho de mercancías consolidado por millones de unidades, como se ha menciona en diversas oportunidades en el desarrollo de este trabajo de grado este tipo de herramientas informáticas y la información del nivel de estandarización y automatización logrado por estos es de exclusivo uso de grandes compañías que invierten millones de dólares en este tipo de herramientas además de fondos directos a investigar y desarrollar elementos innovadores que aporten cada vez mayor dinamismo a las actividades y aumenten la productividad de los centros de distribución.

Se investigan y definen variables relacionadas directamente con la operación de los centros de distribución a través de referentes bibliográficos, experiencia de los autores en el laboratorio de logística de la facultad de Ingeniería industrial y acercamientos a grandes compañías de la región fuertes en el proceso logístico. Se utiliza una técnica fuerte de algoritmos evolutivos, los algoritmos genéticos que han demostrado gran eficiencia, soluciones de alta calidad y tiempos asociados bajos en la resolución de problemas de optimización con un nivel de complejidad alto, esta técnica brinda soluciones al cuestionamiento de cuantas unidades se deben pedir de cada producto o referencia esto bajo la premisa de que un almacén se abastece con el objetivo de atender la demanda de sus clientes y tener capacidad de respuesta ante inconvenientes que se puedan presentar , además esta sirve de puente para conectar las operaciones del centro de distribución con la herramienta informática IDC LOGISTICS LAB que permite administrar movimientos de productos de los procesos de recepción, almacenamiento, inventario, traslado, picking y despacho de mercancías, este software no incluye parte de contable ni financiera, se estructura su funcionamiento únicamente sobre los productos, el algoritmo genético está diseñado para modelar un tope máximo de productos, debido a que los tiempos asociados a la resolución de los su problemas se incrementa exponencialmente.

Las herramientas diseñadas en el laboratorio de logística de la facultad de Ingeniería Industrial se prueban en un contexto académico, para el caso del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S se simulan algunos de los módulos implementados en la herramienta informática y se aplica el algoritmo genético para los 5 productos elegidos, posteriormente se realizan las actividades de la MERCATIENDA PABLO VI mediante el software IDC LOGISTICS LAB, de esta manera se proponen herramientas de optimización para el modelo de cantidad económica del pedido para

múltiples productos y un software que contribuye al mejoramiento en la calidad de los procesos de un centro de distribución.

La presente investigación contribuye al aumento en la productividad y la maximización del uso de los recursos, los cuales son aspectos importantes que deben tener en las organizaciones, para la identificación y mejoramiento respectivos, el presente proyecto brinda herramientas optimización puntuales para los ingenieros Industriales, logrando un avance importante en el campo de la estandarización de procesos de las organizaciones, administración de inventarios y aportando un aspecto importante en la contextualización y aplicación de herramientas meta heurísticas, mostrando un enfoque de los campos de acción de los Ingenieros Industriales de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira.

## **OBJETIVOS**

- 1.** Investigar y analizar los referentes bibliográficos que sustentan la información necesaria para modelar el comportamiento de un CENTRO DE DISTRIBUCION.
- 2.** Visualizar el enfoque que tienen los centros de distribución de la región, para formar una perspectiva clara acerca de las posibles formas de administración.
- 3.** Analizar la información recolectada en la investigación exploratoria para Contrastar situaciones reales con las estudiadas previamente.
- 4.** Definir las variables que afectan directamente la operación de los Centros De Distribución.
- 5.** Estructurar el modelo heurístico que garantice soluciones factibles capaces de optimizar los recursos del Centro De Distribución.
- 6.** Documentar el modelo investigado y sus resultados.
- 7.** Crear los diagramas de flujo que categorizan la información que integra el CENTRO DE distribución.
- 8.** Diseñar y normalizar la base de datos correspondiente al flujo de información. ()
- 9.** Diseñar la interfaz operativa del software “IDC-LOGISTICSLAB”, (INTELLIGENT DISTRIBUTION CENTER).
- 10.** Programar los algoritmos obtenidos mediante los diagramas de flujo “código fuente IDC-LOGISTICSLAB”, (INTELLIGENT DISTRIBUTION CENTER). Teniendo en cuenta las tecnologías vanguardistas “soluciones Radio Frequency IDentification RFID” y códigos de barras.
- 11.** Simular mediante pruebas la capacidad de respuesta de las herramientas creadas anteriormente.

**12.**Entrega de resultados que permita a los usuarios, tomar decisiones, de dirección, retroalimentación y proyección.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **1.1. Situación problema**

En la actualidad se cuenta con tecnología física que encamina a las organizaciones a experimentar rumbos o direcciones hacia las cuales se dirigen los mercados del futuro a nivel global; en el laboratorio móvil de logística de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira se simula el comportamiento de un CEDI de forma general con productos que se identifican con códigos de barras y RFID, algunos de los componentes son antenas de radio frecuencia, equipo de impresión, góndolas (entre ellas una inteligente), lectores móviles y una aplicación que permite administrar de forma limitada los procesos que se simulan en el laboratorio de logística. En la actualidad se desconoce un modelo general de administración de la información, además se carece del factor de desarrollo lógico e inteligente que permita obtener esta información de forma dinámica y real, teniendo certeza que el tiempo es un factor fundamental en las empresas y su pérdida implica gastos, imprecisión en los datos y el mal manejo funcional.

Abordar este problema permite desarrollar las competencias globales que tienen en cuenta problemas complejos con el fin de satisfacer necesidades comunes de la sociedad, que exigen modelos que puedan optimizar las prácticas empresariales para innovar y desarrollar en las soluciones mediante criterios de calidad, productividad y competitividad para que las decisiones de las empresas sean las más acertadas que optimicen los recursos internos y externos.

En la actualidad existe la necesidad de una investigación que permita dar solución a problemas comunes debido a los altos costos en los que se incurre al tratar de alcanzar las mejores prácticas operacionales, estas prácticas se realizan de forma empírica por la mayoría de los CEDIS, utilizando metodología de ensayo y error, mientras que los grandes CEDIS invierten en investigación que logra dar resultados muy favorables, con la limitante que la información es de tipo confidencial.

## **1.2. Justificación**

La necesidad de almacenar obedece a factores externos difíciles de predecir y que afectan de forma directa la satisfacción de la demanda, evidenciando la imposibilidad que tiene la oferta para responder de forma inmediata a necesidades propias de los consumidores; pero es de vital importancia conocer la cantidad justa a almacenar y lograr el equilibrio que garantice la permanencia y trascendencia en el mercado global.

La Universidad Tecnológica De Pereira es el centro educativo más grande de Risaralda y cuenta con capacidad intelectual para innovar y desarrollar soluciones basadas en modelos que permitan optimizar los recursos que tienen los Centros De Distribución, además posee tecnología física capaz de generar, visión y alcance a direcciones que entregan resultados de forma profunda sintetizada y veraz, siempre que se generen algoritmos que permitan administrar de la mejor forma estos recursos físicos e intelectuales, que se encuentran ubicados en el Laboratorio móvil De Logística De La Facultad De Ingeniería Industrial.

Esta investigación permitirá alcanzar niveles óptimos de manejo y administración de recursos en tiempo real utilizando un modelo que se acople a las exigencias de los Centros De Distribución, además mejorar los procesos y procedimientos permitiendo la entrega de información que contribuya a la obtención de los mejores resultados. Para ello se tienen herramientas que facilitan la toma de información, la utilización de estándares globales de identificación de productos que funcionan mediante códigos de barras y en la actualidad con códigos de RFID, dado que esta es una tecnología que actúa en espacios donde es difícil para los códigos de barras, ofrece mayor flexibilidad, valor agregado y agilidad en los procesos logísticos.



### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo diseñar e implementar un sistema informático basado en un modelo heurístico, desarrollado en el LABORATORIO MOVIL DE LOGÍSTICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, que permita administrar procesos, procedimientos y flujo de información que optimice la operación de un CENTRO DE DISTRIBUCION. Utilizando códigos de barras y de radio frecuencia; garantizando un equilibrio económico entre los costos de almacenamiento, aprovisionamiento y servicio al cliente?

## **2. PRIMERA FASE: EXPLORACIÓN E INTERIORIZACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y REAL.**

La primera fase contiene un acercamiento a los aspectos y variables neurálgicas en las operaciones de los centros de distribución a través de referentes bibliográficos y el contexto real por medio de visitas a grandes centros logísticos y trabajos realizados en la facultad de ingeniería Industrial relacionados con la logística; se menciona la importancia de la identificación de los procesos logísticos y la identificación de productos por medio de tecnologías de códigos de barras y RFID.

### **2.1. Referentes bibliográficos.**

#### **2.1.1 Importancia de la logística.**

La logística comercial comprende el estudio de la distribución del producto, comenzando con el proveedor, hasta el consumidor final. La decisión del tamaño y la ubicación de los almacenes, la selección de los procedimientos de empaque y embalaje, los niveles del stock de seguridad de los distintos productos en los diferentes almacenes, y la elección de medios y fijación de condiciones para el transporte del producto son algunos de los problemas a los que da respuesta la logística comercial. Para resolver estos problemas con criterio económico se utilizan técnicas estadísticas, investigación de operaciones y modelos de optimización matemática.

La logística comercial consiste en satisfacer la demanda de los clientes o consumidores, el manejo que debe darse a los productos para que lleguen en condiciones óptimas, en la cantidad requerida, y llegando en el momento adecuado de una forma eficiente y al menor costo; estos dos objetivos, son generalmente incompatibles, la empresa debe sacrificar con frecuencia parte de la eficiencia en la distribución para evitar costos excesivos.

### **2.1.1.1. La estrategia de la distribución.**

Cuando se trabaja en la distribución de productos de forma masiva es necesario tener en cuenta las situaciones pasadas, presentes y futuras; con el objetivo de tener capacidad de respuesta que garantice la competitividad de los Centros de Distribución y la satisfacción de la demanda de los clientes. Para ello es necesario que las propias empresas cuenten con el conocimiento, procesos, capacitación y herramientas necesarias para ser autónomas puesto que nadie más que ellas mismas conocen sus necesidades, como suplirlas y posibles escenarios a futuro.

La logística contribuye al funcionamiento adecuado de las empresas quienes durante su evolución han incrementado sus canales de distribución internos y externos y han hecho lo posible por administrar de la mejor manera los inventarios, pero estos se pueden convertir en un problema si no se toman las medidas necesarias; Para ello una de las opciones es trabajar con productos de alta rotación y con referencias representativas; esto constituye de cierta forma una ventaja para el proveedor, para clientes y Centros de Distribución teniendo en cuenta que las tareas y procedimientos se centran en los productos más representativos, lo que garantiza el correcto almacenamiento , la movilidad y seguridad de los productos.

Otra estrategia de vital importancia es la política operativa de almacenamiento para el buen funcionamiento de las actividades, con el fin de evitar accidentes y minimizar los errores, para realizar entregas en menor tiempo, de alta calidad y reduciendo costos, porque en definitiva el nivel de servicio depende el prestigio de los Centros de Distribución.

Además de tener en cuenta la locación del centro de distribución, el diseño y la infraestructura física es necesario contar con las herramientas que se adecuan para la correcta toma de información que identifica los productos, todo esto conociendo la tipología de los productos y la rotación de estos, se debe tener en cuenta que cada producto tiene un canal de distribución diferente y que debe ser el óptimo o el que minimice los costos que se generan por su manipulación, si se presentan problemas en un producto estos van a generar más problemas en forma de cascada que van a derivar en costos que se hubiesen podido evitar siguiendo una serie de procedimientos necesarios para el correcto funcionamiento de un Centro de Distribución.

Para la administración de productos en un Centro de Distribución es necesario tener parámetros adecuados de logística, todo con el fin de tener siempre la cantidad necesaria de productos almacenados, minimizar errores y mejorar las relaciones de servicios con clientes y proveedores.

El proceso de salidas de un producto del centro de distribución debe ser efectivo que garantice la manipulación adecuada, la maquinaria específica, la no repetición de tareas es por ello que se buscan nuevas tecnologías para la identificación de productos para facilitar las tareas que día tras día se incrementan en número y en complejidad debido a la evolución y volúmenes que deben manejar las empresas que desean hacer parte del futuro; una de las nuevas herramientas de identificación que promete ventajas adicionales es la tecnología de radiofrecuencia que permite aumentar la veracidad de los datos de los productos, disminución en los tiempos de consulta y calidad de la información, además de la trazabilidad que mejora la toma de decisiones de los Centros de Distribución.<sup>2</sup>

#### **2.1.1.2. Logística y gran distribución en el eje de nuevos desarrollos.**

##### **Etiquetas electrónicas: ampliando mercados.**

El papel de las etiquetas electrónicas dentro de las tecnologías de identificación automática de productos, tradicionalmente reservadas a áreas donde los códigos de barras no resultaban eficientes o a productos de alto valor agregado, se está enriqueciendo con nuevos desarrollos que les abren nuevos campos de aplicación.

La identificación de productos es clave en la puesta en marcha de la optimización de los flujos de información y de productos, es por ello que se tienen diversos tipos de códigos que identifican estos como los códigos de barras (CB), tarjetas de bandas magnéticas, tarjetas electrónicas (Tags) por radio frecuencia (RFID), entre otras que buscan de una u otra forma adaptarse a las necesidades de los flujos de productos y tipologías de estos, como las altas o bajas temperaturas, los espacios reducidos, la reducción en tiempos de captura de información y los costos de implementación de estos tipos de identificación es decir la relación beneficio/costo.

La tecnología RFID presenta ventajas que hacen que se siga trabajando en la evolución de este tipo de códigos de identificación mejorando los estándares, disminuyendo los costos y corrigiendo las colisiones que se pueden presentar con algunos Tags; las ventajas para el ámbito industrial son muchas y de gran importancia que bien adoptadas van a permitir reducción de costos de procesos significativos para las empresas; además la aplicación de esta tecnología es

---

<sup>2</sup> BADENAS, Víctor. logística distribución transporte y entorno al centro logístico. En: *Manutención y almacenaje*, 1999. Nº 33, pág. 56.

mucho más grande en otros sectores como la identificación de animales, en librerías, bibliotecas, peajes, etc. La flexibilidad de esta tecnología hace que con ayuda de sistemas de información se logren realizar grandes procesos estandarizados y automáticos que beneficiaran a toda una sociedad creciente y con muchas más necesidades por satisfacer en el futuro, minimizando las pérdidas de los bienes que se desean identificar y que tienen gran porcentaje en los costos de las empresas.

El seguimiento y control de paquetes es uno de los objetivos importantes de la radiofrecuencia, el deseo de convertir un producto en una base de datos flotante, para ello se cuenta con varios tipos de códigos RFID. Optimizar las ventajas de los tipos de identificación contribuye a la reducción de costos al finalizar un periodo de actividades determinado, esto hace que en algunas actividades se utilicen CB y en otras códigos RFID; los códigos de barras son utilizados en mayor proporción cuando se presenta contacto visual, pero la reducción paulatina de los costos de productos con tecnología RFID ha hecho que cada vez sean más utilizados para el mejoramiento de la administración de productos.<sup>3</sup>

#### **2.1.1.3. Criterios para la creación de CEDIS**

#### **Condiciones de un diseño moderno para una solución de almacenamiento a largo plazo**

Un centro de distribución es un lugar donde los productos deben permanecer el menor tiempo posible y cuando estén allí debe moverse lo menos que se pueda, el almacén debe comportarse como un buffer (amortiguador), esto teniendo en cuenta que cada componente de la cadena de distribución es de vital importancia y los centros de distribución no son la excepción, son el “puente” que utilizan los productos para pasar de la planta de producción hacia los canales de distribución, entonces, sino se cuenta con un Centro de Distribución diseñado adecuadamente, podrían aparecer problemas como:

Tiempos extensos de preparación de pedidos.

Ampliación del ciclo de efectivo.

Costos elevados de almacenamiento.

Mencionando los más relevantes, debido a que pueden aparecer otro tipo de problemas (externos), para minimizar la probabilidad de que aparezcan los inconvenientes anteriormente mencionados el centro de distribución debe contar con cuatro características principales:

---

<sup>3</sup> LAFUENTE, Carmina, etiquetas electrónicas: ampliando mercados, En: Manutención y almacenaje, 1999, Nº 335, pág. 82.

**Funcionalidad:**

La estructuración del centro de distribución debe ser creada con alta flexibilidad, este no debe ser estático, ni limitarse únicamente a sus funciones inicialmente establecidas, el diseño físico debe ser dinámico, acoplarse a las operaciones y procedimientos que hacen parte del día a día del Centro de Distribución, esta premisa de flexibilidad hace referencia a la idea de que los procesos se deben efectuar de manera acelerada y fluida, es decir que los componentes del centro de distribución puedan ser poli funcionales (claro está sin dejar de lado la naturaleza de sus funciones), al igual que las personas se deben sentir satisfechas en sus puestos de trabajo.

**Escalabilidad:**

Un almacén se puede diseñar para albergar una tecnología de manipulación de materiales, con el tiempo es posible que se requiera de otra, se debe contemplar la eventualidad que las características del Centro de Distribución cambien, es entonces necesario que el modelo de administración se ajuste a las nuevas tecnologías que contribuyan a la optimización de las operaciones.

**Productividad:**

Diferentes aspectos relacionados con el diseño del centro de distribución influyen en la eficiencia y eficacia del mismo, desde el principio del proyecto se debe invertir en la adecuación del CEDI y se debe tener en cuenta pequeñas estrategias que marquen la diferencia en todos los procesos, por ejemplo contar con pisos que tengan durabilidad y planimetría, puertas con muelles a la altura adecuada, un diseño que provea los flujos de materiales adecuados que garanticen la cantidad mínima de desplazamientos, iluminación adecuada, ventilación y altura suficiente para que el ambiente dentro de la bodega sea adecuado y no cause fatiga a los operarios, todos estos elementos bien configurados permiten que el Centro de Distribución sea más productivo.

**Durabilidad:**

Los materiales (o tecnología) que son utilizados en todos los procesos deben ser de primera calidad, debido a que si no se utilizan esto repercutirá en el futuro

mayores gastos de mantenimiento y reemplazamiento, no se deben escatimar gastos al momento del diseño del CEDI, si se cuenta con los mejores implementos esta inversión se verá retribuida en el largo plazo.

### **Transparencia o control:**

El diseño del CEDI debe proporcionar herramientas para el control (preferiblemente preventivo), ubicando cada sub área de manera que se pueda tener contacto visual con cada una de estas, como se dijo anteriormente el CEDI debe contar con instalaciones amplias en las cuales se puedan realizar las tareas de forma óptima.

### **Seguridad:**

Es de vital importancia que el personal del CEDI se enfoque en la seguridad de las personas, definir los aspectos que podrían atentar contra la integridad de los operarios, para esto se deben definir redes de emergencia, red de incendios, entre otros. Toda la instalación deberá estar dotada de los elementos de seguridad necesarios de acuerdo al producto almacenado y las políticas de seguridad del usuario.

### **Elementos de diseño de un centro de distribución.**

Un buen CEDI debe contar por lo menos con los siguientes elementos de diseño:

- Pisos.
- Altura.
- Iluminación.
- Ventilación.
- Niveles de cargue y descargue (andenes).
- Seguridad física.
- Áreas de servicios complementarios.
- Rampa de acceso.
- Cuarto de baterías.
- Baños de hombres, mujeres y personal administrativo.
- Enfermería.
- Cuarto de basuras.
- Cuarto de averías.

- Cuarto de salud ocupacional.
- Cuarto de control de seguridad.
- Cuarto de tensión alta.<sup>4</sup>

#### **2.1.1.4 Enfoque regional.**

El triángulo del café es una región enfocada al progreso teniendo claros los roles que tiene cada una de las ciudades que lo conforman, Manizales la ciudad industrial, Armenia y el Quindío la zona turística y la ciudad de Pereira y su área metropolitana la ciudad de Dosquebradas son las ciudades comerciales e industriales de la región debido a los desarrollos que se presentan en este sector y la posición geográfica beneficiosa donde se encuentran ubicadas.

A través del área metropolitana de la ciudad se observan grandes industrias de talla global que mueven la economía de la región ofreciendo oportunidades laborales y educativas que preparan la mano de obra para que sea cada vez más competitiva y pueda existir completa armonía entre el talento humano y la tecnología que se requiere para el mejoramiento de los procesos industriales y comerciales de la ciudad para afrontar los cambios que depara el futuro y el comercio global, a continuación se ilustran algunas empresas.

#### **ICOLTRANS LTDA**

Es uno de los Centros de Distribución más grandes de la región, este operador logístico externo se encarga del transporte y almacenamiento de mercancías en todas las regiones del país con personal especializado en cada una de las áreas correspondientes a la complejidad que representa la administración de productos de tan variado catálogo que ponen a su disposición los clientes, entre ellos el caso más importante es el de Nestlé, se evidencio en una visita realizada a dicho Centro de Distribución la organización detallada de los productos, zonas, actividades, procesos y procedimientos totalmente estandarizados que facilitan la realización del movimiento de tan elevado número de mercancías que fluyen en pequeños periodos de tiempo, se cuenta con muelles de recepción divididas en secciones de despachos nacionales e internacionales, dentro del CEDI se pudo observar la distribución de las góndolas con secciones verticales de hasta 5 celdas de almacenamiento identificadas por nomenclatura basadas en códigos EPC de esta manera la

---

<sup>4</sup> SALDARRIAGA RESTREPO, Diego Luis. Diccionario: Como elaborar un proyecto de construcción de un centro de distribución. En: Zona logística. 2008, ed. 41 № 42, pág. 6-9.

administración conoce la disponibilidad de almacenamiento en tiempo real que integra los procesos de recepción almacenamiento y despacho todo esto se logra con la ayuda de equipos de manipulación de mercancías de pequeña y gran escala.

Cuando finalizan los procesos de recepción y almacenamiento se inicia el proceso de Picking que cuenta con una bodega en la que se seleccionan y se agrupan los productos a despachar haciendo de este un proceso independiente que facilita el manejo de información y distribución física de los productos, además permite tomar medidas correctivas con mayor facilidad y a menor costo si se llegaran a presentar problemas en dicho proceso sin necesidad de involucrar todas las áreas del CEDI.

El diseño de este CEDI además de tener capacidad de almacenamiento, trayectoria y buenos resultados a nivel nacional e internacional, se prepara para el futuro acondicionando nuevas áreas con características especializadas que requieren algunos productos, de esta manera poder ofrecer un portafolio más amplio a sus clientes, de productos comestibles perecederos diseñando nuevas zonas como la zona de refrigeración única en la región.

## **ZENÚ S.A.S**

La tecnología es necesaria en todos los procesos, las organizaciones de los diferentes sectores han sido testigos de la constante revolución de la información y la automatización, es por esto que las soluciones a los graves inconvenientes que se vienen presentando se encuentran precisamente en la implementación de herramientas de última generación, que optimicen las operaciones de las empresas y sirvan como directriz tanto de productividad como de competitividad. Como se dijo anteriormente a esta pequeña revolución de la sistematización se están acogiendo no solo las grandes industrias, también lo hacen las pequeñas y medianas empresas que buscan mantenerse y trascender dentro del mercado, la siguiente propuesta abarca algunos de los campos de interés los cuales nos sirven de referencia para cimentar la investigación.

La propuesta referenciada apunta hacia la implementación de un sistema de radio frecuencia en el centro de distribución de la empresa regional ZENU S.A.S, Esta propuesta tiene como objetivo principal, beneficiar y optimizar los recursos de la organización, aumentando la productividad, eficiencia en la operación logística, y flexibilidad en los horarios para responder a comportamientos imprevistos.

Como se ha resaltado, es necesario articular los procesos a desarrollos de tipo tecnológico, el tema específico tratado en esta propuesta radica en la implementación de un sistema de radio frecuencia que soporta el proceso de PICKING (separación de los productos, originado por una factura de venta), la investigación consta de 4 etapas, la primera se refiere a la descripción de la



operación logística al interior del Centro de Distribución, en segundo lugar se analiza el posible desarrollo y la implementación de dicha tecnología al proceso logístico previamente definido (PICKING), en tercer lugar se estudian las ventajas de esta tecnología y se contrasta con la utilizada en la actualidad por la organización, por último se elabora una aproximación de los costos que acarrea la implementación de un sistema de radio frecuencia.

Esta problemática se presenta en el cuarto frío del Centro de Distribución de ZENU S.A.S, la finalidad de esta propuesta es reducir (o eliminar) las practicas ineficientes relacionadas con el proceso de PICKING, ya que los diferentes indicadores de gestión aplicados a este proceso arrojaron resultados negativos.

La preparación de pedidos o PICKING es el proceso de selección y separación de productos desde sus lugares de almacenamiento y su transporte posterior a zonas de consolidación, con el fin de realizar la entrega del pedido efectuado por el cliente. Consta de dos actividades básicas: La recolección de cada uno de los productos solicitados por el cliente y la consolidación o agrupación de uno o varios embalajes para su envío.

Este proceso se realiza de forma manual, siendo el operario el responsable de efectuar dicha función, este se debe desplazar a través del Centro de Distribución y recopilar los pedidos efectuados por los clientes, la orden de compra se desplaza por las diversas estaciones; en la medida en que esta fluye se va maltratando y dañando, sin tener previo control sobre esta, causando problemas al momento de despachar el pedido, también aparecen múltiples problemas al momento de preparar la orden, como el tiempo de ocio en las estaciones y la demora para la revisión final (o de calidad) del pedido.

La solución gira en torno a la implementación de un sistema informático integrado a la tecnología de radio frecuencia, que permita la administración adecuada tanto de los movimientos de los productos como el inventario real con el que se cuenta, todo esto con el fin de optimizar la operación del Centro de Distribución, soportando está en información instantánea y veraz que permita a la organización tomar decisiones de una manera acertada.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> DIAZ, Celsa Isleny y ARIAS, Robinson Antonio. Una propuesta tecnológica basada en radiofrecuencia para apoyar el proceso de picking en los cuartos fríos de industria de alimentos ZENU S.A.S. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira, Risaralda: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial, 2010. 105 p.

## **Argos S.A.S**

Las empresas del futuro tienen la necesidad de implementar procesos logísticos que garanticen el desarrollo de buenas prácticas empresariales para obtener resultados óptimos que beneficien sus clientes, alcanzar los objetivos organizacionales, y además ser competitivos en el mercado global.

Para cumplir las metas organizacionales es necesario engranar los procesos empresariales para que todos y cada uno de ellos estén siempre encaminados con la razón de ser de la empresa, para ello la logística se encarga de acoplar los procedimientos de cada una de las áreas formando una estructura unificada que desarrolla actividades bajo unos mismos criterios.

En este proyecto la empresa (Argos de Medellín) desconocía los procesos logísticos y el valor que estos generan a las industrias, no se contaba con indicadores establecidos que permitieran cuantificar la gestión logística de la organización lo cual no permitía establecer metas, hacer seguimientos, tomar acciones correctivas y/o preventivas, entre otros.

El proceso logístico de la empresa en la que se realizó el estudio se limitaba a la zona de inventarios y además contaba con inconvenientes que generaban errores que alcanzaban el 50% de la totalidad del proceso, creando ideas erróneas acerca de la realidad y posteriormente la mala toma de decisiones basada en información que carecía de validez generando así demoras en los pedidos y peor aún no poder satisfacer la necesidad de la demanda.

En este proyecto se partió del supuesto que la organización logra satisfacer a sus clientes cuando implementa buenas prácticas logísticas internas y cumplan con los requerimientos de los clientes. En la actualidad las empresas independientemente de su tamaño, tecnología y conocimiento deben estar en la capacidad de responder a las necesidades de los clientes en el menor tiempo posible y con productos de alta calidad teniendo en cuenta los procesos que brinda la logística y su ejecución mediante herramientas tecnológicas como góndolas especializadas, software, códigos de barras, códigos RFID y otros recursos necesarios en el movimiento y almacenamiento de productos.

Las presiones económicas actuales sobre los fabricantes requieren un enfoque más riguroso hacia la gestión conjunta de inventarios para minimizar las interrupciones y aumentar la previsibilidad reduciendo así en lo posible los costos asociados a los niveles de almacenamiento de productos de forma extralimitada y costos de oportunidad cuando no se puede cumplir con los pedidos, para beneficio de los clientes y lograr la eficiencia de los recursos con los que se cuentan las empresas.

En el desarrollo del proyecto se cambió el concepto de logística que inicialmente estaba enfocada en dos procesos “logística” y “compras” para convertirse en dos

procesos denominados “operación logística” y “planeación logística” logrando así abarcar todos los procesos que se evidencian en la organización y lograr mejoras significativas que garantizan el buen funcionamiento de las prácticas empresariales la satisfacción de los clientes y la capacidad de ser competitivos en el mercado.

El rediseño logístico final ha generado nuevos valores a la organización, puesto que le ha garantizado la coordinación y el control de los siguientes aspectos:

- Abastecimiento de materias primas.
- Niveles adecuados de inventarios de materia prima y producto terminado.
- Confiabilidad del inventario físico y en sistema.
- Logística de entregas nacional e internacional.
- Administración de clientes claves.

Otro de los valores agregados con los que ahora cuenta la organización es la agilidad y oportunidad de las respuestas logísticas a los constantes requerimientos, expectativas y necesidades cambiantes de los clientes. Esto le ha permitido al área de ventas exponer la nueva eficiencia logística como un elemento de competitividad de la Empresa en el momento de sus negociaciones con nuevos clientes.

En fin el cumplimiento de sus objetivos se convirtió en una constante que brinda satisfacción a los clientes brindando valor agregado y además la oportunidad para la empresa de explorar nuevos mercados para adquirir nuevos cliente que contribuyan al crecimiento de la organización.<sup>6</sup>

La información descrita en esta fase permite crear un acercamiento en los conceptos de administración de inventarios y operaciones logísticas que sirven para implementar y delimitar procesos dentro de los CEDIs logrando la interacción en los recursos que intervienen dentro de los procesos que se ejecutan a diario como despacho, recepción, almacenamiento, traslados y facturación.

---

<sup>6</sup> LÓPEZ, Diana, Rediseño de los procesos logísticos para una empresa industrial. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira, Risaralda. Universidad Tecnológica De Pereira. 2005 pág. 98.

### **3. FASE 2: ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES DEL MODELO, SU IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIÓN**

En esta fase se identifican y documentan algunas de las variables relevantes en los procesos logísticos, se estudian los referentes bibliográficos relacionados con la administración de inventarios, métodos de pronósticos, modelo de cantidad económica del pedido, finalmente se plasman los criterios anteriormente descritos en el contexto académico del caso aplicado del centro de distribución Construímos de Colombia S.A.S, finalmente se estudian los algoritmos genéticos, su importancia y la estructura interna de estos.

#### **3.1. Exploración de variables en Centros de Distribución**

Los inventarios son depósitos de materias primas, productos en proceso o productos terminados que aparecen en almacenes, tiendas, fabricas ubicados en diversas áreas de dichos lugares y que representan un valor muy alto en el costo de los mismos productos por almacenamiento, es por esta razón que se han realizado muchos esfuerzos por reducirlos y llevarlos a un mínimo costo sin dejar perder los argumentos que tienen a favor, como mejorar el servicio al cliente y reducir costos en determinado momento cuando la demanda requiere mayor flujo de productos.

Los sistemas de producción no tienen la capacidad de responder a las expectativas de los clientes, cuando es necesario respuesta inmediata para la entrega de los productos, esta es una de las razones por las que existen los inventarios, que deben estar disponibles y cerca a los clientes para generar un nivel de servicio alto y satisfacer las necesidades de los clientes.

Aunque el hecho de tener inventarios representa costos elevados, cuando se tiene un manejo adecuado estos se compensan con costos de operaciones de otras actividades de la cadena de suministros, además los inventarios favorecen las economías de producción actuando como un amortiguador cuando existe variación entre la producción de productos y la demanda.

La reducción en los costos de transporte y la oportunidad de brindar más de lo que los clientes esperan, los bajos costos en algunos casos para productos que tienden a subir de precio comprando ahora y no a futuro a precios más elevados, la variabilidad que puede existir en las diferentes operaciones de la cadena de suministros y factores externos que causan cambios drásticos en la demanda, afecta en menor proporción la entrega oportuna de productos a los clientes cuando se tiene inventarios, por estas razones para hacer un buen ejercicio en la administración de inventarios es necesario en primera instancia realizar un estudio de la demanda o comportamiento del mercado.

### 3.2. Naturaleza de la demanda

La demanda es variable y responde de acuerdo a los tipos de productos ya sean estacionales o irregulares y el ciclo de vida en el que estos se encuentran, haciendo que varíe el tiempo de reaprovisionamiento y la cantidad a demandar. La demanda puede presentar patrones erróneos, los cuales son más difíciles de predecir con irregulares debido a que los que tienen características estacionales demandan una cantidad similar durante determinados periodos del año, por su parte los irregulares se demandan con periodos muy variables de cantidades cercanas a cero y picos muy elevados en pequeños periodos de tiempo. Es fácil diferenciar estos dos tipos de productos los irregulares tienen una rotación y variación alrededor de la demanda promedio más alta que los productos estacionales. El control de inventarios de estos artículos se puede dar de forma intuitiva o por medio de procedimientos matemáticos.

Los pronósticos son la base para la toma de decisiones en las organizaciones en las áreas funcionales de finanzas, contabilidad y costos, pero crear un pronóstico perfecto es casi imposible debido a la gran cantidad de variables que intervienen en los negocios, esto no quiere decir que no se puede trabajar con pronósticos inexactos, por el contrario se debe aprender a trabajar con ellos y utilizar las metodologías adecuadas para crear el pronóstico más cercano posible a la realidad.

Los pronósticos se conocen como cualitativos y cuantitativos y este trabajo se enfocara en los cuantitativos como los promedios móviles, tendencias, series de tiempo y las fuentes de error y su medición con un enfoque en pronósticos para productos independientes.

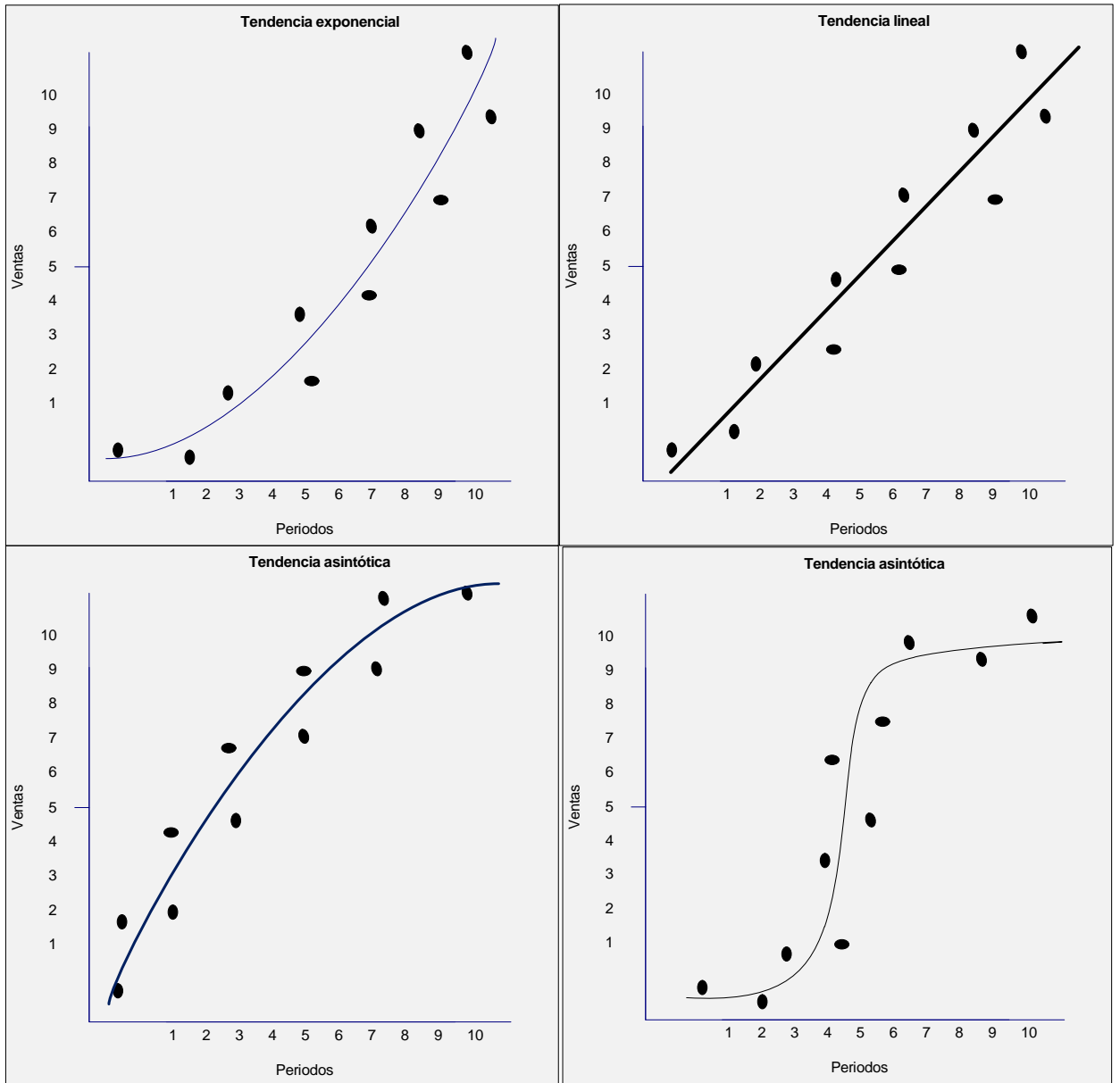
El análisis de series de tiempo utiliza datos históricos de la demanda con la idea de pronosticar la demanda futura con un intervalo de confianza que garantice buenos resultados de acuerdo a lo que realmente puede suceder en el futuro; Para poder realizar un estudio adecuado de la demanda se puede separar la demanda en seis componentes: la demanda promedio de un periodo, la tendencia, el elemento estacional, los elementos cíclicos, la variación aleatoria y la correlación propia.<sup>7</sup>

Por lo general las líneas de tendencia son la base para realizar pronósticos, a continuación se presenta la gráfica para mostrar los componentes expresados anteriormente:

---

<sup>7</sup> Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 ed. México.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.

Figura 1 Tendencias



Fuente: Propia

### 3.2.1 Métodos para pronosticar la demanda

Cuando una empresa elige un modelo de pronósticos este dependerá de:

- 1) El periodo que cubrirá el pronóstico.
- 2) La disponibilidad de datos.
- 3) La exactitud requerida.
- 4) El monto del presupuesto para pronosticar.
- 5) La disponibilidad de personal calificado.

Otras cuestiones a tener en cuenta por la empresa son la flexibilidad y cuantía que es capaz de soportar si se presenta mucha variación en la cantidad a demandar y la pronosticada y si el inventario que se tiene es de productos costosos.

#### 3.2.1.1 promedio móvil simple y ponderado

El promedio móvil simple es muy útil para pronosticar la demanda de periodos del futuro no obstante se debe tener sumo cuidado con los periodos de tiempo que se utilizan, periodos cortos de tiempo siguen más de cerca las variaciones de la demanda pero generan mayor oscilación en los pronósticos y es muy dispendioso de manejar tal número de datos, si se seleccionan periodos de tiempo más largos los pronósticos serán más atenuando pero seguirán más de cerca las tendencias de la demanda, la manera de calcular este pronóstico es el resultado de la suma de los valores de cada periodo dividido el numero estos.<sup>8</sup>

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

Ecuación 3.1

Donde

$F_t$  = Pronóstico para el periodo futuro

$A_{t-1}$  = Hechos del periodo anterior

$A_{t-2}, A_{t-n}$  = Hechos para periodos anteriores y  $n$  es el numero de periodos

---

<sup>8</sup> Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 edi. México.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.

Una de las desventajas de este promedio móvil es que cada vez que se seleccione un periodo de tiempo los datos deben ser ingresados nuevamente y esto sería muy grave cuando se presenta un gran número de datos.

Otro método que se utiliza para calcular pronósticos con la misma base de datos del promedio móvil simple es el promedio móvil ponderado que agrega una componente que permite dar importancia a periodos determinados por el administrador en la base de datos, algunos periodos inclusive pueden no tener importancia y tener una componente con valor neutro, sin embargo la suma de las componentes debe ser igual a 1 y la forma para calcular este tipo de promedio está dada por la siguiente formula:<sup>9</sup>

$$F_t = w_1A_{t-1} + w_2A_{t-2} + \dots + w_nA_{t-n}$$

Ecuación3.2

Donde

$A_{t-1}$  = Hechos del periodo anterior

$A_{t-2}, A_{t-n}$  = Hechos para periodos anteriores y  $n$  es el numero de periodos

$w_1, w_2, w_n$  = Peso para los diferentes periodos

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ecuación 3.3

### 3.2.1.2. Método exponencial aminorado

Cuando se utilizan los métodos para pronosticar y se adicionan nuevos datos a los datos ya existentes en muchos casos se ha podido determinar por experiencia que los datos nuevos son más acertados, partiendo de esta premisa el modelo exponencial aminorado da importancia a los datos más nuevos y a medida que aumenta su antigüedad se reduce su importancia.

Este método se conoce como exponencial aminorado porque cada incremento en el pasado debe disminuir en  $(1-\alpha)$

Ponderación más reciente=  $\alpha (1-\alpha)^n$

<sup>9</sup> Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 edi. México.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.



Ponderación un periodo pasado=  $\alpha (1-\alpha)^1$

Ponderación dos periodo pasado=  $\alpha (1-\alpha)^2$

Los exponentes explican el nombre que se le da a este método que es uno de los más usados en herramientas de cómputo para reponer inventarios en empresas minoristas, mayoristas y Centros de Distribución.

Los factores más importantes por los que se conoce esta técnica exponencial aminorada son:

- 1) Exactitud en los pronósticos
- 2) Facilidad para modelar pronósticos.
- 3) Pocos cálculos para realizar el modelo.
- 4) Pruebas fáciles para conocer la exactitud del pronóstico.

Para pronosticar el futuro mediante el método exponencial aminorado es necesario solo tres conjuntos de datos: pronóstico más reciente, la demanda de ese periodo y un alfa constante de atenuación. Este alfa puede variar de acuerdo a la tasa de crecimiento de las ventas que se determine mediante los resultados que se experimenten, si la tasa de crecimiento es elevada el alfa de atenuación debería variar entre 15 y 30 puntos porcentuales, pero si se ha presentado una demanda relativamente estable se puede considerar una tasa de atenuación de solo 5 a 10 puntos porcentuales.<sup>10</sup>

La ecuación para un solo pronóstico del método exponencial aminorado es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

Ecuación 3.4

Donde

$F_t$  = pronóstico exponencialmente aminorado para el periodo  $t$

$F_{t-1}$  = El pronóstico exponencialmente aminorado para el periodo anterior

$A_{t-1}$  = La demanda real en el periodo anterior

$\alpha$  = La tasa deseada de respuesta o la constante de atenuación

---

<sup>10</sup> Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 ed. México.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.

Ya teniendo este modelo se puede presentar que el pronóstico se queda corto en los periodos donde la demanda presenta gran variación o poca variación, debido a que se tiene una sola variación o atenuación, para seguir más de cerca las variaciones de la demanda se puede utilizar un factor de tendencia y variar el alfa de acuerdo al periodo lo que se conoce como pronóstico adaptado.

Para este modelo de pronóstico exponencial aminorado adaptado se agrega una nueva constante delta que permite acercar el pronóstico más a la realidad del comportamiento de la demanda por medio de la tendencia incluida mediante la siguiente ecuación:

$$FIT_t = F_t + T_t$$

**Ecuación 3.5**

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

**Ecuación 3.6**

$$T_t = T_{t-1} + \delta (F_t - FIT_{t-1})$$

**Ecuación 3.7**

Donde

$F_t$  = El pronóstico aminorado exponencialmente para el periodo t

$T_t$  = La tendencia aminorada exponencialmente para el periodo t

$FIT_t$  = El pronóstico que incluye la tendencia para el periodo t

$FIT_{t-1}$  = El pronóstico que incluye la tendencia para el periodo pasado

$A_{t-1}$  = La demanda real para el periodo pasado

Para controlar el valor de alfa se requiere experiencia y se debe tener en cuenta el tipo de producto y las variaciones que ha tenido en los últimos periodos ya que a partir de esto se deriva su comportamiento por ejemplo para demanda de comida el alfa sería muy pequeño puesto que no hay gran variación en estos productos de la canasta familiar mientras que para ropa o productos de moda sería más elevado el porcentaje del alfa.

### 3.2.1.3 Errores del pronóstico

Cuando se realizan pronósticos existe una diferencia entre el pronóstico y el resultado real de la demanda, a esta diferencia se le conoce como errores residuales; aunque sean errores son el resultado de lo complejo que es predecir la demanda debido a la cantidad de factores que la determinan. Además es necesario diferenciar las fuentes de error de la medición del error.

Entre las fuentes de errores se puede encontrar los errores sesgados y aleatorios, los sesgados se presentan cuando se toman variables incorrectas o se hacen relaciones equivocadas entre las variables del pronóstico, los errores aleatorios son todos los errores que el pronóstico no es capaz de explicar.

#### Medición del error

Cuando se estudian las fuentes de error los elementos empleados para realizar dicho estudio son el error estándar error medio al cuadrado (desviación estándar) y desviación media absoluta además señales de rastreo para conocer sesgos positivos o negativos en el pronóstico.

**Desviación media absoluta (DMA):** La DMA es valiosa para obtener señales de rastreo, esta representa el error promedio de los pronósticos que emplean valores absolutos. La DMA es valiosa porque al igual que la de desviación estándar mide la dispersión de un valor que se aleja del valor del pronóstico deseado.

Para calcular la DMA se emplea la diferencia entre la demanda pronosticada y la demanda real dividido el número de datos.

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

Ecuación 3.8

Donde

t= Número de periodos

A = Demanda real para el periodo

F= Demanda pronosticada para el periodo

N= Total de periodos

| |= Símbolo de valor absoluto

Cuando los errores del pronóstico están distribuidos normalmente (como suele suceder) la desviación estándar se presenta de la siguiente manera.

$$1 \text{ desviación estándar} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} * DMA \text{ o aprox } 1,25 DMA$$

Ecuación 3.9

1 DMA = 0,8 desviación estándar

La desviación estándar es el resultado más grande, si hemos fijado los límites de control en más o menos tres desviaciones estándar ( $\pm 3,75 DMA$ ) entonces el 99,7 % de los datos estarían dentro de los límites de control.

Una señal de rastreo indica si el promedio de los pronósticos está siguiendo el ritmo ascendente o descendente del comportamiento real de la demanda. La señal de rastreo (ST) se calcula mediante la suma de las desviaciones del pronóstico dividida entre la desviación media absoluta.

$$ST = \frac{SCEP}{DMA}$$

Ecuación 3.9

Donde

SCEP= Suma corriente de errores del pronostico

DMA= Desviaciones medias absolutas

Los límites aceptables para las señales de rastreo dependen del volumen de la demanda, la cantidad de personal disponible para realizarlos; aunque hay que tener en cuenta que límites aceptables más estrechos da como resultado que un mayor número de pronósticos no se encuentren dentro de estos límites por lo que se debe requerir un estudio adicional

Cuando se desea pronosticar el error se utiliza una DMA atenuada exponencialmente para pronosticar el rango de error del periodo siguiente, este cálculo es muy valioso para el control de inventarios ya que sirve para establecer los niveles de inventarios de reservas.

$$DMA_t = \alpha |A_{t-1} - F_{t-1}| + (1-\alpha) * DMA_{t-1}$$

Ecuación 3.10

Donde

$DMA_t$ = Pronostico de la DMA para el periodo n-enésimo

$\alpha$  =Constante de atenuación (normalmente en el rango de 0,05 a 0,20)

$A_{t-1}$ = Demanda real en el periodo t-1

$F_{t-1}$ = Pronostico de demanda para el periodo t-1

### **3.3. Control y administración de inventarios**

El control de inventarios busca que el producto este en el momento adecuado, en la cantidad deseada y con precio competitivo, por esta razón se basa en la probabilidad de la capacidad de cumplimiento a partir del stock actual para un producto, a su vez el nivel de servicio para un pedido mayor a una unidad de un producto es más bajo puesto que se debe multiplicar las probabilidades de cada uno de los artículos existentes.

#### **Pedidos repetitivos**

Cuando se presentan pedidos repetitivos como suele suceder en la realidad, estos pedidos aplican para productos irregulares y su demanda puede ser perpetua, este pedido se puede dar de manera instantánea o su entrega puede darse en un periodo de tiempo que para los casos más sencillos es constante con demanda conocida, aunque en situaciones reales muchas veces se desconoce la demanda y el tiempo de entrega de la mercancía no se conoce con seguridad.

#### **Control avanzado de inventarios por demanda (PULL)**

El control avanzado de inventarios significa que no se conoce con exactitud la demanda y el tiempo de entrega de los productos, razón por la cual se debe planificar para una situación donde se agoten las existencias incluyendo un inventario de seguridad de acuerdo a la demanda promedio y el tiempo de entrega promedio que permite controlar la probabilidad de que ocurra faltas de existencias.

Conociendo el nivel de servicio y el ciclo del nivel de servicio se puede determinar la probabilidad deseada de no quedarse sin inventario en ningún ciclo; este ciclo inicia cuando se realiza la orden del pedido y finaliza cuando este pedido ingresa al inventario.

Para conocer este nivel de seguridad debemos conocer la variabilidad de la demanda mediante distribuciones de probabilidad las cuales se determinan en términos de media y varianza.

Los sistemas de inventarios para varios periodos o ciclos son dos: sistema Q conocido como sistema de inventarios de cantidad fija de reorden y sistema P conocido como sistema de inventarios de periodos fijos.

### 3.3.1 Modelo de la cantidad fija de orden

Punto de reorden= demanda durante el tiempo de entrega + inventario de seguridad reorden

La decisión de tener un inventario de seguridad más grande o pequeño implica ventajas o desventajas entre tener un alto nivel de servicio al cliente y los costos de mantener el inventario, entre más grande sea el nivel de seguridad o el R más alto, menos probable será que se presenten faltantes aunque se debe manejar un equilibrio entre los costos y el nivel de servicio deseado.

Uno de los problemas es que no se conoce la variación de la demanda promedio durante el tiempo de entrega de la mercancía la verdadera decisión debe ser la selección del inventario de seguridad.

Se pueden utilizar modelos de minimización de costos pero se debe realizar un estudio de los costos cuando se presentan faltantes y ordenes atrasadas, es por esta razón que el modelo de inventarios debe tener en cuenta la política de la gerencia sobre el nivel de servicio que desea brindar y después determinar el nivel de servicio que satisfaga esa necesidad.

Este sistema es sencillo de calcular, cuando se parte del supuesto que todos los aspectos son conocidos, aunque aspectos como la demanda son desconocidos es una buena base para aprender a interpretar problemas más complejos.<sup>11</sup>

Los supuestos para desarrollar un ejemplo sencillo son los siguientes, aunque no son realistas:

- Demanda constante a lo largo del periodo.
- Tiempo de colocación constante.
- Precio constante del producto.
- Todas las demandas de productos serán satisfechas (no existen pedidos no surtidos).

Este modelo crea un efecto de dientes de serrucho que relaciona Q y R, cuando el inventario desciende hasta R se realiza el pedido ingresando en un periodo L. Para relacionar los costos de este modelo la primera expresión se presenta de la siguiente manera:

---

<sup>11</sup> Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 ed. México.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Ecuación 3.12

Donde

TC= Costo total anual

D= Demanda anual.

C= Costo por unidad

Q= Volumen de la orden

S= Costo por poner una orden

R= Punto de reorden

L= Tiempo de entrega

H= Costo de almacenar inventario (con frecuencia se toma como un porcentaje del costo del artículo  $H=i \cdot C$  donde  $i$  es el porcentaje).

$$H = H_s + C \cdot V + H_{ser} \cdot V + C \cdot H_i \cdot Q$$

Ecuación 3.13

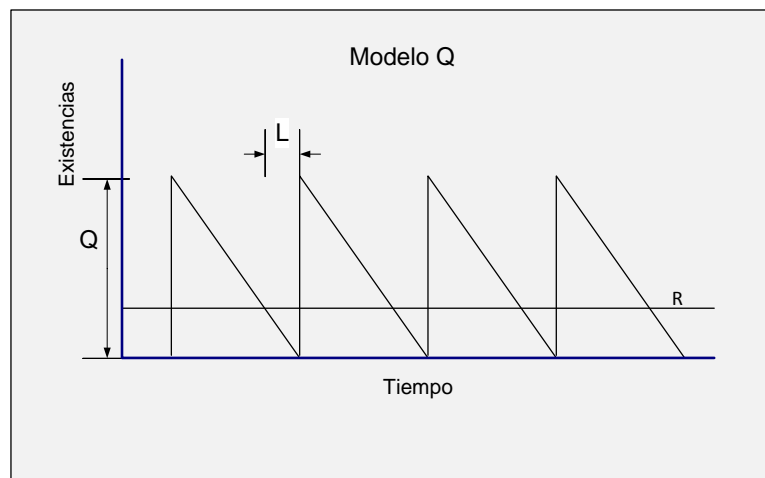
Donde

$H_s =$  Costo seguros.

$H_{ser} =$  Costo servicios.

$H_i =$  Costo interes (perida de valor del producto).

Figura 2 Modelo cantidad fija de la orden



Fuente: Propia

El segundo paso es calcular la cantidad óptima de pedido que se presenta cuando la curva de costos totales tiene pendiente igual a cero, este Q óptimo se obtiene mediante la derivada de la función de costos totales en términos de cantidades y le damos un valor de cero.

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Ecuación 3.12

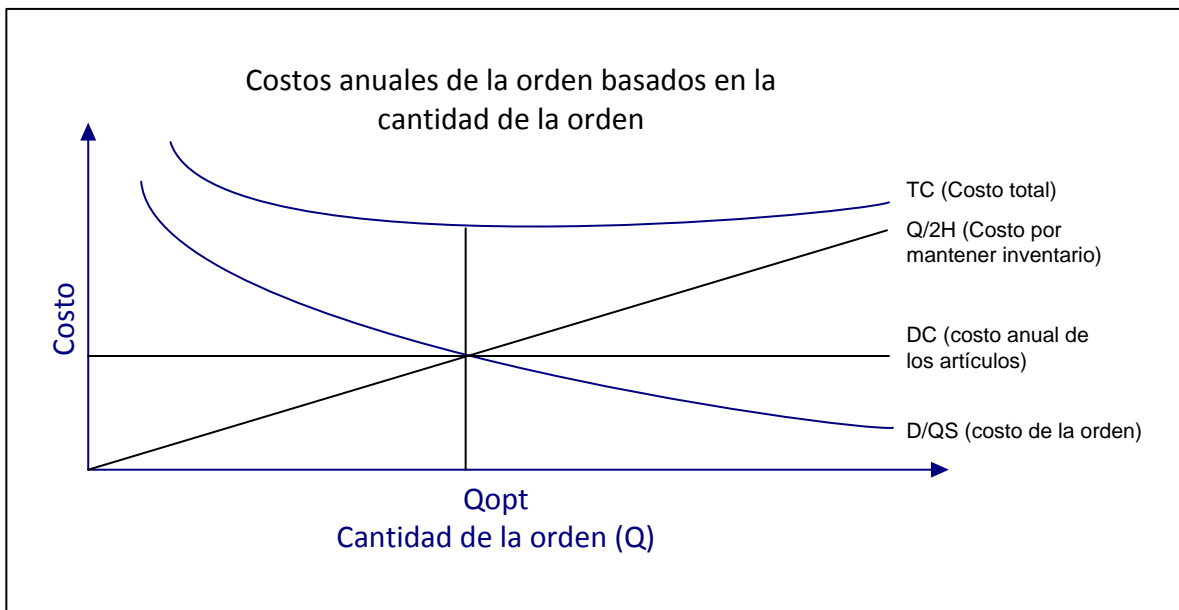
$$\frac{dTC}{dQ} = 0 + \left(\frac{-DS}{Q^2}\right) + \frac{H}{2} = 0$$

Ecuación 3.14

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Ecuación 3.15

Figura 3 Costos anuales totales



Fuente: Propia



Como para este ejemplo la demanda y el tiempo de espera son constantes no se necesita cantidades de reserva por esta razón el punto de re-orden es:

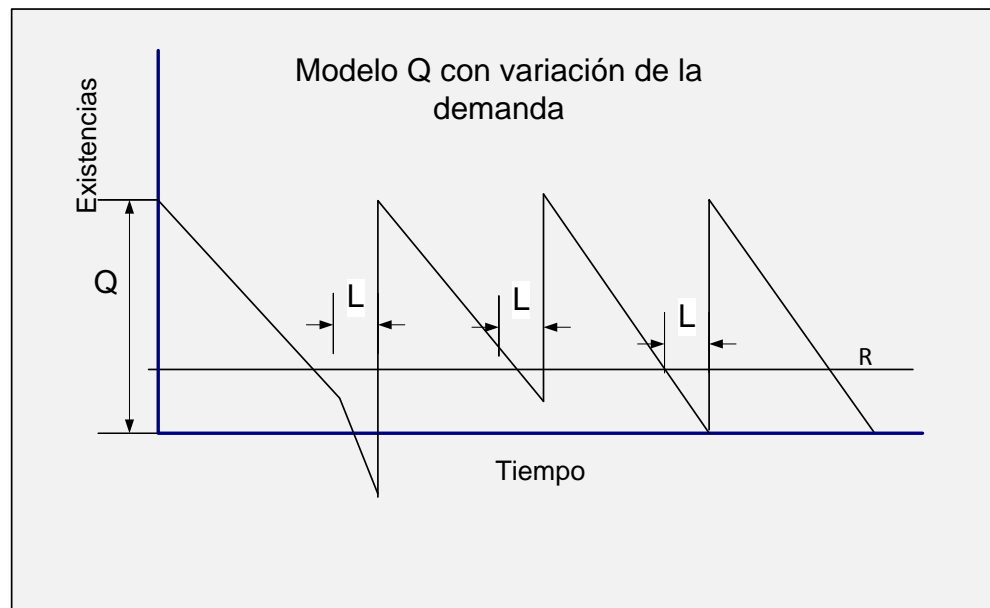
$$R = \bar{d}L$$

Ecuación 3.16

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio (constante).

$L$  = Tiempo de entrega en días (constante).

Figura 4 Modelo Q con variación de la demanda



Fuente: Propia

Como se puede observar en la ilustración 4 Cuando la demanda presenta variación se experimentan cambios que algunas veces el stock de seguridad no es capaz de cubrir como desabastecimiento o inventario adicional para el periodo siguiente.

La cantidad económica del pedido es sencilla de calcular para un solo producto pero realmente las empresas manejan una gran variedad de productos sujetos a restricciones como capital y almacenamiento que son las que se abordan para la consecución de este proyecto. Para modelar este nuevo caso se expresan a continuación la función objetivo y las restricciones.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{i=1}^n \left[ \frac{h_i Q_i}{2} + \frac{k_i \lambda_i}{Q_i} \right]$$

**Ecuación 3.17**

S.A

$$\sum_{i=1}^n c_i Q_i \leq C$$

**Ecuación 3.18**

$$\sum_{i=1}^n w_i Q_i \leq W$$

**Ecuación 3.19**

$$R_i \leq Q_i$$

**Ecuación 3.20**

$$Q_i \leq \lambda_i$$

**Ecuación 3.21**

Dónde:

$h$  = Costo de mantener el inventario por unidad de tiempo

$Q$  = Tamaño de lote

$k$  = Costo de preparación de una orden

$\lambda$  = Demanda

$c$  = Costo unitario

$C$  = Capital disponible

$w_i$  = Espacio ocupado por una unidad del producto  $i$

$W$  = Espacio total disponible

### 3.3.2 Caso aplicado

Un CEDI perteneciente al grupo **Construimos de Colombia S.A.S**, comercializa materiales para la construcción y productos para el hogar en las diferentes líneas (Premium y simple), sus clientes se encuentran situados en el eje cafetero y el norte del valle, la principal sede se encuentra ubicada en la zona franca de CAIMALITO Risaralda. El nivel de ventas de materiales para construcción ha aumentado durante los dos últimos años debido a la urbanización masiva que se ha presentado en el eje de sus centros de consumo, debido a esto se analizara el nivel de inventarios para los 5 productos más representativos, que se describen a continuación

- Cementos el fuerte 50 kg (pc 26000)
- Varillas 5/8 pulgada x 6 metros (pc 10500)
- Ladrillos estándar (6x10x20 cm) (pc 850)
- Teja gris el fuerte x 2,44 metros (pc 13000)
- Pintura x 5 galones (pc 180000)

Por esto se desea encontrar el volumen adecuado para estos 5 productos que se deben adquirir, dicha información servirá al departamento de transporte para planificar las rutas de los vehículos, a la dependencia de mercadeo y demanda para planificar las cantidades a comprar y al departamento de costos para ajustar el presupuesto de compras del siguiente periodo.

P1: CEMENTO

$k_i$ = Costo preparación

P2: VARILLA

$c_i$ = Costo producto

P3: LADRILLOS

$\lambda_i$ = Tasa de demanda

P4 TEJAS

$h_i$ = Costo mantener inventario

P5: PINTURA

$w_i$ = Espacio ocupado por el producto

Tabla 1 Datos iniciales caso aplicado

DATOS INICIALES					
	P1	P2	P3	P4	P5
Ci	35.000,00	10.500,00	850,00	17.000,00	95.000,00
Λi	46.805,54	42.866,34	59.384,17	28.296,81	85.307,17
Hi	8.750,00	2.625,00	212,0	4.250,00	23.750,00
Wi	0,03	0,06	0,0012	0,112240	0,0262
Ki	260,00	50,00	8,500	130,00	60,00

Restricciones:

Capital (C)	8500.000.000,00
Almacenamiento (W)	6.000,00
Porcentaje almacenamiento	25%
porcentaje preparación	1%
Tiempo de entrega (L)	5%

La tasa de la demanda  $\lambda_i$  que se visualiza en la tabla anterior se calcula mediante el método exponencial aminorado con efectos de tendencia.

Los modelos de inventarios tienen como base la información de las ventas y comportamientos de la demanda es por esta razón que para tener un buen nivel de servicio a los cliente no basta con administrar internamente los recursos, además se debe conocer el comportamiento del mercado y para ello se cuenta con herramientas de pronósticos que se mostraran a continuación utilizando métodos descritos en este trabajo.

Los pronósticos de la demanda para los 5 productos teniendo datos de 5 periodos y calculando un sexto periodo mediante el método exponencial aminorado con efectos de tendencia se muestran a continuación.

## Pronósticos de productos para el caso aplicado

Tabla 2 Pronóstico móvil ponderado para cemento

PRONOSTICO MENSUAL		CEMENTO			
Promedio móvil ponderado					
MES	VENTAS (At)	Wi	ventas*wi	Ft	At-ft
1	45345	0	0	49323	-3978
2	46057	0,1	4605,7	50265	-4208
3	46809	0,2	9361,8	49833	-3024
4	47740	0,3	14322	45565	2175
5	45488	0,4	18195,2	50470	-4982
F6	46484,7	1			

Tabla 3 Pronostico móvil ponderado para cemento (continuación)

SCEP	ABS Des	suma ABS Des	DMA	ST (Términos de DMA)
-3978	3978	3978	3978	-1,00
230	4208	8186	16372	0,01
3254	3024	11210	33630	0,10
1079	2175	13385	53540	0,02
6061	4982	18367	91835	0,07

Tabla 4 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia cemento

Exponencial aminorado		SUPUESTO
MES	VENTAS	
1	45345	
2	46057	
3	46809	
4	47740	
5	45488	
F6 (Ft-1)	46484,7	
A6 (At-1)	46460	
F7	46483,465	
$\alpha=$	0,05	

Efectos de la tendencia en el exponencial

MES	VENTAS
1	45345
2	46057
3	46809
4	47740
5	45488
F6 (Ft-1)	46484,7
A6 (At-1)	46460
Tt-1	100
$\alpha=$	0,05
$\sigma=$	0,03

supuesto inicial

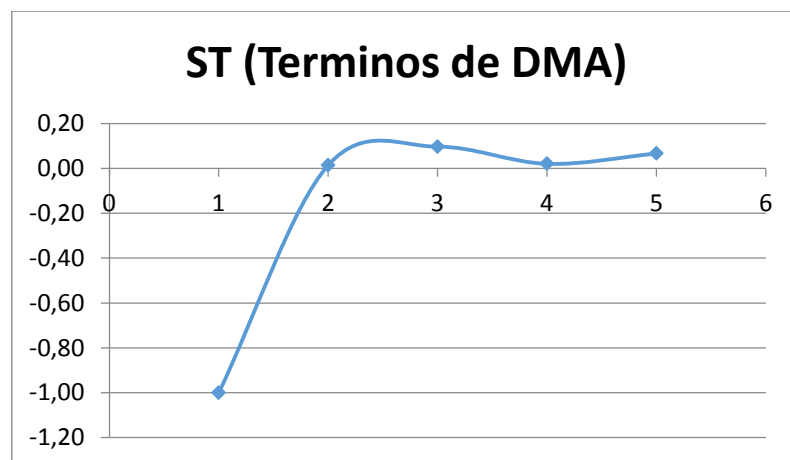
FITt-1	46584,70
FT	46583,47
Tt	102,96
FITt	46686,43

si en vez de 46686,43 resultara 47000 el pronóstico siguiente seria:

At	47000
FITt+1	46702,11
Tt+1	103,43
FITt+1	46805,54

SUPUESTO

Figura 5 Señal de rastreo para el cemento



**Fuente:** Propia

**Tabla 5 Pronóstico móvil ponderado para varilla**

PRONOSTICO MENSUAL		VARILLA			
Promedio móvil ponderado					
MES	VENTAS (At)	wi	ventas*wi	Ft	At-ft
1	42228	0	0	41079	1149
2	40929	0,1	4092,9	43658	-2729
3	42425	0,2	8485	43735	-1310
4	44392	0,3	13317,6	43371	1021
5	41420	0,4	16568	41066	354
F6	42463,5	1			

**Tabla 6 Pronóstico móvil ponderado para varilla (continuación)**

SCEP	ABS Des	suma ABS Des	DMA	ST (Términos de DMA)
1149	1149	1149	1149	1,00
3878	2729	3878	7756	0,50
5188	1310	5188	15564	0,33
4167	1021	6209	24836	0,17
3813	354	6563	32815	0,12

**Tabla 7 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para varilla**

Exponencial aminorado		SUPUESTO
MES	VENTAS	
1	42228	
2	40929	
3	42425	
4	44392	
5	41420	
F6 (Ft-1)	42463,5	
A6 (At-1)	42000	
F7	42440,325	
$\alpha=$	0,05	

Efectos de la tendencia en el exponencial

MES	VENTAS
1	42228
2	40929
3	42425
4	44392
5	41420
F6 (Ft-1)	42463,5
A6 (At-1)	42000
Tt-1	100
$\alpha=$	0,05
$\sigma=$	0,03

supuesto inicial

FITt-1	42563,50
FT	42540,33
Tt	102,30
FITt	42642,63

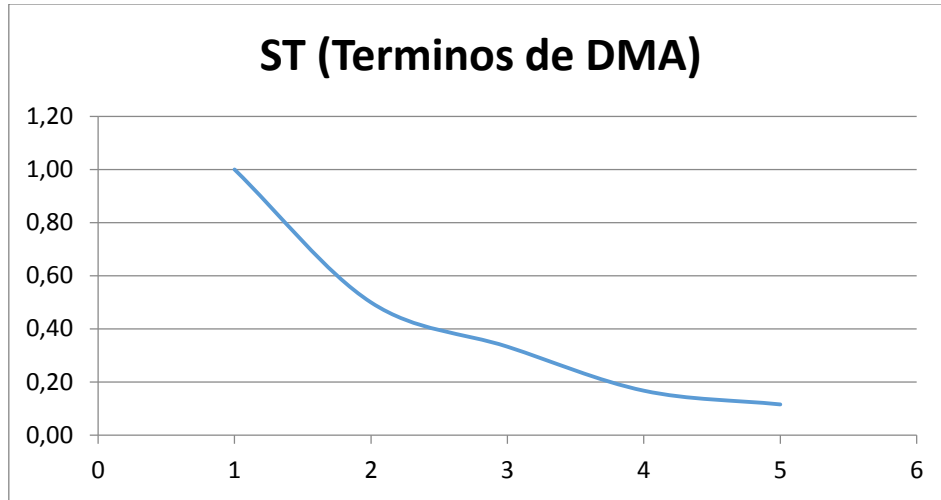
si en vez de 46686,43 resultara 47000 el pronóstico siguiente seria:

At	45000
FITt+1	42760,50
Tt+1	105,84
FITt+1	42866,34

SUPUESTO



Figura 6 Señal de rastreo para la varilla



Fuente: Propia

Tabla 8 Pronóstico móvil ponderado para ladrillo

PRONOSTICO MENSUAL		LADRILLO			
Promedio móvil ponderado					
MES	VENTAS (At)	wi	ventas*wi	Ft	At-ft
1	56436	0	0	41079	15357
2	63363	0,1	6336,3	43658	19705
3	59737	0,2	11947,4	43735	16002
4	60959	0,3	18287,7	43371	17588
5	55748	0,4	22299,2	41066	14682
F6	58870,6	1			

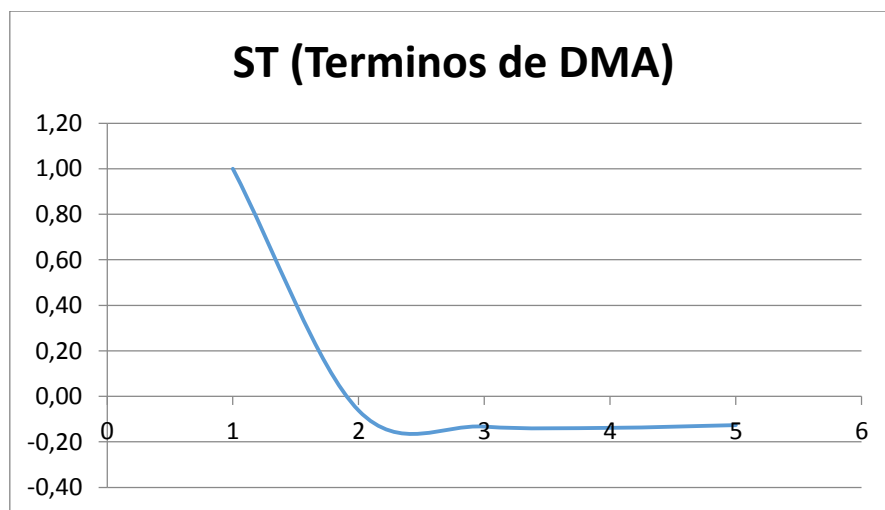
Tabla 9 Pronóstico móvil ponderado para ladrillo (continuación)

SCEP	ABS Des	suma ABS Des	DMA	ST (Términos de DMA)
15357	15357	15357	15357	1,00
-4348	19705	35062	70124	-0,06
-20350	16002	51064	153192	-0,13
-37938	17588	68652	274608	-0,14
-52620	14682	83334	416670	-0,13

Tabla 10 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para ladrillo

Exponencial aminorado		
MES	VENTAS	
1	56436	
2	63363	
3	59737	
4	60959	
5	55748	
F6 (Ft-1)	58870,6	
A6 (At-1)	60000	SUPUESTO
F7	58927,07	
$\alpha=$	0,05	
Efectos de la tendencia en el exponencial		
MES	VENTAS	
1	56436	
2	63363	
3	59737	
4	60959	
5	55748	
F6 (Ft-1)	58870,6	
A6 (At-1)	60000	
Tt-1	100	supuesto inicial
$\alpha=$	0,05	
$\sigma=$	0,03	
FITt-1	58970,60	
FT	59027,07	
Tt	104,69	
FITt	59131,76	
si en vez de 46686,43 resultara 47000 el pronóstico siguiente seria:		
At	62000	SUPUESTO
FITt+1	59275,18	
Tt+1	109,00	
FITt+1	59384,17	

Figura 7 Señal de rastreo para ladrillos



Fuente: Propia

Tabla 11 Pronóstico móvil ponderado para teja

PRONOSTICO MENSUAL		TEJA			
Promedio móvil ponderado					
MES	VENTAS (At)	wi	ventas*wi	Ft	At-ft
1	27730	0	0	41079	-13349
2	27354	0,1	2735,4	43658	-16304
3	25158	0,2	5031,6	43735	-18577
4	28842	0,3	8652,6	43371	-14529
5	29238	0,4	11695,2	41066	-11828
F6	28114,8	1			

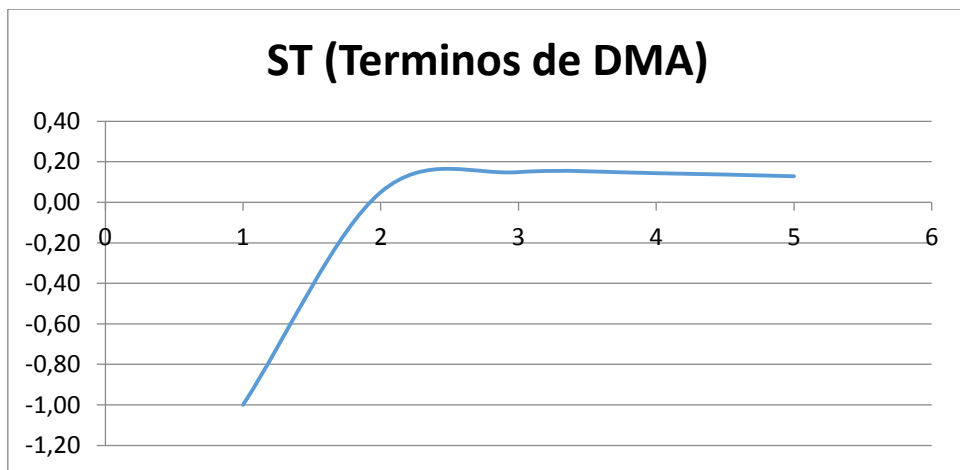
Tabla 12 Pronóstico móvil ponderado para teja (continuación)

SCEP	ABS Des	suma ABS Des	DMA	ST (Términos de DMA)
-13349	13349	13349	13349	-1,00
2955	16304	29653	59306	0,05
21532	18577	48230	144690	0,15
36061	14529	62759	251036	0,14
47889	11828	74587	372935	0,13

Tabla 13 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para teja

Exponencial aminorado		
MES	VENTAS	
1	27730	
2	27354	
3	25158	
4	28842	
5	29238	
F6 (Ft-1)	28114,8	
A6 (At-1)	27000	SUPUESTO
F7	28059,06	
$\alpha=$	0,05	
Efectos de la tendencia en el exponencial		
MES	VENTAS	
1	27730	
2	27354	
3	25158	
4	28842	
5	29238	
F6 (Ft-1)	28114,8	
A6 (At-1)	27000	
Tt-1	100	supuesto inicial
$\alpha=$	0,05	
$\sigma=$	0,03	
FITt-1	28214,80	
FT	28159,06	
Tt	101,33	
FITt	28260,39	
si en vez de 46686,43 resultara 47000 el pronóstico siguiente seria		
At	27000	SUPUESTO
FITt+1	28197,37	
Tt+1	99,44	
FITt+1	28296,81	

Figura 8 Señal de rastreo para teja



Fuente: Propia

Tabla 14 Pronóstico móvil ponderado para pintura

PRONOSTICO MENSUAL		PINTURA			
Promedio móvil ponderado					
MES	VENTAS (At)	wi	ventas*wi	Ft	At-ft
1	93271	0	0	41079	52192
2	94878	0,1	9487,8	43658	51220
3	85648	0,2	17129,6	43735	41913
4	85583	0,3	25674,9	43371	42212
5	92650	0,4	37060	41066	51584
F6	89352,3	1			

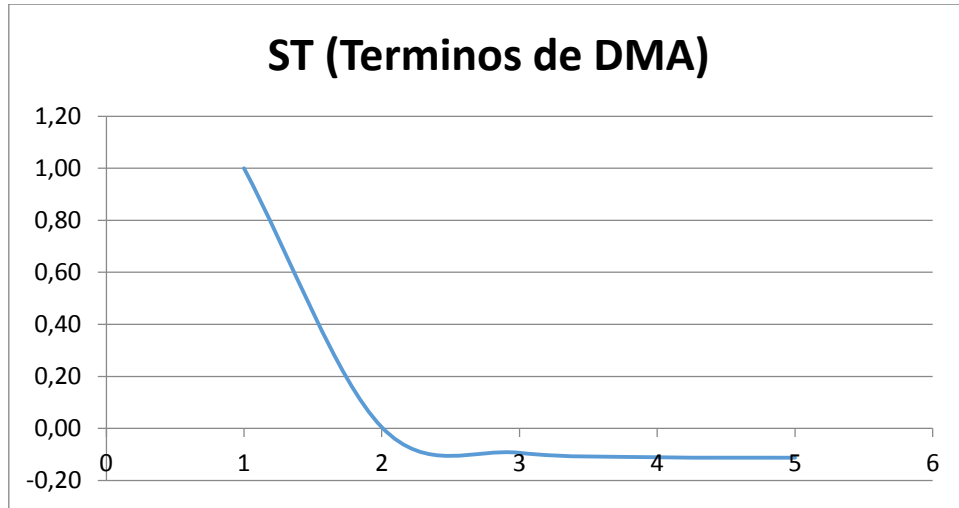
Tabla 15 Pronóstico móvil ponderado para pintura (continuación)

SCEP	ABS Des	suma ABS Des	DMA	ST (Términos de DMA)
52192	52192	52192	52192	1,00
972	51220	103412	206824	0,00
-40941	41913	145325	435975	-0,09
-83153	42212	187537	750148	-0,11
-134737	51584	239121	1195605	-0,11

Tabla 16 Pronóstico aminorado y con efectos de tendencia para pintura

Exponencial aminorado		
MES	VENTAS	
1	45345	
2	46057	
3	46809	
4	47740	
5	45488	
F6 (Ft-1)	89352,3	
A6 (At-1)	46460	SUPUESTO
F7	87207,685	
$\alpha=$	0,05	
Efectos de la tendencia en el exponencial		
MES	VENTAS	
1	45345	
2	46057	
3	46809	
4	47740	
5	45488	
F6 (Ft-1)	89352,3	
A6 (At-1)	46460	
Tt-1	100	supuesto inicial
$\alpha=$	0,05	
$\sigma=$	0,03	
FITt-1	89452,30	
FT	87307,69	
Tt	38,66	
FITt	87346,35	
si en vez de 46686,43 resultara 47000 el pronóstico siguiente seria:		
At	47000	SUPUESTO
FITt+1	85329,03	
Tt+1	-21,86	
FITt+1	85307,17	

Figura 9 Señal de rastreo para pintura



Fuente: Propia

Para realizar un ajuste a la tendencia de los pronósticos y acercarlos más a la realidad cuando la demanda presente mucha variación, se agrega una nueva constante de atenuación delta que minimiza el error que ocurre en la realidad

La tendencia inicial debe partir de un supuesto estimado por las experiencias de los administradores de los CEDIs, en este caso las ventas reales del sexto mes, para dar paso al siguiente método que garantiza resultados de mejor calidad.

Para conocer la confiabilidad del pronóstico se realiza un estudio de sus errores obteniendo una señal de rastreo en la que se puede apreciar que tan cerca o lejos se encuentra el pronóstico de la realidad y cuantas desviaciones se podrían tolerar.

Para todos los productos se puede observar en la gráficas que las señales de rastreo son muy cercanas a cero lo que indica que el pronóstico del inventario tiene un sesgo muy pequeño respecto a la realidad, un pronóstico completamente acertado daría como resultado una señal de rastreo nula, cuando la señal de rastreo se encuentra por encima de la media que es cero se dice que la realidad de la demanda excede el pronóstico y cuando está por debajo la realidad es inferior; los límites aceptables para rastreo dependen de la cantidad de la demanda y del valor de los productos, estos límites se hacen más estrechos y se debe conocer el tiempo y la disponibilidad de personas que se tiene para investigar más a fondo los pronósticos.

Los pronósticos son la mejor herramienta para visualizar las variaciones que se pueden presentar en el futuro y brindan información que vital importancia para responder a la demanda futura y tomar decisiones acertadas.

### Inventarios de productos para el caso aplicado

Los objetivos de la gestión de inventarios son proporcionar el nivel requerido de servicio a los clientes y reducir la suma de todos los costos implicados. Para conseguir ambos objetivos, se ha de responder a una cuestión básica: *¿Cuánto pedir y cuáles son los costos asociados a estas cantidades?*

Algunas de las características de los Artículos, mencionados en el modelo matemático elegido son:

- Los productos a tratar utilizan una demanda independiente; Los plazos de entrega (“lead time”) de los artículos, es decir el tiempo que transcurre desde que se emite la orden hasta que se recibe el artículo, es conocida y constante.
- La reposición se hace cuando el nivel de existencias llega al stock mínimo. En este caso se considera que existe una cantidad del producto que se mantiene en existencia, a fin de absorber variaciones de demanda, plazo de entregas y situaciones imprevistas.
- El costo de agotamiento es infinitamente alto y no está permitido el déficit del producto.

En primer lugar se calculara, los valores de los parámetros del problema. Para ello se debe tener en cuenta que, en este caso, el costo de almacenamiento está dado por el costo operativo (seguros, alquiler y otros costos de mantenimiento).

Tabla 17 Resultados caso aplicado

RESULTADOS						
	P1	P2	P3	P4	P5	SUMA
<b>Qinicial</b>	1.774,93	2.121,55	1.721,11	1.360,21	8.217,96	
<b>RC</b>	280.000.000	63.000.000	17.000.000	34.000.000	950.000.000	1.344.000.000
<b>RW</b>	240,00	360,00	24,00	224,48	262,00	1.110,48
<b>Ri</b>	8.000	6.000	20.000	2.000	10.000	
<b>Qoptimo</b>	11.225,37	13.417,53	10.885,00	8.602,53	51.973,70	96.104,12
<b>Q*ci opti</b>	392.887.925,30	140.884.043,49	9.252.250,73	146.243.005,70	4.937.501.144,58	5.626.768.369,80
<b>Q*wi opti</b>	336,76	805,05	13,06	965,55	1.361,71	3.482,13
<b>CT</b>	49.112.074,76	17.610.665,18	1.153.856,46	18.280.803,33	617.187.741,55	703.345.141,29



El Q inicial se calcula mediante la fórmula convencional de la cantidad económica del pedido sin tener en cuenta restricciones.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

**Ecuación 3.15**

$$RC = \sum_{i=1}^n c_i Q_i \leq C$$

**Ecuación 3.18**

$$RW = \sum_{i=1}^n w_i Q_i \leq W$$

**Ecuación 3.19**

Cuando intervienen las restricciones de capital y de volumen se acota el conjunto de soluciones factibles, para conocer la cantidad en la que se debe reducir el Q se utiliza el multiplicador  $m(c)$  que es una proporción de la sumatoria del producto de la cantidad  $Q \cdot c_i$  y el capital con el que se cuenta.

El multiplicador  $m(w)$  es una proporción de la sumatoria del producto de la cantidad  $Q \cdot w_i$  y la capacidad de almacenamiento con el que se cuenta. Se selecciona la proporción menor para que se cumpla la restricción de almacenamiento y capital para cada uno de los productos sin dejar de lado las restricciones de demanda y punto de reorden.

$$m(c) = \frac{C}{\sum_{i=1}^n c_i Q_i}$$

**Ecuación 3.22**

$$m(w) = \frac{W}{\sum_{i=1}^n w_i Q_i}$$

**Ecuación 3. 23**

m(c)	6,324404762
m(w)	31,51790217

La función objetivo a minimizar es minimizar el costo de mantener y preparar el inventario.

$$\text{Minimizar } CT = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{h_i Q_i}{2} + \frac{k_i \lambda_i}{Q_i} \right]$$

Ecuación 3.17

El costo total asociado que optimiza la cantidad a pedir es:

$$CT = \$ 703.345.141,29$$

Este resultado se da mediante una solución matemática, en la actualidad este tipo de problemas también se abordan mediante métodos de optimización estructurados mediante herramientas heurísticas que permiten encontrar resultados factibles en corto tiempo y sin gran complejidad matemática y computacional.

### 3.4. Modelo heurístico

#### 3.4.1 Optimización Combinatorial

En la actualidad algunos de los modelos de IO tienen asociados algoritmos que brindan soluciones óptimas para problemas de programación lineal, programación entera y programación no lineal, dichos algoritmos han demostrado efectividad al momento de abordar problemas con una complejidad computacional básica y en algunas ocasiones este modelamiento es ineficiente para la calidad de las soluciones que se desean encontrar, es por esto que en la actualidad el campo de las meta heurísticas ha tomado mayor fuerza debido a que muchos de los problemas del mundo real se pueden modelar como un problema de optimización combinatorial, De esta manera estos problemas tienen asociados una función objetivo que puede ser de maximización o minimización que está ligada a un conjunto de alternativas de solución, la solución óptima (factible) se basa en encontrar los valores de las variables del problema que guarden coherencia con la función objetivo.

Se puede definir optimización como el procedimiento de encontrar soluciones y comparar entre si estas hasta que no se pueda encontrar una mejor.

Debido a la facilidad de solución de algunos problemas de IO se pueden listar las posibles soluciones realizando una búsqueda exhaustiva y encontrando las configuraciones que se adapten a la función objetivo, este “inventario” de soluciones es llamado espacio de búsqueda, esta búsqueda exhaustiva asegura la calidad de la solución encontrada y se puede definir como la solución factible; no se puede olvidar que los recursos computacionales que se gastan en la enumeración de cada una de las soluciones del espacio de búsqueda representan un alto costo en función de los tiempos involucrados en este procedimiento.

Haciendo hincapié en el concepto de búsqueda exhaustiva se tiene como una alternativa muy completa en problemas con una baja complejidad, pero resulta ineficiente al momento de utilizarla en problemas con soluciones que crecen de forma exponencial. Un criterio importante al momento de solucionar un problema de optimización combinatorial es el nivel de dificultad para encontrar una solución factible, el cual es denominado “Complejidad de tiempo en el peor caso”.

El concepto de “Complejidad de tiempo en el peor caso” indica el tiempo máximo en el que un algoritmo encuentra una solución óptima para un espacio de búsqueda igual al número de variables del problema, entonces un problema tiene una “Complejidad en el peor caso” si el mejor algoritmo conocido para resolver este problema encuentra una solución óptima en un tiempo  $t$  tal que:<sup>12</sup>

$$t \leq k \cdot g(n)$$

**Ecuación 3.24**

Donde  $g(\cdot)$  es una función cualquiera y  $k$  es una constante

Un algoritmo polinomial garantiza ser de esta naturaleza si su función de complejidad de tiempo es  $O(g(n))$  para alguna función polinomial  $g(\cdot)$ , por el contrario si un algoritmo tiene una función de complejidad de tiempo que no es polinomial es llamado algoritmo de tiempo exponencial.

Existe una clasificación para los tipos de problemas, los primeros son los que se pueden resolver en tiempos polinomiales y son llamados tipos P y los que incrementan los tiempos de forma exponencial son los NP.

---

<sup>12</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap. 1 problemas del mundo real. Pereira.: 2009.

Un problema con un tiempo no polinomial puede ser transformado por medio de una función  $F$  en uno que puede ser resuelto en tiempos polinomiales, todo esto se realiza mediante una reducción de tiempo polinomial. Un problema es NP-difícil (*NP-hard*) si cualquier otro problema en NP puede ser transformado a este por el procedimiento de reducción de tiempo polinomial; por esto un problema NP-difícil es por lo menos tan difícil como cualquiera de los otros problemas en NP.

### 3.4.2. Algoritmos para solución de problemas

Para la solución de problemas de optimización combinatorial existen dos tipos de algoritmos los exactos y aproximados, los primeros tienen como gran objetivo encontrar buenas soluciones con tiempos computacionales bajos sin asegurar que esta sea la solución óptima; este tipo de algoritmos se dividen en: algoritmos constructivos y algoritmos de búsqueda local, los primeros inician con una solución igual a cero y en cada iteración adicionan valores hasta encontrar el óptimo local, esta solución es de baja calidad y es encontrada en un tiempo relativamente bajo. Los algoritmos de búsqueda local inician desde una solución inicial y a medida que transcurre el tiempo trata de mejorar la solución encontrada anteriormente, para aplicar este tipo de algoritmos se debe establecer la estructura de vecindad sobre el conjunto de valores candidatos a convertirse en soluciones factibles.

La estructura de vecindad es el conjunto de soluciones que pueden ser tomadas en cuenta en las iteraciones del algoritmo de búsqueda, con este concepto se tiene claramente delimitado el espacio de búsqueda por ende no es necesario realizar una búsqueda exhaustiva, la búsqueda local genera soluciones de buena calidad para problemas de optimización combinatorial en un tiempo prudente.

Cuando se habla de concepto de vecindad se debe tener claro también el de aceptación de vecinos, el cual define la manera de explorar la vecindad y las soluciones vecinas que serán aceptadas, dichas soluciones vecinas que serán evaluadas se deben establecer cuando se recorra la vecindad con el fin de minimizar el tiempo que será utilizado en la búsqueda de dichos vecinos. En el criterio de soluciones vecinas se utiliza por lo general la de mayor mejora, la cual consiste en la solución vecina que entregue el mejoramiento más alto en cuanto a la función objetivo, con este tipo de reglas llamadas “golosas” o de mejoramiento iterativo se presentan problemas debido a que puede converger a una solución incómoda (mejor solución encontrada hasta la última iteración) de baja calidad.

### 3.4.3. Metaheurísticas

Los métodos constructivos y de búsqueda local generan un conjunto de soluciones muy pequeño los cuales resultan ser de baja calidad, en este problema incurren la mayoría de las heurísticas las cuales tratan de mejorar inicializando la heurística cada vez desde diferentes puntos iniciales, sin embargo esta metodología no contribuye en la práctica a ningún tipo de mejora.

Para resolver este tipo de problemáticas se tienen métodos más robustos estructurados con base en un conjunto de conceptos algorítmicos que tienen como gran objetivo direccionar procesos heurísticos para evitar la temprana convergencia y permitir la exploración de caminos alternativos dentro del espacio de búsqueda los cuales pueden contener soluciones de excelente calidad. El rendimiento de las Metaheurísticas mejora cuando las soluciones no están uniformemente distribuidas dentro del espacio de búsqueda debido a que se hace necesario que las mejores soluciones estén concentradas en pequeñas regiones, por lo cual si lo anterior no se presenta se tiene una nula probabilidad de llegar a una solución factible.

El uso de las Metaheurísticas ha contribuido en gran manera a la forma de encontrar soluciones de buena calidad a problemas de la vida real en tiempos computacionales bajos.

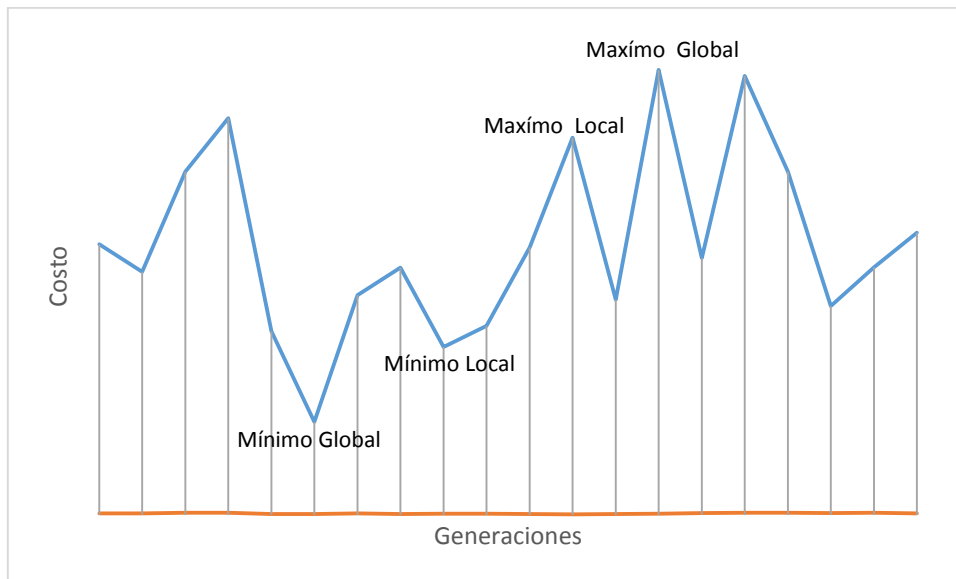
Para resolver un problema de optimización combinatorial de manera óptima se deben tener en cuenta aspectos importantes como:

- Espacio de búsqueda: se refiere al dominio de la función que se va a optimizar, en otras palabras el conjunto de las posibles soluciones factibles que satisfagan el problema.
- Codificación del problema: involucra la estructura de las posibles soluciones, la evaluación de las restricciones y la función objetivo.
- Población inicial: listado de posibles soluciones iniciales con las que inicia el problema.
- Estructura de vecindad: este aspecto habla sobre el criterio que se debe aplicar a la actual solución para encontrar una nueva alternativa dentro del espacio de búsqueda, implícitamente al definir este aspecto se define el tamaño de la vecindad, es decir el número de vecinos que se van a evaluar, para escoger un vecino se puede aplicar el criterio del mejor vecino o el primer vecino el cual mejora la alternativa actual.

### 3.4.3.1. Soluciones Óptimas

El valor óptimo de una función  $f(x)$  en un intervalo  $[a, b]$  se define como un óptimo local, lo mismo ocurre para el denominado óptimo global pero dentro del intervalo  $[-\infty, \infty]$ , de esto se deriva que las técnicas para búsquedas locales sean menos complejas que las de óptimos globales, para definir de manera más completa si se considera un problema de minimización  $g(x)$  sobre un espacio  $R^n$  y se tiene un número  $\epsilon \in R^n$ , si  $f(\bar{x}) \leq f(x)$  para todo  $x \in R^n$ , entonces  $\bar{x}$  se denomina un mínimo global, de esta manera si existe una vecindad  $N_\epsilon(\bar{x})$  cerca del punto  $\bar{x}$  y se cumpla que  $f(\bar{x}) \leq f(x)$  para todo  $x \in N_\epsilon(\bar{x})$  siendo  $x \neq \bar{x}$  y para algún  $\epsilon > 0$ , entonces  $\bar{x}$  es llamado un mínimo local, estos conceptos se representan de manera más clara en la figura 10<sup>13</sup>

Figura 10 Generaciones óptimos locales y global



Fuente: Propia

### 3.4.3.2. Optimización Mono-Objetivo

Los diversos problemas de la vida real se presentan con una naturaleza Multi-objetivo en la cual los recursos que se van a optimizar entran en conflicto intentando plasmar la

<sup>13</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap. 1 Solución de problemas Np difícil. Pereira.: 2009.

mejor configuración, en la mayoría de las ocasiones la abstracción del problema a modelar se debe realizar fijando únicamente un objetivo (Mono- Objetivo) debido a que los múltiples objetivos que se desean optimizar incrementan la complejidad del mismo, de esta manera es mucho más sencillo representar el modelo, el cual posee múltiples variables y restricciones de igualdad y desigualdad; para optimizar este tipo de modelos se cuentan con técnicas exactas o aproximadas, las primeras brindan soluciones puntuales únicamente para problemas con tiempos polinomiales y con una complejidad relativamente baja, en las técnicas aproximadas son usadas para encontrar soluciones cercanas a problemas de optimización y en general están asociados a problemas *NP-HARD* encontrando soluciones de alta calidad y con tiempos de ejecución acotados por límites conocidos, en el problema objeto de este trabajo de grado se analiza un modelo de optimización mono-objetivo el cual será abordado por un algoritmo genético (aproximado) brindando soluciones de alta calidad que responden a los cuestionamientos propuestos inicialmente y sirven como base para tomar decisiones acertadas.<sup>14</sup>

### 3.4.3. Algoritmos evolutivos

Diversos problemas de la realidad y de diferentes disciplinas son modelados mediante los AE con mayor facilidad que las herramientas convencionales, los AE dan solución a los problemas que se presentan al tratar de dar solución a modelos mediante técnicas de optimización matemática, los inconvenientes que se presentan por ejemplo pueden ser:

Convergencia: la solución óptima depende del punto de partida por la misma razón puede llegar a tener convergencia prematura.

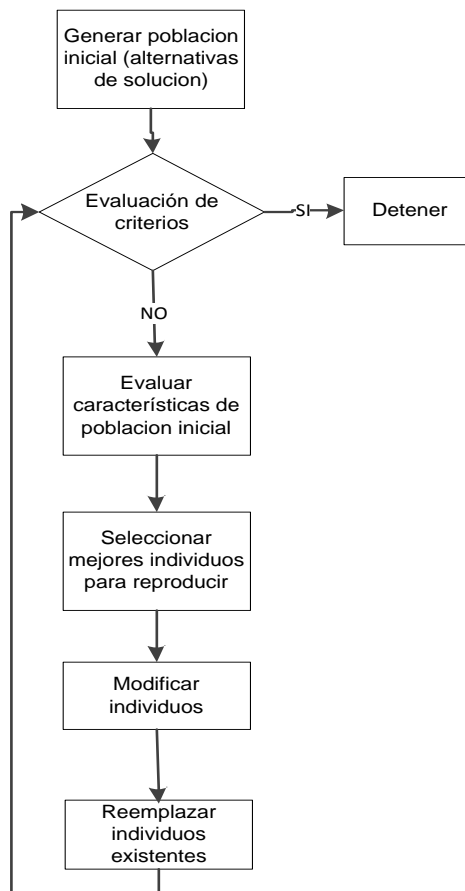
Flexibilidad: un modelo clásico da una solución de buena calidad para un problema, pero cuando se presenta variación puede ser ineficiente en la solución.

A continuación en el diagrama 1 se presentan las características que debe tener un modelo para considerarse AE.

---

<sup>14</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap. 1 Optimización mono y multi objetivo. Pereira.: 2009.

**Diagrama 1 Algoritmos evolutivos (AE)**



**Fuente:** Propia

Inicialmente se debe generar la población inicial a partir de la cual se va a comenzar a evolucionar el problema hasta encontrar una o un conjunto de solución(es) factible(s), se debe tener especial cuidado en la elección de este conjunto de soluciones iniciales debido a que una configuración errada puede generar inconsistencias o la no



consecución del conjunto final de soluciones, para efectos de este trabajo de grado la población inicial se generará de manera aleatoria.

En segundo lugar se deben evaluar los criterios internos de convergencia que permitan conocer el momento en el cual las soluciones no pueden evolucionar hacia una mejor solución, se deben establecer los criterios adecuados dependiendo de cada problema en particular, en muchos casos el criterio de parada será el número de generaciones que debe evolucionar el algoritmo el cual se establece desde el inicio y se considera un parámetro de entrada en la solución del problema.

Posteriormente dentro de cada generación se debe hacer una evaluación del comportamiento y características del conjunto de soluciones obtenidas, para esto se utiliza alguna función de desempeño para medir la calidad de soluciones y si son aptas o no para trascender a la siguiente generación con lo cual se asegura que las características más robustas se propaguen de generación en generación.

Seguidamente se deben establecer los mecanismos que aseguran la selección de los mejores individuos, dichos mecanismos son capaces de seleccionar del conjunto total de las soluciones generadas ciñéndose a una serie de “políticas” establecidas desde el inicio, estas políticas se pueden ser consideradas como el criterio de vecindad que se utiliza en la solución de problemas de optimización combinatorial, el cual guía el proceso de selección hacia las mejores configuraciones posibles.

También existen métodos para modificar las soluciones actuales y evolucionarlas hasta el punto de que estas cumplan con los criterios de convergencia, la modificación de los individuos actuales se refiere a un proceso altera las características internas del individuo y da como resultado un individuo mejorado con relación a la función objetivo.

El último paso consiste en reemplazar los individuos que no son tan buenos, también se debe tener alguna manera de sacar del conjunto de soluciones las que no tienen una buena función de adaptación las cuales pueden ceder su espacio para dar lugar a un nuevo individuo que cuente con una estructura de buena calidad.

#### **3.4.4. Algoritmos genéticos**

Los algoritmos genéticos son los algoritmos que más sobresalen dentro de los AE; su funcionamiento está basado en los procesos de selección natural asegurando la trascendencia de los individuos mejor adaptados genéticamente mediante combinaciones entre los individuos de la población, se hereda a los hijos las características que le permitieron a los padres sobrevivir dando como resultado mejores individuos en cada generación.

En el contexto de los AGs los individuos que evolucionan son el grupo de alternativas de solución, las cuales son representadas por los denominados cromosomas que a su vez dan las características únicas a cada individuo que se conoce como genotipo

dando como resultado final el fenotipo de cada individuo. Las características de los individuos que hacen parte de la población se conoce como genoma, este contiene la información genética de toda la población, esta información es procesada mediante el algoritmo genético durante generaciones hasta alcanzar un criterio de parada. En cada una de las generaciones los individuos de la población deben reproducirse, sobrevivir y por ultimo desaparecer bajo dos criterios de selección, uno de reproducción y el segundo de desaparición y reemplazo esto asegura tamaño de población constante en cada generación.

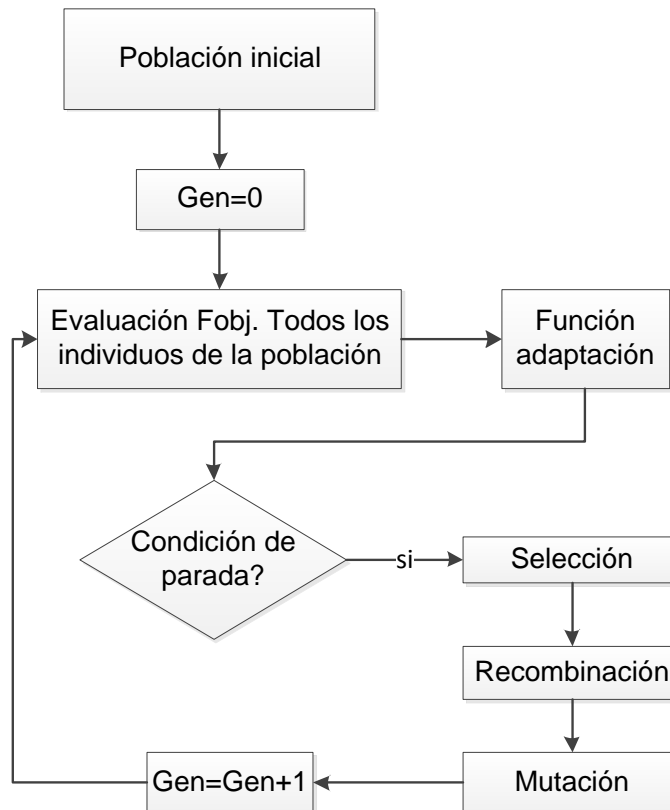
Las decisiones de reproducción o eliminación deben guardar concordancia con criterios de mejores y peores individuos respectivamente con base a un criterio de calidad que se conoce como función de adaptación que tiene como finalidad hacer un balance entre optimalidad y factibilidad, cuando el problema solo permite tener soluciones factibles la función de adaptación será igual a la función objetivo de otra manera se debe penalizar la función objetivo con el grado de infactibilidad, si la función objetivo es de minimización se sumara este grado y si es de maximización se restara para hacer la respectiva penalización.

El crecimiento en la utilización de AG está relacionado con la facilidad, adaptación y simplicidad en los fundamentos matemáticos utilizados para encontrar soluciones de buena calidad. A continuación se muestra el esquema básico de las componentes que deben conformar un AG.<sup>15</sup>

#### Diagrama 2 Algoritmos genéticos (AG)

---

<sup>15</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap.3 Algoritmos evolutivos y genéticos. Pereira.: 2009.



**Fuente:** Propia

Para facilitar la implementación del AG se debe codificar el problema de manera que se acote y codifique el espacio de búsqueda sobre el cual van a actuar los operadores del AG, posterior a la codificación inicial se recurre a un algoritmo de cambio de base ya sea en representación binario convencional o decimal según sea el caso, todo lo anterior facilita la búsqueda de las soluciones factibles dentro del conjunto de soluciones factibles.

#### 3.4.4.1. Representación binaria

Los números se pueden expresar en distintos sistemas de numeración, como es sabido el más usual es el sistema en base 10, en este sistema llamado decimal se interpretan las cifras como coeficientes de un polinomio en potencias de 10, lo cual se ilustra a continuación:

$$D|_{10} = d_n \cdot 10^n + \dots + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0$$

### Ecuación 3.25

Donde los dígitos  $d_n$  a  $d_0$  constituyen el número en base 10, un ejemplo claro para ilustrar esta nomenclatura es el siguiente, tómesese como ejemplo el número 1482, en base 10 se puede representar de la siguiente manera:

$$1482 = 1 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0$$

Los coeficientes del polinomio son las cifras 1, 4, 8 y 2, el anterior número en base 10 se interpreta de la siguiente manera: un millar más cuatro centenas más ocho decenas más dos unidades. En el sistema decimal se trabaja con cifras de 0 al 9, para el caso del sistema binario la base es 2, por lo que existen solo dos posibles coeficientes el cero y el uno, en este orden de ideas la interpretación de un número en base 2 es la siguiente:

$$B |_2 = b_n \cdot 2^n + \dots + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$$

### Ecuación 3.26

De esta manera el número 010011 en base dos se interpreta como la cantidad:

$$010011 |_2 = 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 19 |_{10}$$

Para identificar la base en la cual se codifica el número se define el subíndice de la misma, habitualmente se trabaja en base 10 por lo cual se omite el subíndice; se debe aclarar que los coeficientes  $d_i$  de la representación decimal se denominan dígitos y a los coeficientes  $b_i$  de la binaria se les llama BITS.

Los sistemas decimal y binario son solo dos representaciones de la infinidad de representaciones existentes (hexadecimal, octal, entre otras), en general estas fórmulas se acoplan para cantidades enteras, pese a esto conviene considerar casos puntuales, por ejemplo para representar la cantidad 28,35 se debe hacer de la siguiente manera.

$$28.35 = 2 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}$$

La notación matemática anterior se lee como dos decenas más 8 unidades más 3 décimas más 5 centésimas; en general una cantidad como 28.35 se descompone en dos partes: la parte entera a la izquierda de la coma (28) y la parte fraccionaria a la derecha de la misma (.35) la cual representa una cantidad menor que 1, la parte de la derecha contiene los coeficientes elevados a las potencias no negativas y la parte fraccionaria que contiene las potencias negativas, Lo anterior no significa que solo se puedan utilizar potencias positivas y negativas en la representación decimal, por ejemplo en base dos la cantidad  $11.10|_2$  tiene parte entera  $11|_2$  y una parte fraccionaria  $0.10|_2$ , la cantidad representada en decimal es :

$$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} = 2 + 1 + \frac{1}{2} + 0 = 3.5|_{10}$$

En la representación anterior se puede observar que la cantidad  $11|_2 = 3|_{10}$  y  $.10|_2 = 0.5|_{10}$ , según lo anterior las cantidades indicadas por las partes enteras y fraccionarias no se modifican al cambiar la base.

Una formula general que puede describir un número G en base b es la siguiente:

$$G|_b = g_p g_{p-1} \cdots g_0 \cdot g_{-1} \cdots g_{-n}$$

**Ecuación 3.27**

Según lo anterior cualquier valor en base decimal es:

$$D|_{10} = \sum_{i=-n}^{i=p} g_i \cdot b^i$$

**Ecuación 3.28**

El funcionamiento de los computadores actuales se basa en el uso del sistema de numeración binario.

### **Conversiones**

Las conversiones permiten obtener las cifras correspondientes a una misma cantidad en distintas bases. En informática la conversión más usada es la decimal a binario y

viceversa, en el anexo #1 se describen las dos metodologías más a fondo, posteriormente serán utilizadas dentro del método de codificación binaria directa.<sup>16</sup>

Nota: Al realizar una conversión se debe tener en cuenta que la cantidad representada no cambia, lo que se modifica es la forma en la que se simboliza dicha cantidad.

#### 3.4.4.2. Población inicial

Para crear la población inicial se utiliza el método de codificación binaria directa, en los problemas del mundo real las variables que se miden pueden ser continuas o discretas, para modelar estos problemas de optimización combinatorial por medio de un algoritmo genético es necesario discretizar a través de un proceso de codificación el espacio de las variables de decisión del problema, puntualmente se utilizara el método de codificación binaria directa.

Para ilustrar el método se toma como ejemplo un problema en el cual se desea encontrar el peso adecuado que debe tener una ménsula que se incluirá en la construcción de cierta máquina, para este caso suponemos que tiene un espacio de búsqueda [500,2300] (unidades en gramos), para efectos de este ejemplo solo se considera la codificación, además de una resolución de 11 bits.

$$\Delta = \frac{d^{\max} - d^{\min}}{n_s}$$

Ecuación 3.29

$$n_s = 2^{\#bits}$$

Ecuación 3.30

$$\Delta = \frac{2300 - 500}{2^{11}} = 0,89355469 \approx 0,8936$$

---

<sup>16</sup>MRA & JAAR, Codificación Binaria de la Información. Consultado: 20 de diciembre de 2013. En <http://www.esi2.us.es/~jaar/Datos/FIA/T2.pdf>

Utilizando la ecuación 3.23 se codifican con un número de bits de 11 los siguientes números decimales, para esta codificación con 11 bits el espacio de búsqueda será discretizado en 2015 secciones de tamaño 0,8936 (unidades de la variable) , para esta representación los límites inferior y superior de la variable peso de la ménsula son 0 y 2015 respectivamente , es decir la alternativa [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0] equivale a 500 gr el cual es el límite inferior y la [1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1] corresponde a 2300 gr , con esta configuración de 11 bits existen exactamente 2016 alternativas de solución diferentes equivalentes a números enteros pertenecientes al rango [0,2015].<sup>17</sup>

Para convertir un número a binario se utiliza la ecuación 3.24 y la ecuación 3.25.

$$Núm = \left( \frac{Número - d^{\min}}{\Delta} \right)$$

Ecuación 3.31

$$Binario = Bin(Núm)$$

Ecuación 3.32

**Nota:** Para convertir el número a binario dentro del espacio de búsqueda primero se aplica la ecuación 3.24 y posteriormente se toma el resultado de esta y se aplican las formulas del anexo #1 **decimal a binario**, para convertir este resultado a base binaria y **binaria a decimal** para convertir el resultado a base decimal.

Para hacer más claro el ejemplo se eligieron los siguientes valores:

- 2000,278325: Binario= (2000,278325-500)/0,89355469=1679  
1679= [1,1,0,1,0,0,0,1,1,1,1]

En este primer caso se elige la variable Número= 2000,278325 a la cual se le aplica la ecuación 3.24, dando como resultado el numero decimal 1679, este número decimal se cambia a base binaria dando como resultado el número [1,1,0,1,0,0,0,1,1,1,1] .

---

<sup>17</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap. 2 Codificación binaria directa. Pereira.: 2009.

- 2050,317387:                   Binario=(2050,317387)/0,89355469=1735  
   1735=[1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1]

En esta ocasión se elige el valor de variable Número= 2050,317387 a la cual se le aplica la ecuación 3.24, dando como resultado el numero decimal 1735, este número decimal se cambia a base binaria dando como resultado el número [1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1].

- 1500,781253:                   Binario=(1500,781253)/0,89355469=1120  
   1120=[1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0]

En este primer caso se elige la variable Número= 1500,781253 a la cual se le aplica la ecuación 3.24, dando como resultado el numero decimal 1120, este número decimal se cambia a base binaria dando como resultado el número [1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0].

**Comprobación:**

- Decimal ([1,1,0,1,0,0,0,1,1,1,1])= 1679  
   Número= (1679 X 0,89355469)+500 = 2000,27832

Para comprobar que se aplicaron bien las ecuaciones se hace el inverso, en este primer caso se aplica el método de binario a decimal descrito en el anexo #1, para el cual el cambio de base del binario [1,1,0,1,0,0,0,1,1,1,1] da como resultado el decimal 1679 y despejando la variable Número de la ecuación 3.24 se obtiene el resultado que es igual al valor real de la variable de 2000, 27832 gr.

- Decimal ([1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1])= 1735  
   Número= (1735 X 0,89355469) +500 = 2050,31739

Para comprobar la correcta utilización de las ecuaciones se hace el inverso, en este primer caso se aplica el método de binario a decimal descrito en el anexo #1, para el cual el cambio de base del binario [1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1] da como resultado el decimal 1735 y despejando la variable Número de la ecuación 3.24 se obtiene que el resultado es igual al valor real de la variable de 2050,31739 gr.



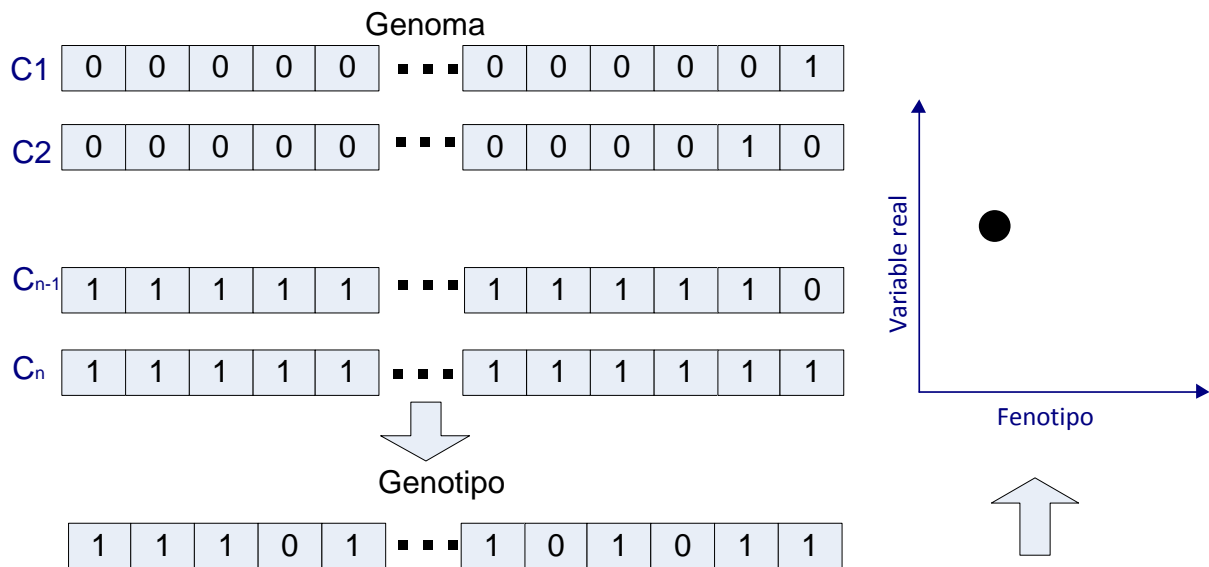
- $\text{Decimal}([1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0])=1120$

$$\text{Número} = (1120 \times 0,89355469) + 500 = 1500,78125$$

Para comprobar que se aplicaron bien las ecuaciones se hace el proceso inverso, en este primer caso se aplica el método de binario a decimal descrito en el anexo #1, para el cual el cambio de base del binario  $[1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0]$  dando como resultado el decimal 1120 y despejando la variable Número de la ecuación 3.24 se obtiene que el resultado es igual al valor real de la variable de 1500,78125 gr.

Ahora bien para abordar del problema propuesto en este trabajo de grado sobre el caso aplicado del CEDI Construimos de Colombia S.A.S con la utilización de la Meta heurística de AGs se debe codificar el espacio de búsqueda conforme a lo explicado en este numeral, por esto se muestra a continuación la representación de la estructura del cromosoma:

Figura 11 Generacion de la poblacion inicial, estructura del cromosoma

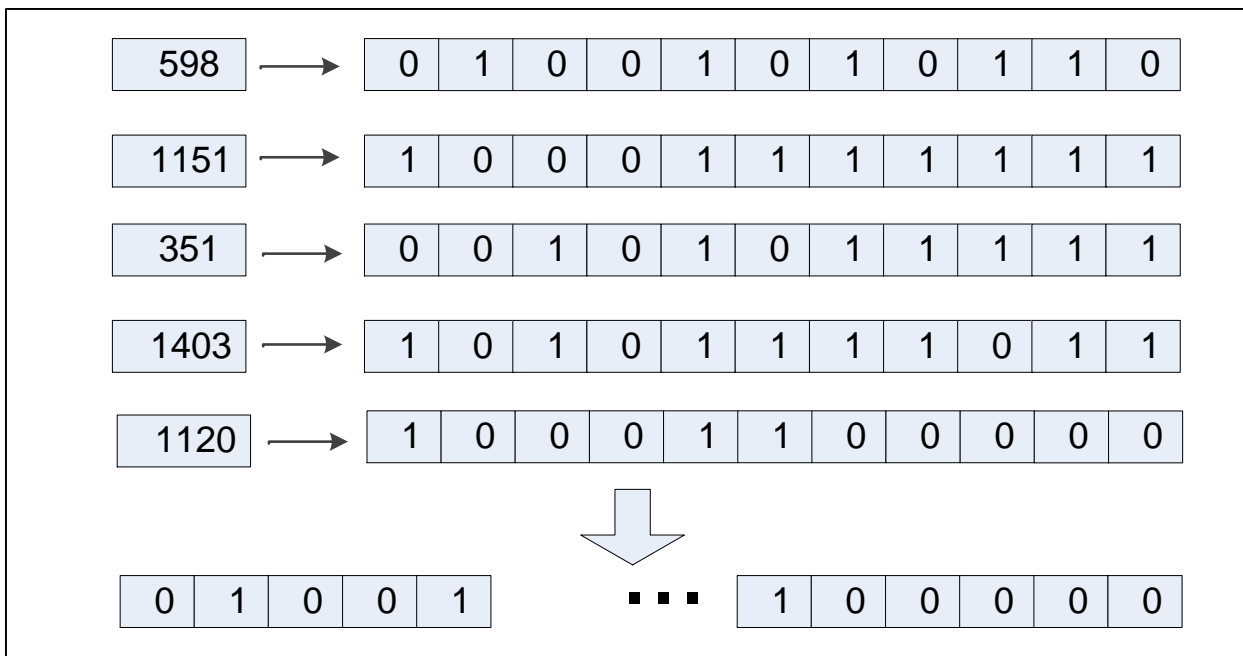


**Fuente:** Propia

Para el caso aplicado propuesto en este trabajo cada cromosoma estará compuesto por una combinación de las cantidades a pedir de cada uno de los cinco productos que distribuye el CEDI y serán representados de forma binaria.

Supóngase para el caso del cromosoma de la figura 12 en la cual se presentan las cantidades aleatoriamente generadas 598, 1151, 351, 1403, 1120 también codificadas a binario relacionadas con cada uno de los cinco productos a comercializar, el cromosoma final obtenido de la mezcla de las cantidades de los cinco productos se ilustra en la figura 12, la cual dará como resultado la configuración final llamada solución factible.

Figura 12 Ejemplo de la estructura de un cromosoma



Fuente: Propia

La forma de generar la población inicial será aleatoria, es la forma más rápida y sencilla para iniciar con una población completamente imparcial, se requiere de varias iteraciones para que el algoritmo genético de como resultado buenas soluciones.

### 3.4.4.2. Función de Adaptación

La función de adaptación no es más que la función objetivo del problema de optimización. Una característica que debe tener esta función es que debe ser capaz de "penalizar" las malas soluciones, y de "premiar" las buenas, para garantizar que estas últimas sean las que se propaguen con mayor rapidez y hereden las próximas generaciones.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_{i=1}^n \left[ \frac{h_i Q_i}{2} + \frac{k_i \lambda_i}{Q_i} \right]$$

**Ecuación 3.17**

S.A

$$\sum_{i=1}^n c_i Q_i \leq C$$

**Ecuación 3.18**

$$\sum_{i=1}^n w_i Q_i \leq W$$

**Ecuación 3.19**

$$R_i \leq Q_i$$

**Ecuación 3.20**

$$Q_i \leq \lambda_i$$

**Ecuación 3.21**

Dónde:

$h$  = Costo de mantener el inventario por unidad de tiempo

$Q$  = Tamaño de lote

$k$  = Costo de preparación de una orden

$\lambda$  = Demanda

$c$  = Costo unitario

$C$  = Capital disponible

$w_i$  = Espacio ocupado por una unidad del producto  $i$

$W$  = Espacio total disponible

### **3.4.4.3. Selección**

La selección de los individuos que se van a reproducir se hace mediante operadores de selección, dicho procesos de selección tiene en cuenta las características de adaptación de los individuos seleccionando los más aptos para reproducirse. Los más comunes se describen a continuación.

#### **Selección por ranking**

Este operador ordena los cromosomas de acuerdo a sus valores para la función de adaptación. Luego, se seleccionan para la reproducción los primeros  $m$  (tamaño que sea necesario) cromosomas. Como la probabilidad de ser seleccionados depende solo de su posición relativa no es necesario evaluar sus criterios de adaptación en la función objetivo.

#### **Selección por ruleta**

Este operador es uno de los más sencillos; a cada cromosoma se le asigna una proporción que relaciona su aptitud respecto a las de la población, de esta manera los individuos con mejores aptitudes tendrán una probabilidad más alta de ser seleccionados, si no se aplica una función de escala este operador se convierte muy selectivo cuando existe mucha diferencia entre las proporciones de las aptitudes y muy baja cuando son similares.

#### **Selección por torneo**

La selección por torneo plantea torneos entre parejas de individuos de la población, cualquier individuo participa 2 veces y puede ganar 1 o 2 torneos y reproducirse o no ganar y ser eliminado, por esta razón se considera como una estrategia elitista, se ha establecido que este operador de selección es el que genera mejores resultados debido a sus características de convergencias y complejidad computacional, además de la facilidad que presenta cuando se desea abordar problemas de minimización o de maximización simplemente se seleccionan los individuos con mayor o menor valor de comparación respectivamente.

A continuación se ilustra una selección por torneos para 12 individuos con 11 bits

Tabla 18 Decimal a Binario y seleccion por torneos

INDIVIDUOS	VALOR	V. BINARIO	APTO	TORNEOS GANADOS
1	612	01001100100	1	1
2	895	01101111111	1	1
3	1135	10001101111	0	0
4	527	01000001111	1	2
5	686	01010101110	1	1
6	766	01011111110	0	0
7	12	00000001100	1	2
8	414	00110011110	1	1
9	557	01000101101	0	0
10	333	00101001101	1	2
11	1515	10111101011	0	0
12	56	00000111000	1	2

#### 3.4.4.4. Operadores de variación

Los operadores de selección solo tienen la capacidad de encontrar buenas soluciones en la población, duplicar y eliminar las de mala calidad, esta tarea de crear nuevas soluciones está a cargo de los operadores de variación, soluciones que dan diversidad al problema de optimización creando individuos que heredan características de sus padres. Estos operadores se describen a continuación, estos deben tener un balance entre exploración y explotación de los individuos de la población; para ejecutar estos operadores se ilustra a continuación espacios de búsqueda donde se ha logrado demostrar en la literatura un correcto funcionamiento.

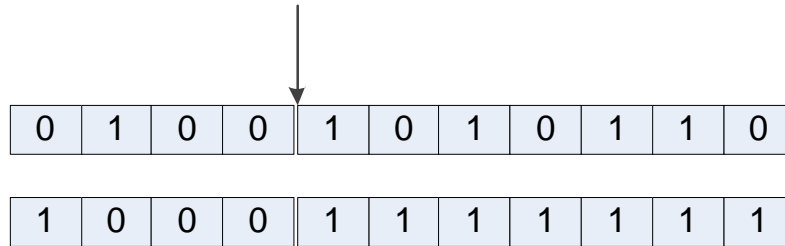
#### Recombinación de cadenas binarias

Para utilizar este operador se escoge dos cromosomas aleatoriamente de los resultantes del operador de selección y se intercambian entre ellos partes de la cadena binaria o genes para crear los nuevos individuos de la población o hijos, estos últimos deben ser idénticos a los padres puesto que comparten su estructura.

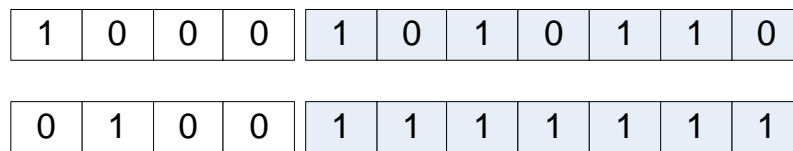
El cruzamiento en un punto selecciona parejas aleatorias (Holland, 1992), se debe seleccionar aleatoriamente un punto de corte para la pareja, finalmente se cortan y la parte izquierda del corte se intercambian entre sí.

Figura 13 Recombinacion de cadenas

1. Punto de corte aleatorio



2. Intercambio de partes



Fuente: Propia

### Operador de mutación

El operador de mutación altera los cromosomas con el fin de crear un individuo de mejor calidad aunque no siempre sucede de esta manera, en cadenas binarias mutar consiste en tomar un individuo y permutar los valores de 1 a 0 y viceversa, la mutación es equivalente al criterio de vecindad. Se debe tener en cuenta que la creación de estos nuevos individuos (vecinos) deben ser válidos. Una vez concluida la mutación ya la nueva población está lista para una nueva iteración<sup>18</sup>

### Criterio de Terminación y Tamaño de la Población Inicial

Se ha hecho notar que tamaños de población excesivamente grandes retrasan la convergencia del algoritmo genético e impiden que pueda competir con otro tipo de métodos. El algoritmo propuesto, comienza con una población inicial de n cromosomas, siendo n una cantidad definida.

<sup>18</sup> GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Capítulo 3 Algoritmos evolutivos. Pereira.: 2009.

Con respecto al criterio de terminación para el caso aplicado se decidió utilizar el **Criterio de convergencia de identidad** o después de una cantidad fija de iteraciones.

Dentro de esta fase se realizó un contraste entre los diferentes métodos de pronósticos para la demanda encontrados en la literatura, hallando que el más acertado y que se acopló a los requerimientos de la demanda no controlada para el problema planteado de cuantas cantidades comprar fue el método exponencial aminorado con efectos de tendencia el cual permite realizar pronósticos robustos que permiten satisfacer la demanda y no incurrir en costos adicionales, lo cual deriva en la minimización inminente de los costos de operación.

Los parámetros como la demanda y el punto de re-orden de cada producto son los que contribuyen a acotar el problema creando un espacio de búsqueda más reducido que el que se podría generar sin tener ningún control sobre el intervalo de interés de las variables de decisión.

Para el algoritmo genético se estudiaron los operadores que lo componen y la estructura del modelo heurístico, se pudo evidenciar que a medida que el número de productos aumenta, la combinación de estos es más compleja, lo que da como resultado que el espacio de soluciones crezca exponencialmente.

A pesar de realizar algunos cambios en las funciones de cruce y mutación a través del desarrollo del modelo, fue posible aplicar los conceptos esenciales de estos operadores al problema de acuerdo a la representación planteada. Se vivió la experiencia de replantear, aplicar cambios y hacer análisis de resultados y comportamientos en todos los elementos del AG tal y como lo plantea el proceso evolutivo, lo que resulta satisfactorio para el trabajo.

Así como el algoritmo genético se puede ver estructurado en un diagrama de flujo, se realiza una analogía y a continuación se describen los diagramas que representan los procesos que componen la base de datos para el CEDI.

## **4. FASE 3: DIAGRAMACIÓN DE LOS FLUJOS DE INFORMACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS**

Es de gran importancia la identificación de los procesos logísticos dentro del centro de distribución, por esto se diagraman las actividades y procedimientos asociados a estos, se resalta la importancia de su documentación para corregir los diferentes errores en el flujo de los productos, estos procesos se plasman dentro de un modelo de entidad relación en la base de datos CEDI (Ver Anexo #2), normalizando la misma bajo el estándar correspondiente.

### **4.1 Identificar y diagramar los procesos y procedimientos de los CEDIs**

Para realizar buenas prácticas administrativas en los CEDIs las actividades y los procesos deben estar identificados, documentados y estandarizados con el objetivo de conocer y controlar el flujo de información para la toma de decisiones que contribuyan al mejoramiento continuo de los procesos que generan valor y la eliminación de tareas innecesarias.

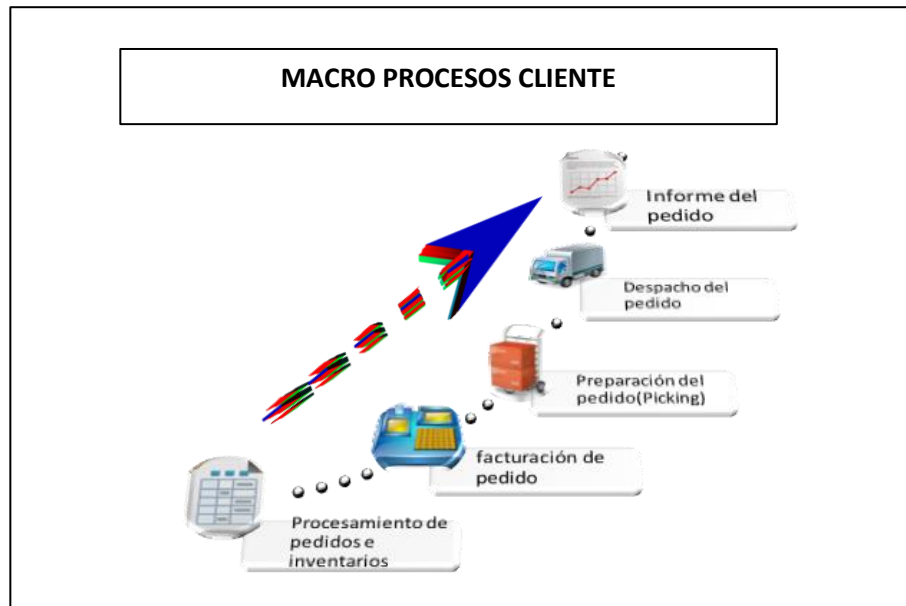
Los CEDIs generalmente se encargan de recepcionar, almacenar y despachar sin tener en cuenta procesos que generan valor, cuando se desea administrar estratégicamente bodegas de productos terminados se debe incluir estudio de proveedores seguido de almacenamiento y finalizando en servicio al cliente. Estos procesos varían dependiendo del tamaño, tipo de organización y sector, aunque se mantiene la misma concepción. A continuación se ilustran los diagramas de procesos del caso aplicado para el CEDI **Construimos de Colombia S.A.S.**

#### **4.1.1. Procesos del CEDI enfocados al cliente.**

Satisfacer los clientes es el resultado de un grupo de procesos que deben realizar eficientemente los CEDIs para generar valor en la cadena de suministro, estos procesos deben estar interrelacionados para conseguir un equilibrio y simultáneamente el máximo beneficio entre CEDI y cliente. A continuación se ilustran los procesos representativos en un CEDI relacionados directamente con el cliente.

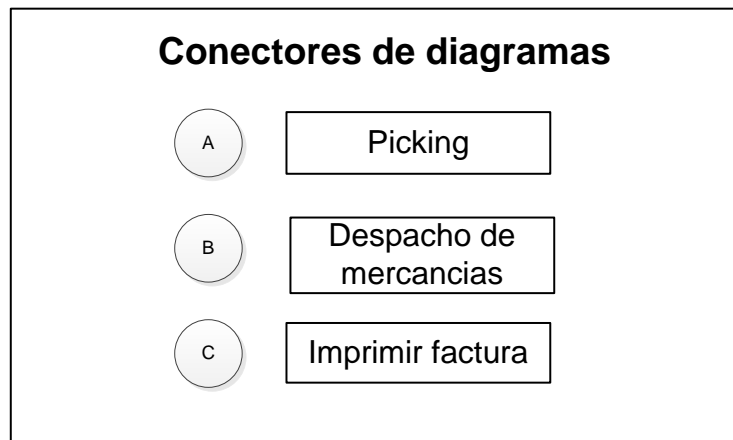


Figura 14 Macro proceso cliente



Fuente: Propia

Diagrama 3 Conectores entre diagramas de flujo de procesos



Fuente: Propia

## Procesamiento del pedido

Se define como la primera actividad del ciclo y se muestra en el diagrama 4, en este se recibe el documento que contiene los productos solicitados por el cliente con los requerimientos de cantidades, especificaciones y características de los productos asociados al mismo, de igual manera la petición formal con los documentos necesarios para la realización del pedido; dependiendo del tamaño, del tipo de cliente y del sistema de recepción del pedido, los clientes pueden elegir las características del procesamiento ya sea elegir un vendedor, llenar una solicitud adicional, informar del pedido vía telefónica o simplemente iniciar el procesamiento por medio electrónico.

En la actualidad se encuentra implementado de manera masiva el estándar de codificación por barras, este lo podemos evidenciar desde cuando hacemos compras en las grandes superficies hasta las pequeñas tiendas de barrio,( también podemos observar aunque en menor proporción la implementación de tecnologías por RFID que permite optimizar además de costos, los tiempos de operación garantizando un alto nivel de servicio al cliente) permitiendo de esta manera la aceleración en el procesamiento del pedido recopilando electrónicamente la información sobre los productos que se van a vender.

El EDI (*Electronic Data Interchange*) es una de las formas de colocación de pedidos en el que un computador se encuentra conectado con el servidor de la compañía vendedora y se pueden realizar los pedidos por medio electrónico eligiendo las cantidades (las cuales en mayor medida son de cantidades de inventario reducido) y características de las mismas, estas transacciones se realizan con menores costos de preparación de pedidos al mismo tiempo que se reducen los tiempos de reaprovisionamiento.

Otra parte importante dentro del procesamiento del pedido es la transmisión del mismo, este consiste en transferir la solicitud del pedido desde el punto de origen hasta donde se pueda atender la orden, estas órdenes se pueden transmitir de forma manual y electrónica, en la primera modalidad se puede enviar por correo el /los pedidos o tal vez si alguien lleva el documento personalmente al punto de atención del pedido; la transmisión electrónica (como se mencionó anteriormente) se puede realizar gracias a las diferentes herramientas como teléfonos de datos, páginas web, sistemas EDI, fax, comunicaciones por satélite, entre otras, todo lo anterior permite que la información que se transmite sea instantánea, con un alto grado de confiabilidad, seguridad, que finalmente reflejara la disminución de los costos.

La última etapa es la entrada del pedido que se encarga de revisar la consistencia del pedido, se debe constatar la veracidad de la información y que esta no contenga anomalías, se debe comprobar la descripción de los artículos, cantidad, y el precio de venta asociado, además en este paso se debe revisar el estado de crédito del cliente revisando si tiene saldos a favor o en contra, comprobar la disponibilidad de los artículos solicitados, preparación de la documentación de ordenes atrasadas o de

cancelaciones, transcripción de la información de pedido según sea necesario, todas estas verificaciones se hacen necesarias para continuar con el procesamiento de la información debido a que esta puede no estar representada con precisión y necesita organizar o complementar la información antes de que el pedido se libere y sea levantado, todas estas inconsistencias que necesitan de un trabajo extra son ocasionadas por las diversas formas de transmisión de la misma, se pueden generar errores de tipo humano, informático, consolidación, entre otros.

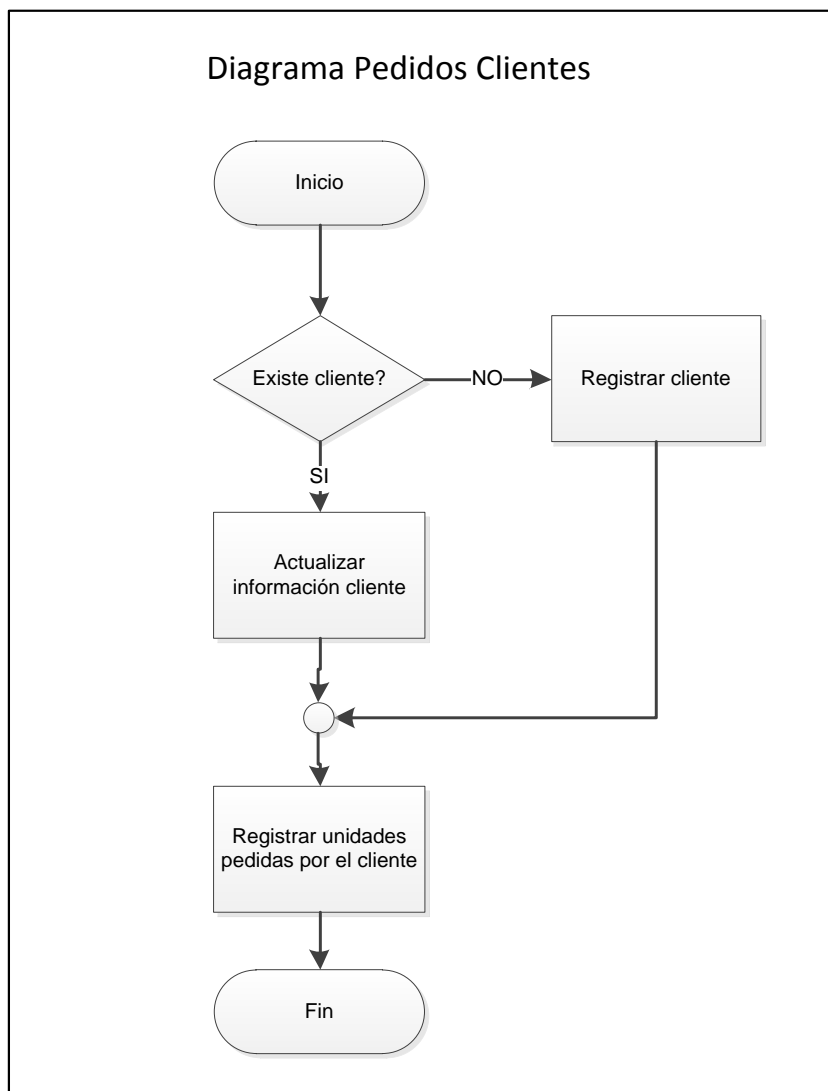
La entrada del pedido ha mejorado en los últimos años gracias a los códigos de barras, computadores con altos desempeño, lectores inalámbricos y tecnología *RFID*. Es evidente y notable la diferencia de eficiencia entre los métodos de ingreso y procesamiento manual, el escáner para los códigos de barras y las antenas de lectura por medio de radiofrecuencia, esta última ofrece una mejora sustancial en la reducción de los tiempos de lectura de los productos y la disminución del número de empleados para retroalimentar información al sistema, gracias a esto actualmente la tecnología de *RFID* ha ganado tanta popularidad en las industrias, vendedores al detal, compañías manufactureras y de servicios.

## Pedidos Clientes

En el proceso **Pedidos Clientes** se crean los usuarios si no están registrados para posteriormente emitir pedidos u órdenes de compras al CEDI.

Esta información puede ser utilizada en estudios posteriores para conocer los mejores clientes y los productos que más demandan.

Diagrama 4 Pedidos clientes

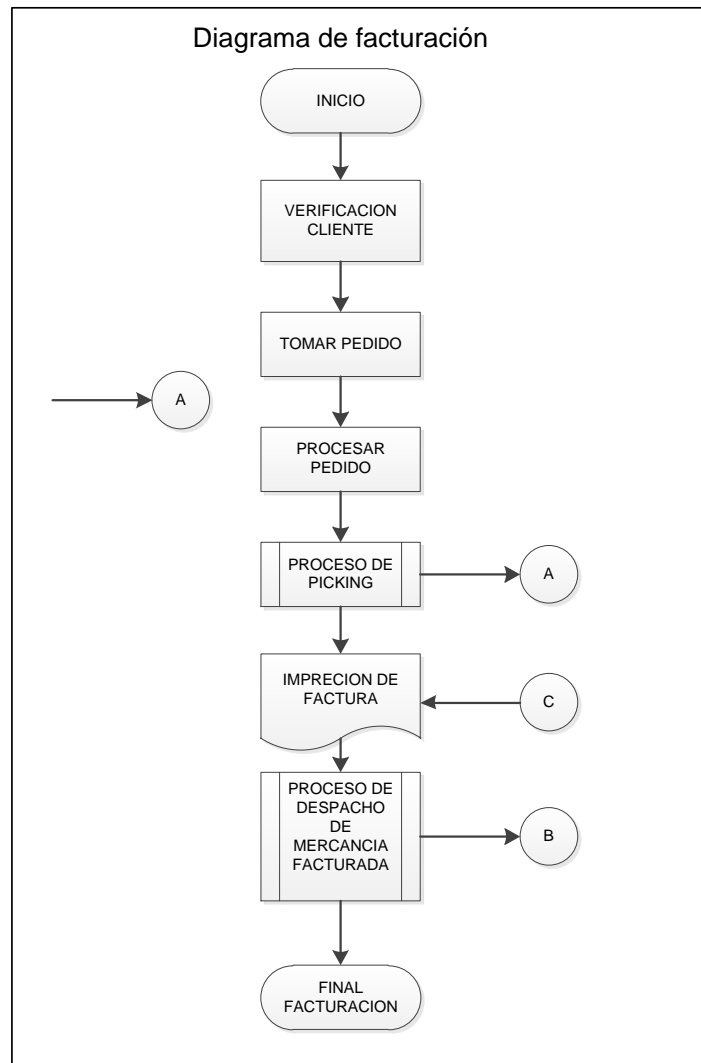


Fuente: Propia

## Facturación

El proceso de **Facturación** presentado en el diagrama 5, relaciona diferentes procesos que deben estar en completo orden para que este proceso se realice de forma rápida y eficiente. Este inicia cuando se desea emitir una orden de compra, para ello es necesaria en primera instancia la verificación de los clientes, saldos a favor o en contra, después se debe consolidar el pedido dentro de la factura seguidamente se carga en la base de datos con la información correspondiente para que se pueda realizar el proceso de *Picking*, finalmente se imprime la factura para dejar un soporte físico y dar paso al proceso de despacho.

Diagrama 5 Facturación



Fuente: Propia

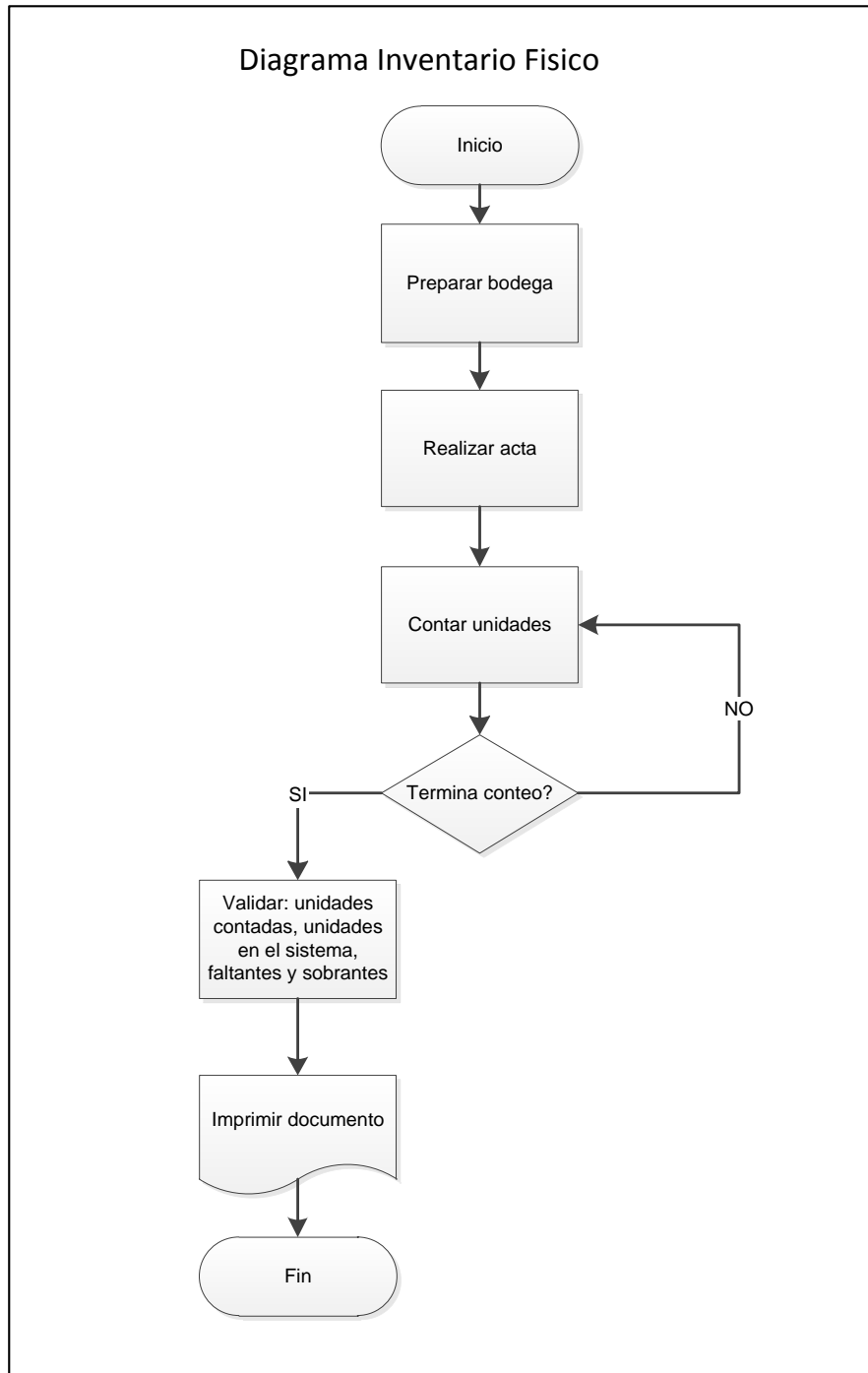
## **Inventario físico**

El **inventario físico** (diagrama 6) es el proceso que contempla el mayor porcentaje de mano de obra es por esta razón que se debe tener sumo cuidado para evitar que operaciones se repitan y se eliminen operaciones que no generen valor a los procesos.

El proceso de Inventario Físico se puede realizar de forma manual o sistematizada su ejecución debe ser cuidadosa y con un nivel de exactitud muy alto para no caer en el círculo de tener que verificar en repetidas ocasiones el conteo de los productos.

En primer lugar se debe seleccionar la bodega a inventariar después se levanta el acta donde se registra la realización del inventario, se procede a totalizar las existencias dentro de la bodega elegida, luego se hace la verificación entre las unidades contadas en el sistema para así determinar los faltantes o sobrantes. Finalmente se imprime el documento que contiene la información detallada de los productos en el inventario.

Diagrama 6 Inventario fisico



Fuente: Propia

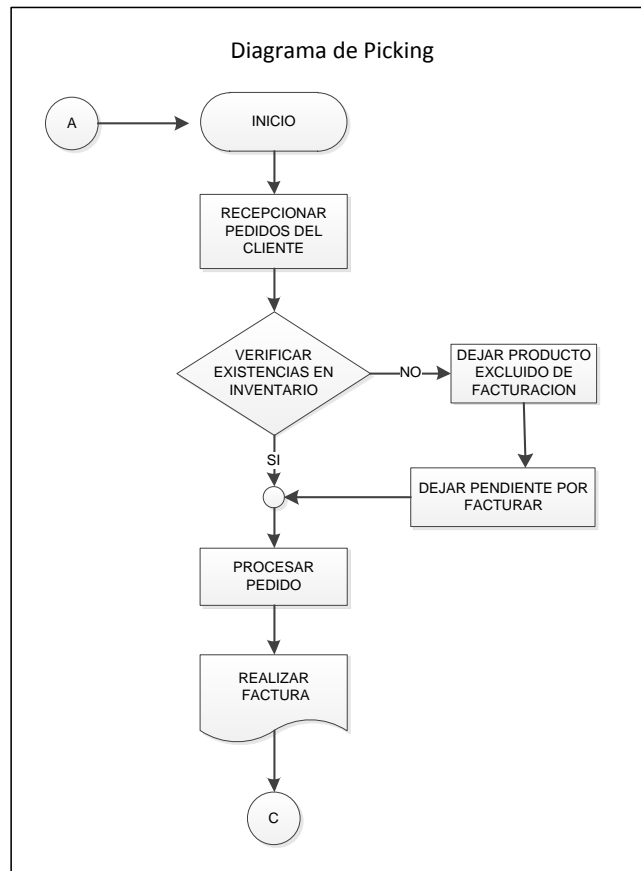
## Picking

El proceso de **Picking** (Diagrama 7) consiste en seleccionar unidades de una unidad de empaquetamiento mayor e ir formando un pedido que puede contener diversos productos descritos en una orden de compra, este proceso generalmente es el cuello de botella en los CEDIs y afecta en gran medida los procesos que se realizan en la cadena de suministro.

El proceso de *Picking* inicia en el proceso de facturación después de Procesar Pedido, se verifican las existencias de productos que conforman la orden de compra, y se crea el pedido completo o con faltantes de productos que quedarán pendientes por facturar, finalmente se realiza la factura.

Cuando se tiene completamente estandarizado el proceso de Picking sistemáticamente y físicamente se puede notar el impacto en la velocidad y calidad de alistamiento de los pedidos, reduciendo los tiempos de espera y aumentando el servicio al cliente.

Diagrama 7 Picking



Fuente: Propia

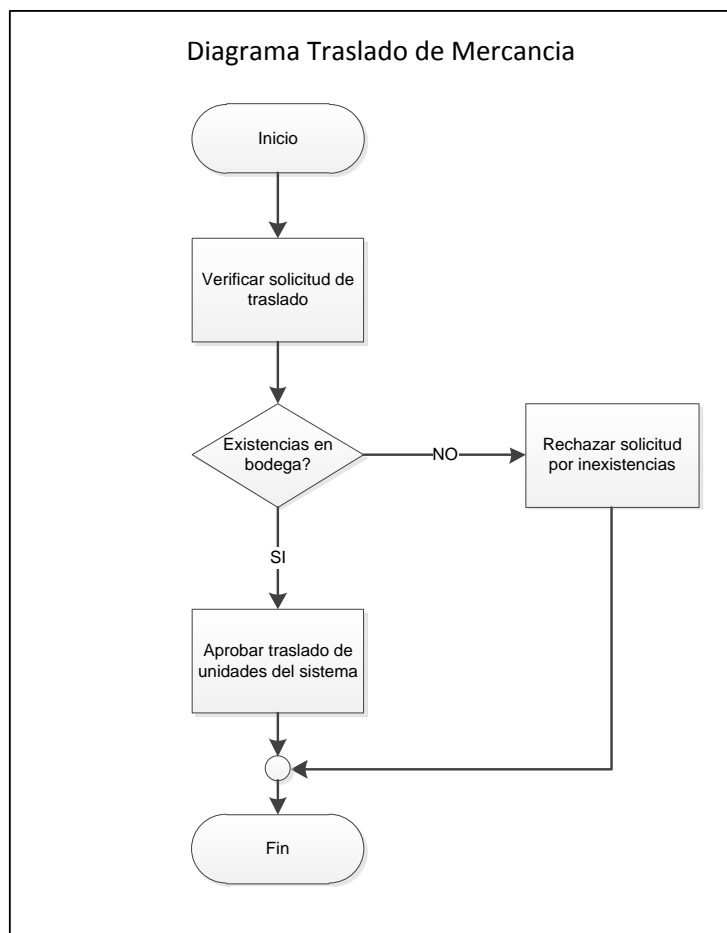


## Traslado de mercancía

El proceso de **Traslado de Mercancía** se realiza frecuentemente en los CEDIs aunque incremente los costos administrativos por las actividades adicionales que se deben realizar para estos, sin embargo antes de realizar traslados se debe verificar las cantidades en el sistema y si es posible hacer los movimientos o no por faltas de existencias.

Este proceso también involucra movimientos que se deben hacer a productos defectuosos que deben pasar a bodegas de devoluciones a los proveedores, frecuentemente se utiliza este proceso para suplir bodegas de exhibición en el caso de supermercados o tiendas mayoristas, en los CEDIs cuando los productos se reciben inicialmente en una bodega predeterminada se realizan traslados para acercar los productos estratégicamente y reducir los tiempos de Picking.

Diagrama 8 Traslado de mercancía



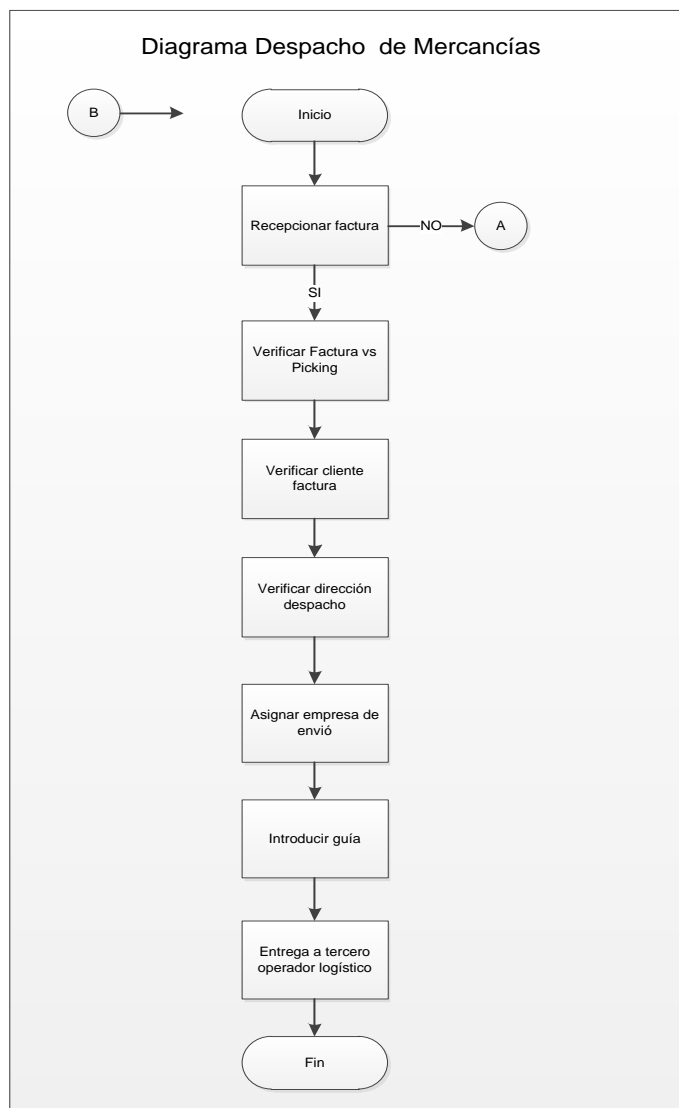
Fuente: Propia

## Despacho de mercancía

El **Despacho de Mercancías** es el último proceso del CEDI y en este se puede observar el resultado de los procesos anteriores, este proceso tiene información que debe ser totalmente exacta que garantice entrega de pedidos a los clientes en el momento indicado, la cantidad adecuada y en lugar que se requiere.

Este proceso inicia cuando se recibe la factura posteriormente se verifica lo que hay en Picking y lo que está estipulado en la factura, si la información está acorde se realiza el despacho y se da finalización.

Diagrama 9 Despacho de mercancías



Fuente: Propia

**Informe del pedido:** Una vez despachadas las mercancías es responsabilidad del operador logístico y del CEDI que los despachos no presenten inconvenientes en la ruta de transporte, para ello se hace un rastreo por parte del CEDI que permita informar a los clientes el estado de la mercancía en el momento que estos lo deseen, con esta información se crea una imagen del momento en el la mercancía llegara a su destino.

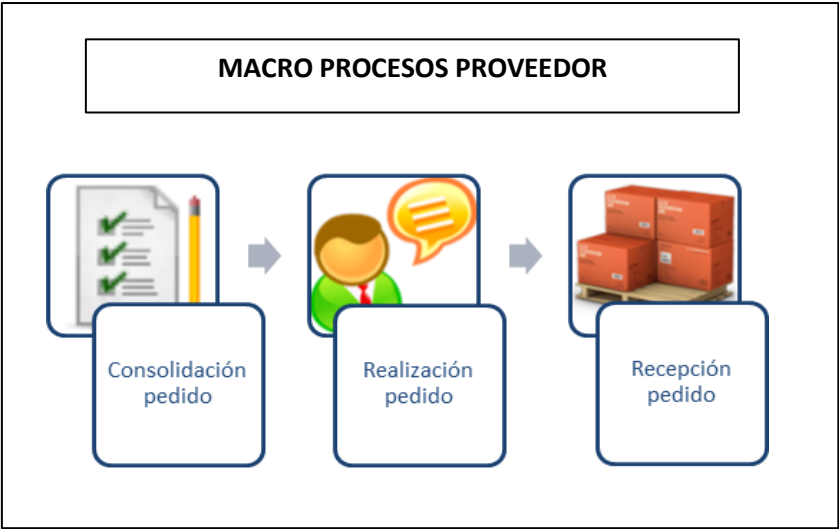
Debido a que este último paso es realizado por el operador logístico no se tiene la descripción del mismo de forma detallada, aunque este afecta directamente el despacho de la mercancía el CEDI o almacén no tienen conocimiento real sobre las actividades se deben realizar para poder entregar un informe al cliente sobre el movimiento de la mercancía desde que abandona la bodega hasta un punto intermedio antes de llegar a su destino. Por todas las razones antes expuestas no se diagramo el proceso de informa del pedido.

**4.1.2. Procesos del CEDI enfocados al proveedor**

Para brindar un buen servicio a los clientes es necesaria la administración óptima del CEDI, pero además se debe tener una relación exitosa con los proveedores que son los que realmente dan paso para que inicien las actividades de la cadena de suministro.

A Continuación se ilustra el macro proceso de proveedores.

Figura 15 Macro procesos proveedor

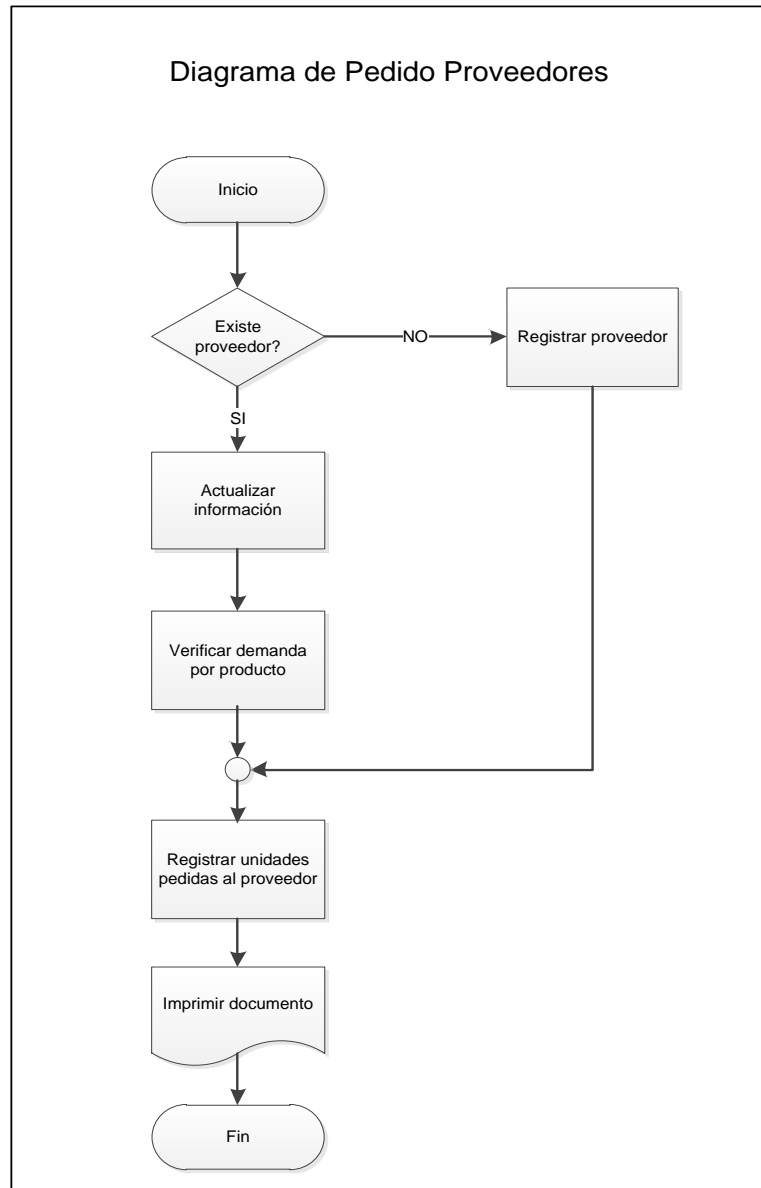


Fuente: Propia

## Pedido proveedor

En el proceso **Pedido proveedor** se puede verificar el estado de los proveedores, actualizar información relacionada con estos, si se refiere a un nuevo proveedor se debe ingresar al sistema, se activa el proveedor para dar paso a la verificación de productos que tiene para ofertar, si cumple con las condiciones y especificaciones se procede a realizar el pedido.

Diagrama 10 Pedido de Proveedores



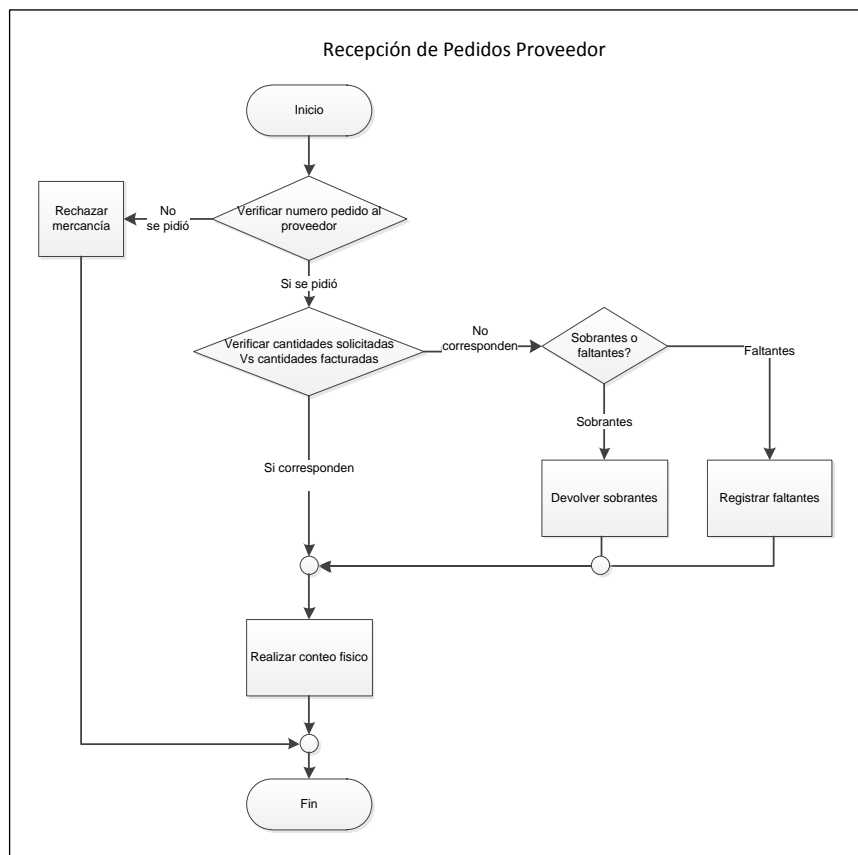
Fuente: Propia

## Recepción de pedidos proveedor

En el proceso de **Recepción de Pedidos Proveedor** inician las operaciones administrativas para el CEDI, si no se tiene un control adecuado en este proceso es muy probable que se presenten faltantes y errores en los inventarios que podrían afectar el servicio al cliente. Lo primero que se debe realizar es la verificación de la orden, después verificar unidades solicitadas y facturadas, si esta información corresponde se debe hacer la verificación de las unidades físicas y facturadas para la aprobación de la recepción; es importante almacenar información acerca de la relación unidades facturas vs solicitadas y si se presentan faltantes o sobrantes para medir la calidad de los proveedores y cuanto esto puede afectar el funcionamiento del CEDI.

El flujo de información representado en los diagramas de flujo de cada proceso está contemplado dentro del software **IDCLOGISTICSLAB**, está estructurado por medio de la base de datos CEDI que permite gestionar el almacenamiento y flujo de información que se maneja en los CEDIs.

Diagrama 11 Recepción de Pedidos Proveedor



Fuente: Propia

Los diagramas de flujo permiten crear una imagen de la estructura de los procesos y los movimientos del flujo de información.

## 4.2 Diseñar y normalizar la base de datos

En la creación de herramientas informáticas se debe estructurar la base de datos con criterios de estandarización y normalización que permita flexibilidad y eficiencia para la administración de módulos representados en procesos y procedimientos.

### 4.2.1. Descripción base de datos CEDI

La base de datos CEDI está compuesta por un conjunto de tablas que están relacionadas entre sí para establecer una lógica en los movimientos de los productos, las tablas más relevantes por el tipo de información que almacenan y sus relaciones con las demás tablas se pueden observar en el anexo 2 (diagrama entidad relación base de datos CEDI), a continuación se describe el diseño y normalización de la base de datos.

Tabla 19 Descripción de la base de datos CEDI

<b>Nombre base de datos:</b>	CEDI (administración del centro de distribución)
<b>Descripción:</b>	La base de datos CEDI permite administrar las actividades que se presentan en las operaciones diarias de los centros de distribución, la base de datos está diseñada de tal manera que permite relacionar, enlazar, controlar los procedimientos logrando la integración entre todas las dependencias, además de almacenar los datos es capaz de gestionar información para la administración y posteriores toma de decisiones.
<b>Convenciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C: Tablas para el módulo de configuración.</li> <li>• S: Tablas pertenecientes al software</li> <li>• G: Tablas para datos geográficos</li> <li>• R: Tablas para datos relacionados con permisos roles y usuarios.</li> </ul>

#### **4.2.2. Normalización base de datos CEDI.**

Normalización es el proceso de organizar de manera eficiente los datos. Esto incluye la creación de tablas y el establecimiento de relaciones entre ellas según reglas establecidas, para proteger los datos, hacerla más flexible al eliminar la redundancia y dependencia incoherente.

Los principales objetivos de la normalización son:

- La eliminación de datos redundantes, los cuales ocupan más espacio en disco y crean problemas de mantenimiento.
- Evitar problemas de actualización de los datos en las tablas.
- Garantizar que las dependencias que tienen los datos entre ellos, sean lógicas y presenten algún sentido.

Estos puntos reducen la cantidad de espacio en la base de datos y aseguran que estos son almacenados de manera lógica (integridad).

Existen algunas reglas para la normalización de bases de datos. Cada regla se denomina "forma normal". Si dentro de la base de datos se observa la primera regla se dice que está en "primera forma normal". Si las tres primeras reglas se observan, la base de datos se considera en "tercera forma normal". Aunque es posible tener otros niveles de normalización, para efectos de este trabajo se utiliza hasta la tercera forma normal, esta última es el más alto nivel necesario para la mayoría de aplicaciones.

#### **Primera forma normal (1FN)**

La primera forma normal permite que los registros se ingresen en el lugar adecuado para que no se presenten problemas de programación cuando la base de datos requiera ser ampliada dando flexibilidad a esta.

### Los principales objetivos son:

- Eliminar grupos de datos repetidos en tablas individuales.
- Crear una tabla separada para cada conjunto de datos relacionados.
- Identificar cada conjunto de datos relacionados con una clave principal.

Tabla 20 Tabla SCliente perteneciente a la base de datos CEDI

Tabla	Columna
SCliente	Cedula
SCliente	Nombre1
SCliente	Nombre2
SCliente	Apellido1
SCliente	Apellido2
SCliente	Dirección
SCliente	Telefono1
SCliente	Telefono2
SCliente	Celular1
SCliente	Ciudad
SCliente	CupoMaximo

En este caso la tabla SCliente almacenara un numero n de clientes que van a ser relacionados con otras tablas de la base de datos por medio de su clave principal llamada cedula. Y no se verán datos similares en una sola tabla. Con este ejemplo se cumple la primera forma normal. Este principio de organización se utiliza para todas las tablas de la base de datos CEDI.

### Segunda forma normal (2FN)

Los registros no deben depender de nada que no sea la clave primaria de una tabla

### Los principales objetivos son:

- Crear tablas separadas para aquellos conjuntos de valores que se aplican a varios registros.
- Relacionar estas tablas por medio de una clave externa.





Tabla 21 Tabla SProducto perteneciente a la base de datos CEDI

Tabla	Columna
SProducto	Referencia
SProducto	Nombre Producto
SProducto	Fecha Creación
SProducto	Descripción
SProducto	Stock Mínimo
SProducto	Id Categoría
SProducto	NitProveedor
SProducto	Marca
SProducto	Estado

La tabla SProducto está relacionada con varias tablas, la información de esta solo se activa por medio de una clave principal de la que dependen los n registros de la tabla. Este ejemplo es análogo en todas las tablas de la base de datos CEDI.

### Tercera forma normal

Esta forma permite quitar peso a las tablas dejando los campos que son estrictamente necesarios, además es más fácil administrar información secundaria desde una tabla independiente y finalmente relacionarla con la tabla principal.<sup>19</sup>

### Objetivos principales

Eliminar los campos que no dependan de la clave principal

---

<sup>19</sup> SÁNCHEZ, Sergio. Normalización de base de base de datos [Online]. Consultado: 3 de marzo de 2013. En <http://www.slideshare.net/sesa78/normalizacion-de-base-de-datos-14102278>

Tabla 22 Tabla Gciudad perteneciente a la base de datos CEDI

Tabla	Columna
GCiudad	CodigoPoblado
GCiudad	NombrePoblado
GCiudad	CodigoMunicipio
GCiudad	NombreMunicipio
GCiudad	CodigoDepartamento
GCiudad	Tipo

La tabla ciudad contiene el campo departamento pero esta información no se almacena directamente en esta tabla, solo se llama con un CódigoDepartamento. Este ejemplo es análogo en todas las tablas de la base de datos CEDI.

#### 4.2.3. Tipos de tablas existentes

Los tipos de tablas permiten identificar la dependencia o independencia de las tablas para crear documentos. A continuación se define y se ilustra los tipos de tablas que contiene la base de datos CEDI.

**Tablas maestras:** En todas las bases relacionales son tablas que no cambian con el tiempo

**Tablas tipo documentos:** Son las tablas que están compuestas por encabezados y los detalles que cambian en el tiempo.

Para esta base de datos las tablas maestros y documento se presentan a continuación:

**Tabla 23 Descripción de Maestros, Detalle, Encabezado y Documento**

MAESTRO	DETALLE Y ENCABEZADO	DOCUMENTO
CParametro	SActaInventarioD	SActaInventario
Gciudad	SActaInventarioM	
GDepartamento	SDespachoD	Sdespacho
SBodega	SDespachoM	
SCategoria	SFacturaD	Sfactura
SCliente	SFacturaM	
SConcecutivo	SPedidoD	Spedido
SEmpresa	SPedidoM	
SLote	SPedidoProveedorD	SPedidoProveedor
SMiembro	SPedidoProveedorM	
SProducto	STrasladoD	Straslado
SProveedor	STrasladoM	
SSaldosBodega		
SSKu		
SSucursal		

**Nota:** Las tablas documentos están compuestas por tablas detalle y encabezado.

En esta fase se diagramaron los procesos más relevantes dentro del CEDI con el fin de conocer su funcionamiento, interacción además de entradas y salida de cada uno de estos, se explicaron de forma detallada, se ilustró el flujo de información diferenciando entre los macro procesos de atención a los clientes y el de compra de mercancías, las características internas de cada proceso sirvieron como entrada para el diseño de la organización y estructuración del modelo relacional, para el caso específico de la base de datos se normalizó hasta el nivel de la forma 3FN, consiguiendo la organización y caracterización de la base de datos que sirve como soporte de los movimientos y almacenamiento de la información que se registra en cada uno de los procesos del CEDI.

## **5. FASE 4: DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE “IDC-LOGISTICSLAB”, (INTELLIGENT DISTRIBUTION CENTER)**

En la realización de una herramienta informática es de gran importancia ilustrar el diseño de las interfaces de usuario, su impacto y los criterios que debe cumplir teniendo en cuenta que deben atender a las expectativas del usuario y un fácil uso, la interfaz está directamente relacionado con el funcionamiento y la respuesta que la herramienta brinda al usuario ante los diversos escenarios y movimientos que se realizan, también se describen las ventajas de la arquitectura en 3 capas la cual permite el funcionamiento independiente de las capas de presentación, lógica y datos.

### **5.1 Diseño de interfaz operativa**

Dentro de la programación del software una parte de vital importancia será la interfaz de usuario, debido a que este componente estará en interacción constante con el usuario y por esto debe cumplir algunos requisitos de diseño y operatividad creando una relación de beneficio mutuo y equilibrio entre las herramientas que brinda el sistema y las necesidades cambiantes del usuario.

Se puede definir la interfaz de usuario como el conjunto de operaciones que seguirá el usuario, durante el periodo de tiempo que interactúe con el programa, estableciendo desde el inicio lo que verá y escuchará en cada actividad perteneciente a una operación y las respuestas que el sistema dará a estos requerimientos de información.

El diseño debe ilustrar el esfuerzo adicional que realiza el usuario, es decir además de entender el mensaje que se muestra debe comprender la mecánica y la operatividad que le ofrece la interfaz además de la interacción general de todas las herramientas que se presentan simultáneamente; sintaxis, ordenes, códigos, abreviaciones e iconos suponen una carga de memoria realizada por el usuario, un buen diseño minimizará el esfuerzo mental y abstracto que debe realizar el usuario y concentrarse en lo que en realidad será su valor agregado es decir las herramientas que facilita, para poder minimizar la carga de memoria excesiva se debe establecer un sistema de ayudas organizadas, coherentes y precisas, estas ayudarán al usuario a aclarar conceptos operativos y funciones que están implícitas dentro del programa.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> DORADO Perea, Carles. El diseño del interfaz y la navegación [En línea]. Consultado: 28 de marzo de 2013. En: <http://www.xtec.cat/~cdorado/cdora1/esp/disseny.htm>

Uno de los objetivos es definir patrones conceptuales suficientemente expresivos en el ámbito del alcance del problema, para traducirlos adecuadamente a la correspondiente representación dentro del software, por medio de las siguientes herramientas:

- Acceso de tecla rápida.
- Navegabilidad de los formularios con “*Tabs*”
- Pantallas de borde “*Fixed*”
- *Tab Index* de los controles en secuencia.
- Utilización de Valores por defecto
- Mensajes de Error, advertencia, y Confirmación
- Agrupación de valores de entrada por Categorías. Ej. Costos de almacenamiento, Costos de preparación
- Utilización de *spinners* para valores numéricos incrementales en 1

Para tener mayor claridad sobre la ayuda del software “**IDC LOGISTICS LAB**” se puede consultar el anexo #3 del presente trabajo.

## 5.2 Características de la interfaz

Las características básicas que describen el software “**IDC LOGISTICS LAB**” son las siguientes:

- El objeto de interés por parte del usuario será de fácil identificación
- Diseño amigable minimalista
- Las operaciones serán rápidas y reversibles
- Facilidad de utilización y aprendizaje
- Las actividades serán realizadas por acciones físicas y no con líneas de código o sintaxis complejas

## 5.3 Interfaz de usuario

Para ilustrar La interfaz de usuario del software “**IDC LOGISTICS LAB**” se presenta a continuación un acercamiento inicial sobre su funcionamiento y forma de presentar los campos asociados, además se ilustran algunos de los módulos que contiene la aplicación como **parámetros, maestros, información adicional y documentos, además** de un sub módulo de cada uno de los mencionados anteriormente. En el ANEXO 3 ayuda del software “**IDC LOGISTICS LAB**” se explica de forma detallada el funcionamiento de cada interfaz, detalles, excepciones, configuraciones y la descripción completa de toda la herramienta en conjunto.

### 5.3.1 Interfaz inicial

Figura 16 Interfaz Inicial



Fuente: Propia

En la figura 16 se muestra la primera pantalla que se genera al abrir el software “**IDC LOGISTICS LAB**”, en esta interfaz inicial se puede observar la barra de herramientas en la parte superior la cual contiene los módulos: Parámetros, Maestros, Información adicional, Documentos, Herramientas, Consultas, Informes, Ayuda.

### 5.3.2 Interfaz parámetros

Figura 17 Interfaz Parámetros



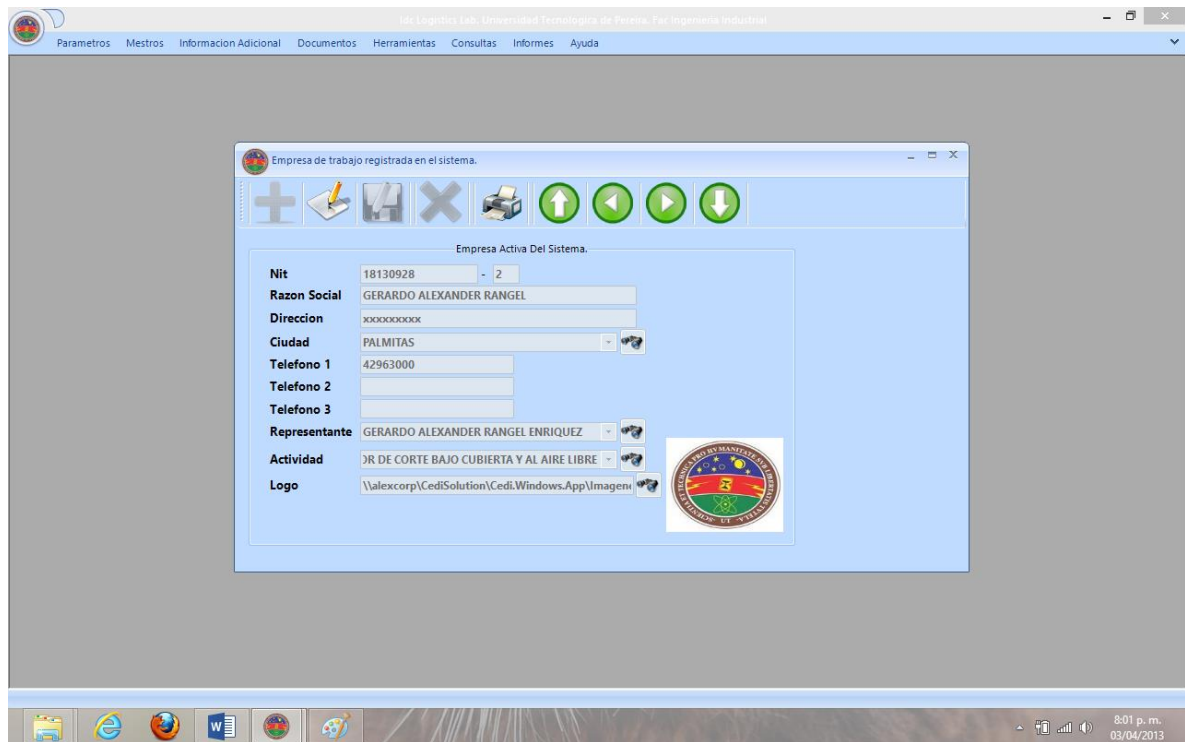
Fuente: Propia

En la parte superior izquierda de la figura 17 se encuentran los parámetros: Empresa, Consecutivos, Conexión SQL, Conexión RFID, Impresión Tags.



### 5.3.2.1 Interfaz Parámetros- Empresa

Figura 18 Interfaz Parámetros - Empresa



Fuente: Propia

En la interfaz EMPRESA el usuario registra los datos de las empresas que van a estar activas en el sistema, se registra el NIT, la razón social de la organización, la dirección en la cual se encuentra ubicada, la ciudad de ubicación, los teléfonos auxiliares 1,2 y 3, el representante legal de la empresa, actividad realizada y finalmente el logotipo de la organización.

### 5.3.3 Interfaz Maestros

Figura 19 Interfaz Maestros

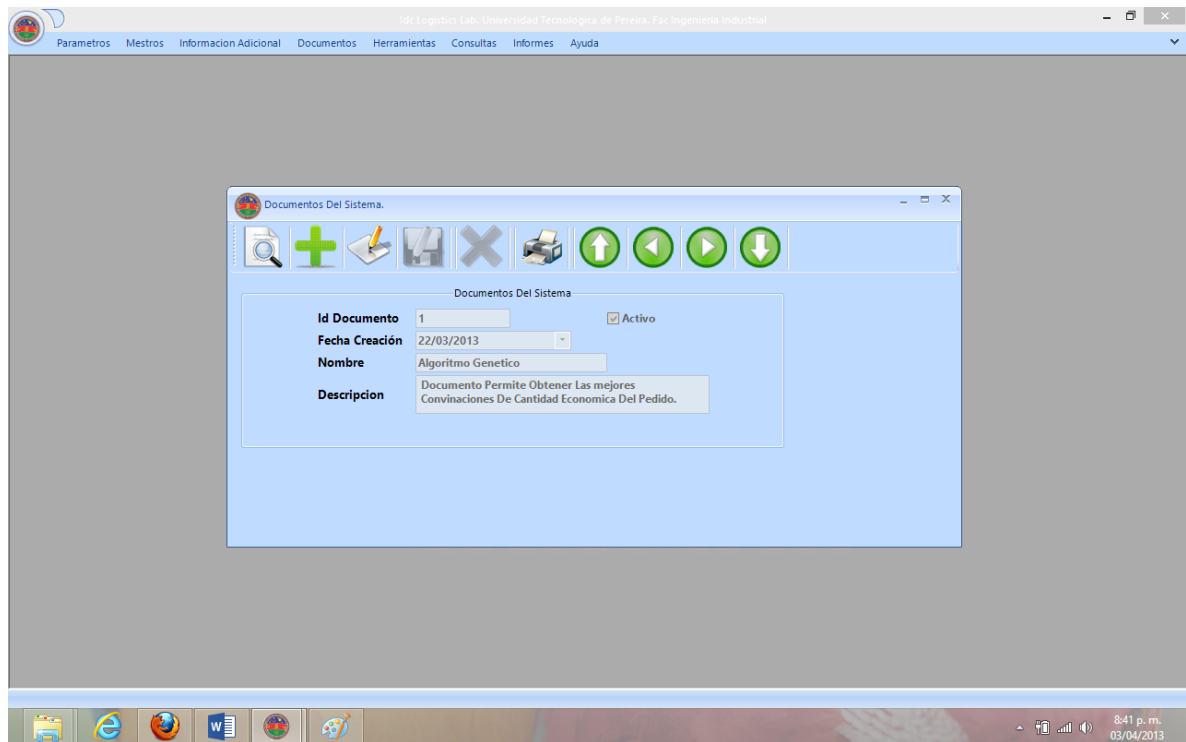


Fuente: Propia

En la esquina superior izquierda de la figura 19 se observan los módulos de la interfaz maestros, que se dividen en **Maestros** y **Maestros Personal**, en el primero se encuentran **Documentos**, **Bodegas**, **Sucursales**, **Productos**, **Categorías Productos**, y para el segundo **Clientes**, **Proveedores**, **Personal Interno**.

### 5.3.3.1 Interfaz Maestros – Documentos

Figura 20 Interfaz Maestros - Documentos



Fuente: Propia

En el módulo de documentos presentado en la figura 20 se ilustran los datos que se deben registrar, como lo son el **ID Documento**, **Fecha Creación**, **Nombre** y **Descripción**.

### 5.3.4 Interfaz Información Adicional

Figura 21 Interfaz Información Adicional

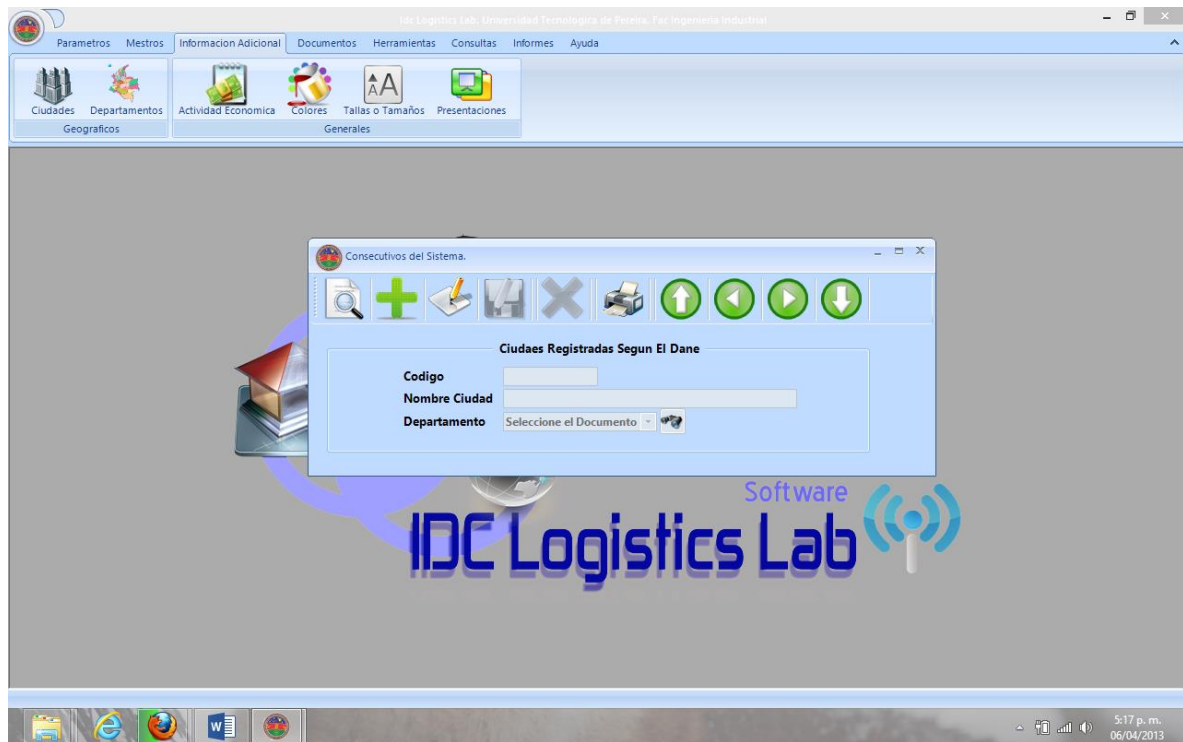


Fuente: Propia

En la interfaz de Información Adicional se pueden observar los módulos (Figura 21) Geográficos y Generales, en el primero se encuentran **Ciudades**, **Departamentos**, en el segundo **Actividad Económica**, **Colores**, **Tallas- Tamaños** y **Presentaciones**, respectivamente.

### 5.3.4.1 Interfaz Información Adicional-Ciudades

Figura 22 Interfaz Información Adicional - Ciudades



Fuente: Propia

En la imagen 22 se ilustra la interfaz de ciudades, en esta el usuario puede guardar información sobre la información de las ciudades, como: **Código, Nombre Ciudad y Departamento.**

### 5.3.5. Interfaz Documentos

Figura 23 Interfaz Documentos

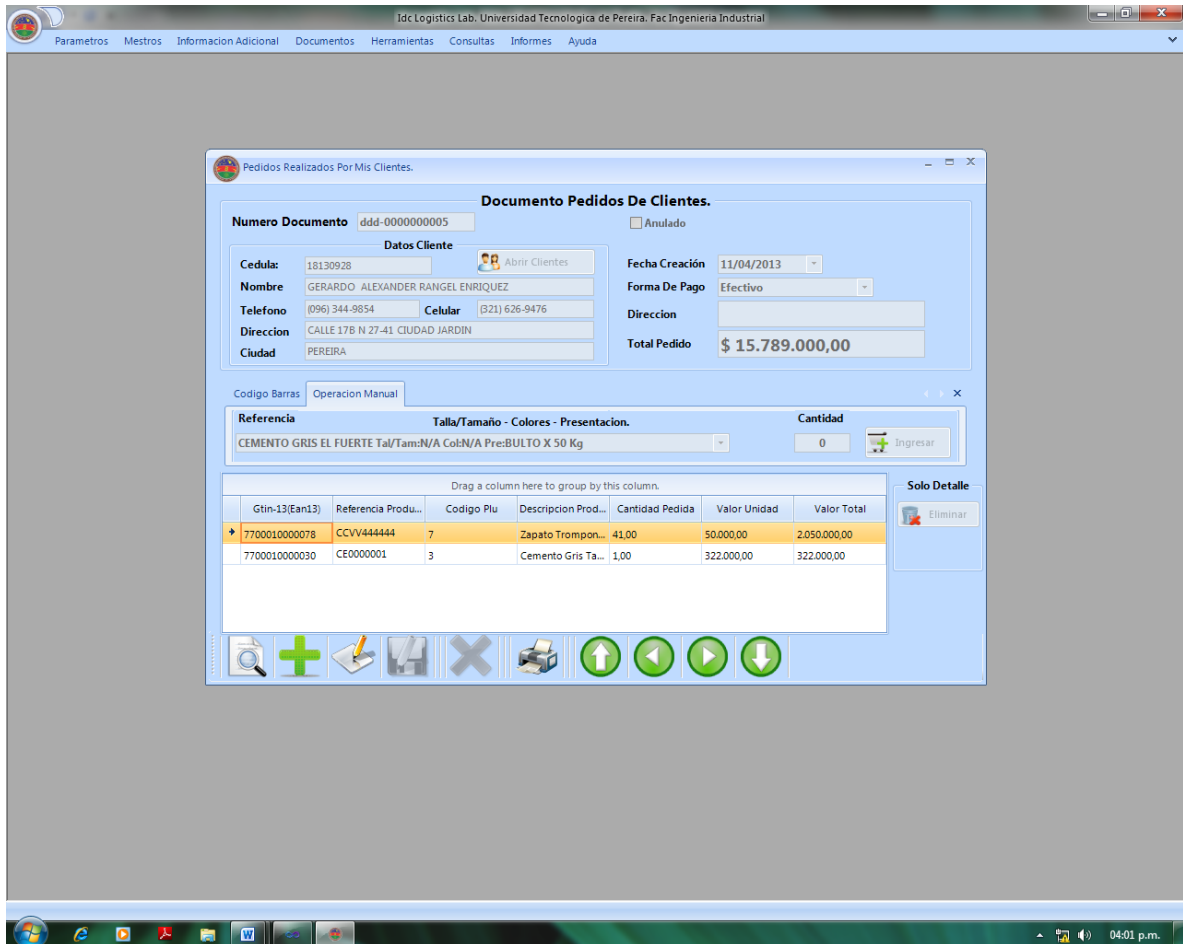


Fuente: Propia

En la figura 23 se ilustra la interfaz de documentos la cual contiene los módulos de **Facturación, Inventario y Despachos**, en el primero se encuentra **Pedidos Clientes, Facturación en lotes, Facturación POS, Picking**, posteriormente en **Inventario** se encuentra **Órdenes de Compra, Recepción de Mercancías, Traslados y Conteo Inventario**, por último se encuentran **Despachos**.

### 5.3.5.1 Interfaz Documentos- Pedidos Clientes

Figura 24 Interfaz Documentos – Pedidos Clientes



Fuente: Propia

En la interfaz de pedidos clientes de la figura 24 se ilustra la información que se debe ingresar en esta ventana, como los campos **Cedula** del cliente, **Nombre**, **Teléfono**, **Dirección**, **Ciudad**, **Fecha Creación pedido**, **Forma de Pago**, **Dirección**, en el subformulario se debe elegir el método de realización del pedido si es por **Código de Barras** se debe hacer la lectura de los productos, por el contrario si se elige la **Operación Manual** se deben elegir la referencia del producto e indicar las cantidades.

## 5.4 Casos de uso

### 5.4.1 Caso de uso procesamiento de pedido

Tabla 24 Caso de uso procesamiento de pedido

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO			
<b>Caso de Uso</b>	<i>Procesamiento de pedido</i>		
<b>ID</b>	<i>FCUSOFT-001</i>		
<b>Actores</b>	<i>Usuario</i>		
<b>Descripción</b>	<i>De forma automática se revisan la información relacionada con el cliente, si es necesario se actualizan los datos registrados del cliente, y finalmente se</i>		
<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	<i>Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López</i>		
<b>Precondicione s</b>	Ninguna		

CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acciones de Actor	Respuesta del Sistema
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo de pedidos de clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con el pedido de clientes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la creación de un documento pedido de cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la inserción del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema permite ingresar directamente el número de cedula del cliente o cargarlo desde la ventana consulta de cliente que se obtiene al hacer Click sobre el botón</li> </ul>



	Abrir clientes.
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario entra información de encabezado adicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema permite la inserción de una forma de pago fecha del pedido, y una dirección de envío del pedido.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la inserción de los ítems o productos los cuales pedirá el cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema le permite la inserción de dichos productos mediante la búsqueda manual en la pestaña operación manual donde encontrara un cuadro de selección o parándose sobre él se presiona la tecla F2 cuya acción es el llamado de la ventana de productos disponibles para la venta, se selecciona uno y la cantidad que desea pedir y obtenemos el cargue en el detalle del documento.</li> <li>En la pestaña código de barras nos ubicamos con un Click sobre el cajón de texto código de barras y realizamos la lectura de un producto el sistema automáticamente cargara dicha referencia con unidades 1.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario procede a guardar el documento en el botón guardar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema guarda la información de un nuevo pedido cuando se nuevo registro y de edición del pedio cuando se halla presionado editar documento.</li> </ul>

CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

#### 5.4.2. Caso de uso Facturación de pedido

Tabla 25 Caso de uso facturación de pedido

<b>ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO</b>
---------------------------------------

<b>Caso de Uso</b>	<i>Facturación de pedido</i>		
<b>ID</b>	<i>FCUSOFT-002</i>		
<b>Actores</b>	<i>Usuario</i>		
<b>Descripción</b>	<i>Un usuario desea realizar la facturación de un pedido consolidado e ingresado en el sistema, este se puede realizar por códigos de barras y RFID, entonces se debe elegir la opción código de barras o la opción RFID, posteriormente el sistema verifica los datos del cliente, después guarda el pedido, la información guardada en este último paso sirve como insumo para el proceso de picking, finalmente se imprime la factura que sirve como entrada al proceso de despacho de mercancía.</i>		
<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	<i>Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López</i>		
<b>Precondiciones</b>	El pedido debe ser procesado antes de facturar.		

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acciones de Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo de Facturación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con la facturación.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario solicita la creación de un documento facturación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario solicita la inserción del encabezado de factura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema permite ingresar directamente el número de cedula del cliente o cargarlo desde la ventana consulta de cliente que se obtiene al hacer Click sobre el botón Abrir clientes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario entra información de encabezado adicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema permite la inserción de una forma de pago fecha del de la factura.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario solicita la inserción de los ítems o productos los cuales pedirá el cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema le permite la inserción de dichos productos mediante la búsqueda manual en la pestaña operación manual donde encontrara un cuadro de selección o parándose sobre él se presiona la tecla F2 cuya acción es el llamado de la ventana de productos disponibles para la venta, se selecciona uno y la cantidad que desea pedir y obtenemos el cargue en el detalle del documento.</li> <li>• En la pestaña código de barras nos ubicamos con un Click sobre el cajón de texto código de barras y realizamos la lectura de un producto el sistema automáticamente cargara dicha referencia con unidades 1.</li> <li>• Por última opción en la pestaña Factura Rfid presionamos el botón iniciar lectura y el sistema automáticamente carga la lista de productos que serán facturados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario procede a guardar el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema guarda la información de un nuevo pedido cuando se</li> </ul>

documento en el botón guardar.	nuevo registro y de edición del pedio cuando se halla presionado editar documento.
--------------------------------	--

CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

### 5.4.3 Caso de uso Inventario

Tabla 26 Caso de uso inventario

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO
--------------------------------

<b>Caso de Uso</b>	<i>Inventario de mercancías</i>
<b>ID</b>	<i>FCUSOFT-003</i>
<b>Actores</b>	<i>Usuario</i>
<b>Descripción</b>	<i>Inicialmente se elige la bodega que se va a inventariar, se prepara el acta de realización del inventario y se genera, después se procede a totalizar las unidades almacenadas en la bodega, si se va a realizar el inventario por barras se debe elegir la opción barras y realizar la lectura de los productos en inventario, si por el contrario se va a realizar con RFID se deben totalizar las unidades en inventario, una vez se termine el conteo se compara lo que está incluido en el sistema con lo contabilizado ya sea por código de barras, manual o RFID; finalmente se genera el documento que contiene el informe del inventario realizado.</i>

<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	<i>Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López</i>		
<b>Precondicione s</b>			

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acciones de Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo de Inventario (“Lectura de inventario físico”).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con la Lectura de inventario físico.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la creación de un documento Inventario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la inserción del encabezado de factura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema permite ingresar el encargado del área y del conteo la bodega a la cual se está realizando el inventario.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario realiza el conteo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El conteo manual se realiza verificando uno a uno los ítems y transcribiendo al sistema la operación manual mediante la ficha con el mismo nombre donde hay un cuadro de selección o la opción de F2 para llamar una venta de consulta la cual me trae las referencia disponibles.</li> <li>El conteo manual por código de barras me permite dos opciones la inserción de ítem por ítem mediante los códigos ean13 o la inserción por lectura de unidades estándar de empaque la cual se realiza por medio de la simbología ITF-14.</li> <li>El conteo automático se realiza</li> </ul>

	mediante la ficha lectura RFID donde hacemos click sobre el botón iniciar lectura y le damos un tiempo prudente para la lectura de todos los ítems que se encentaran en la bodega y obtenemos la lectura directa de las mercancías.
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario procede a guardar el documento en el botón guardar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema guarda la información de un nuevo Documento Acta Inventario cuando se realizó por medio del botón nuevo registro y de edición del pedio cuando se halla presionado editar documento.</li> </ul>

CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

#### 5.4.4 Caso de uso alistamiento de mercancías (*Picking*)

Tabla 27 Caso de uso Picking

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO	
<b>Caso de Uso</b>	<i>Alistamiento de mercancías (Picking)</i>
<b>ID</b>	<i>FCUSOFT-004</i>

<b>Actores</b>	<i>Usuario</i>		
<b>Descripción</b>	<i>En primera instancia se revisa el registro del documento generado en el pedido del cliente, este debe tener asignado un consecutivo, después se verifican las existencias en el inventario revisando si se tienen existencias para atender el pedido, si se tiene capacidad para atender el pedido se genera la salida del pedido y se alistan las unidades para clasificar y consolidar el pedido y por último se genera la factura del mismo, en el escenario en el que no se tenga capacidad de respuesta para atender el pedido se debe dejar pendiente el pedido y se debe revisar la consistencia de las cantidades requeridas por el cliente en la realización de su pedido.</i>		
<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	<i>Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López</i>		
<b>Precondicione s</b>			

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acciones de Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario Solicita el módulo Alistamiento de factura (“Picking”).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con Picking.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario solicita la creación de un documento de Picking.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> <li>• Previamente el usuario deberá tener en sus manos la factura correspondiente y el informe de ubicaciones de mercancía en la bodega o espacio asignado para Picking.</li> <li>• En la parte final dela preparación se insertara la información y se procederá a la aduana de Picking para la confirmación de factura vs mercancía para enviar.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario procede a guardar el documento en el botón guardar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema guarda la información de un nuevo Documento Picking teniendo en cuenta que la información el responsable del área la certifique.</li> <li>cuando se realizó por medio del botón nuevo registró y de edición del pedio cuando se halla presionado editar documento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo Alistamiento de factura (“Picking”).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con Picking.</li> </ul>

CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

#### 5.4.5 Caso de uso traslado de mercancía

Tabla 28 Caso de uso traslado de mercancía

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO	
<b>Caso de Uso</b>	<i>Traslado de mercancías</i>
<b>ID</b>	<i>FCUSOFT-005</i>
<b>Actores</b>	<i>Usuario</i>



<b>Descripción</b>	<i>Inicialmente se debe verificar el documento que contenga la solicitud de traslado, este documento debe estar identificado previamente, luego se debe revisar si se cuenta con las cantidades que se solicitan en el traslado para llevarlas a la nueva bodega o a la parte física del centro de distribución que tiene como destino el traslado, finalmente se aprueba el traslado generando un acta de traslado que soporta el traslado realizado.</i>		
<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	<i>Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López</i>		
<b>Precondiciones</b>			

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acciones de Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo de Traslado de mercancía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con el traslado.</li> <li>Primero ingresamos a la pantalla de salida de mercancía en la cual se realiza la lectura de ítems a retirarse de una bodega.</li> <li>Segundo entramos en la bodega destino entradas pendientes, para verificar la entrada de los ítems.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la creación de un documento Inventario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> <li>Para la salida de mercancía campos requeridos funcionario, bodega salida, bodega destino, y una observación.</li> <li>Para la entrada de mercancía cargamos una ventana con las entradas pendientes a la bodega relacionada y se procede a la lectura para verificar los ítems.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario realiza el conteo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El conteo automático se realiza mediante la ficha lectura RFID donde hacemos click sobre el botón iniciar lectura y le damos un tiempo prudente para la lectura de todos los ítems que se encuentren en la bodega y obtenemos una lectura directa de las mercancías.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario procede a guardar el documento en el botón guardar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema guarda la información de un nuevo Documento Salida Traslado o Entrada Traslado, cuando se realizó por medio del botón nuevo registro y de edición del proceso cuando se halla presionado editar documento.</li> </ul>

CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

#### 5.4.6 Caso de uso despacho de mercancía

Tabla 29 Caso de uso despacho de mercancía

ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO	
<b>Caso de Uso</b>	<i>Despacho de mercancías</i>

<b>ID</b>	FCUSOFT-006		
<b>Actores</b>	Usuario		
<b>Descripción</b>	Se recibe la factura impresa con el detalle de los productos incluidos en el pedido, la factura también debe llevar un consecutivo asociado y un ID de factura, después de esto se compara lo consignado en la factura contra los productos consolidados en el proceso de alistamiento, se verifica el cliente que realiza el pedido, la dirección de destino, se elige el operador logístico que transportara el pedido, se imprime la guía, y por último se libera el pedido y se entrega al operador logístico.		
<b>Fecha Creación</b>	02 – 04 – 2013	<b>Fecha Última Modificación</b>	03 – 04 – 2013
<b>Autor</b>	Alexander Rangel, Jordán Caldón, Julián López		
<b>Precondiciones</b>			

<b>CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS</b>	
<b>Acciones de Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario Solicita el módulo de Despacho de mercancía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema carga la interfaz de objetos relacionados con el traslado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario solicita la creación de un documento Inventario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema limpia los campos u objetos de tal manera que queden disponibles para la introducción de la información.</li> <li>Para el despacho de mercancía se realiza primero la verificación de los datos a quien se va a mandar el despacho en el caso de despacho capilar se realiza la verificación del cliente y sus facturas.</li> <li>Para el caso de envió a terceros encargados de la distribución se debe verificar su dirección y que pedidos le corresponden recibir.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario realiza la introducción de ítems.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conteo automático se realiza mediante la ficha lectura RFID donde hacemos click sobre el botón iniciar lectura y le damos un tiempo prudente para la lectura de todas las Facturas listas para despacho y obtenemos una lectura directa de y procedemos al envío.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario procede a guardar el documento en el botón guardar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema guarda la información de un nuevo Despacho, cuando se realizó por medio del botón nuevo registro y de edición del proceso cuando se halla presionado editar documento.</li> </ul>

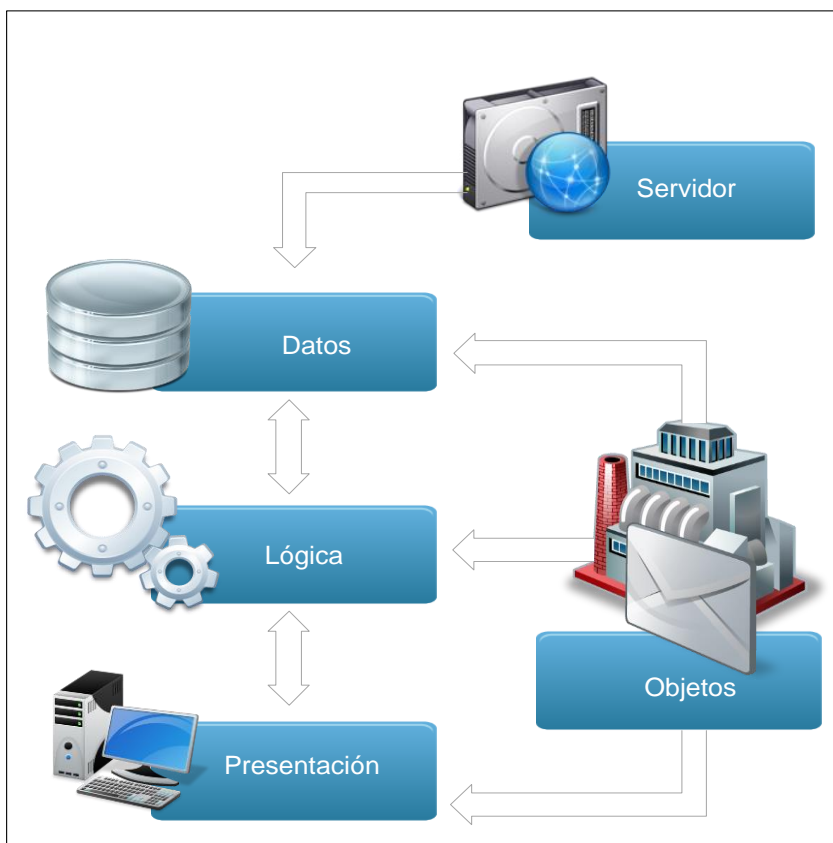
CURSOS ALTERNATIVOS	
<b>Acción 6:</b>	El usuario no acepta la imagen capturada y cancela la acción. El sistema vuelve a mostrar la captura de video de la estación de visión.

<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Referencias</b>	Ninguna
<b>Anotaciones</b>	

## 5.5 Arquitectura en 3 capas

La arquitectura en 3 capas se refiere a una arquitectura cliente- servidor en la cual el principal objetivo es separar la capa de presentación, negocios y de datos; la principal ventaja de utilizar este tipo de arquitectura es que se puede desarrollar en varios niveles o capas, brindando flexibilidad al momento de diseñar y programar la estructura que soportara el sistema informático, dando de esta manera una alternativa de modificación en caso de que ocurra algún inconveniente directamente se puede atacar en la capa requerida sin necesidad de analizar código compartido.

Figura 25 Arquitectura En Tres Capas Del Software “IDC LOGISTICS LAB”



**Fuente:** Propia

En la figura 25 se puede observar la arquitectura aplicada en el software “IDC LOGISTICS LAB”, en esta se puede observar la interacción entre la capa de datos, lógica y presentación, además de los objetos o métodos y el servidor de la base de datos, es de importancia el flujo de información en ambas direcciones entre las tres capas programadas.

## 5.6 Especificación de requerimientos del software

La especificación del software se hace de acuerdo al estándar “*IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications (IEEE/ANSI 830-1993)*”.

### Requerimientos de software

- Paquete *Microsoft Office*.
- *Microsoft ® SQL Server ®2008 R2 SP2- Express Edition*.
- *Microsoft Windows XP Mínimo*.

### Requerimientos de hardware

- Disco duro de 20 GB libre, (recomendado)
- Memoria RAM 512 MB mínimo (recomendado)
- Monitor 1024 x 768
- Antena *RFID ThingMagic Intermec*
- Lector *RFID Mercury 4.0*
- *Router*
- Impresora POS 80 líneas
- Impresora *RFID DATAMAX H CLASS 4212*
- Impresora de tinta o laser convencional
- Lectores código de barras
- Etiquetas *RFID* y tipo impresión de barras

La arquitectura del software IDC LOGISTICS LAB está estructurado bajo el principio de arquitectura 3 capas con el fin de tener un código flexible y diseñado para soportar cambios por módulos sin afectar el funcionamiento de la aplicación en su totalidad, en esta fase además se ilustraron las interfaces diseñadas con parámetros dinámicos y fáciles de interpretar para lograr la relación armónica entorno usuario. Se identificaron los casos de uso los procesos que manejan la mayor cantidad de información.

## 6. FASE 5: PUESTA A PRUEBA, RETROALIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN REAL.

En esta fase se realiza el último paso en el diseño e implementación de las herramientas, se realiza la simulación para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S, también se muestran los resultados de las pruebas de la MERCATIENDA PABLO VI, los cuales sirvieron para identificar las falencias y errores potenciales que se pueden presentar, así como las posibles soluciones que se proponen para atacar estos inconvenientes, todo dependiendo del tipo de organización.

### 6.1. Caso académico

Para la simulación del caso académico en el software (IDCLOGISTICS LAB) se da continuidad al caso aplicado tratado en capítulos anteriores “**Construimos de Colombia S.A.S**”, se toma el mismo portafolio de productos y se realizan pruebas para los procesos de recepción, inventario y facturación.

Figura 26 Componentes Laboratorio de Logística de la Facultad de Ingeniería Industrial



Fuente:<http://industrial.utp.edu.co/laboratorios/movil-logistica/componentes.html>

El software IDCLOGISTICS LAB está diseñado para soportar códigos de barras y RFID, a continuación se presentan las características para cada tecnología.

Tabla 30 Comparación códigos de barras Vs RFID

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Códigos de barras</b>	<b>RFID</b>
Captura mediante contacto visual	Captura automática
Lectura de uno a uno	Lectura simultanea
Identificación genérica del producto	Identificación individual de cada ítem
Acceso limitado a la información	Información on-line de acceso veloz

Durante la simulación se presentan inconvenientes de procedimientos y actividades que son independientes de la lógica del software.

En el proceso de recepción por códigos de barras se realiza la toma de información uno a uno para cada referencia, este proceso se vuelve dispendioso cuando se manejan grandes volúmenes de mercancía, en contraste la tecnología RFID permite operar sobre grandes cantidades con tiempos de respuesta cortos e información con alto grado de confiabilidad.

Cuando los productos ya se encuentran almacenados y clasificados se pueden realizar verificaciones periódicas para comparar la información del sistema y las existencias físicas, el inventario mediante códigos de barras requiere tiempos de operación extensos, no obstante el realizar este proceso mediante códigos RFID se pueden ver los resultados del inventario instantáneamente.

El software IDCOGISTICS LAB tiene la capacidad de realizar el proceso de facturación por medio de la tecnología de códigos de barras y RFID bajo el mismo principio de velocidad y calidad de los procesos de recepción e inventario, para facturación con códigos de barras se debe hacer la lectura uno a uno de forma visual para que la lectura sea efectiva, por otro lado la tecnología de radio frecuencia asegura de forma rápida la lectura de todos los productos sin necesidad de tener contacto visual haciendo aumentando el nivel de servicio.



### **6.1.1 Parámetros de entrada algoritmo genético en el software “IDC LOGISTICS LAB” para el modelo de cantidad económica del pedido para múltiples productos para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S**

Para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S se dieron a conocer las diferentes políticas de almacenamiento, capital, costos (almacenamiento y mantenimiento), existencias de seguridad, demandas proyectadas, y demás criterios para el modelo mencionado anteriormente solucionando el interrogante de cuanto se debe pedir y principalmente optimizando la función de costos que está directamente ligada a las cantidades.

La determinación de las cantidades a pedir se convierte en el enlace principal entre la necesidad de aprovisionamiento y de administración de la información, para ilustrar de manera puntual la conexión entre la técnica de algoritmos genéticos y el software “IDC LOGISTICS LAB” se utiliza el caso del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S en el cual se manejan una serie de productos para la construcción que se distribuyen a un conjunto de almacenes en el eje cafetero, debido a los alcances que tiene la herramienta informática se planteó un escenario en el cual se necesita encontrar la combinación óptima para un máximo de 5 productos, esta información será considerada como entrada para la técnica meta heurística, esta se encargara de proporcionar una serie de opciones o variantes que serán presentadas al administrador del almacén o centro de distribución, se debe aclarar que por ser estas soluciones de carácter opcional se deja al criterio de la persona la decisión de tomar o no la sugerencia, cabe resaltar que en un contexto real tomar decisiones de esta dimensión no depende únicamente de la sugerencia, también se deben tener en cuenta las diversas situaciones y políticas que afecten las decisiones internas, todo lo anterior mencionado se enmarca en el objetivo básico de beneficiar a la organización.

A continuación se muestra el registro de los parámetros iniciales para la corrida del algoritmo genético de la cantidad económica de pedido para múltiples productos en el software “IDC LOGISTICS LAB” para el centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S

P1: CEMENTO  
P2: VARILLA  
P3: LADRILLOS  
P4 TEJAS  
P5: PINTURA

$k_i$ = Costo preparación  
 $c_i$ = Costo producto  
 $\lambda_i$ = Tasa de demanda  
 $h_i$ = Costo mantener inventario  
 $w_i$ = Espacio ocupado por el producto

Tabla 1 Tabla 31 Datos iniciales caso aplicado

DATOS INICIALES					
	P1	P2	P3	P4	P5
Ci	35.000,00	10.500,00	850,00	17.000,00	95.000,00
Λi	46.805,54	42.866,34	59.384,17	28.296,81	85.307,17
Hi	8.750,00	2.625,00	212,0	4.250,00	23.750,00
Wi	0,03	0,06	0,0012	0,112240	0,0262
Ki	260,00	50,00	8,500	130,00	60,00

En el apartado 3.3.2 se obtuvo una solución mediante un método analítico, este parte de suposiciones y de un índice que mide el porcentaje de utilización de recursos disponibles, a partir de este se utiliza dicho índice para encontrar las soluciones factibles, todo lo anterior realizado a conveniencia y sin realizar un esfuerzo mayor.

Gracias a este método manual se encontró una combinación factible de las cantidades de productos para el centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S

P1 =11.225,37      P2=13.417,53      P3= 10.885,00      P4=8.602,53      P5=51.973,70

En la actualidad diferentes centros de distribución utilizan metodologías manuales como la descrita anteriormente, en algunos casos aun sin realizar este trabajo manual, para tomar decisiones se basan en criterios y supuestos que no tienen un soporte formal, por todo esto dentro del software IDC LOGISTICS LAB existe un módulo de herramientas de algoritmo genético, en este se deben registrar los datos como costos unitarios de los productos a evolucionar, demandas pronosticadas, costos de mantener el inventario, costos de preparación, volumen ocupado por los mismos, tamaño de población, numero de generaciones, almacenamiento y capital máximo.

A continuación se mostraran los resultados para el caso de los 5 productos del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S solucionado por medio del módulo de algoritmo genético del software IDC LOGISTICS LAB.

### **6.1.2 Resultados algoritmo genético en el software “IDC LOGISTICS LAB” para el modelo de cantidad económica del pedido para múltiples productos para el caso aplicado del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S**

Como se mencionó anteriormente uno de los puntos neurálgicos de los centros de distribución es la cantidad de unidades a pedir, debido a que a partir de esta se activan los diferentes procesos que le dan continuidad a este como: Almacenamiento, Inventario, Traslado, despacho, entre otros. Una premisa inicial en la operación de un

centro de distribución es la idea de abastecerse para poder atender la demanda que se presenta en cada periodo, la relación cliente- CEDI y CEDI- Proveedor es una de las razones por la cual se origina la idea de la creación del software “IDC LOGISTICS LAB”, este permitirá dar un acercamiento de la cantidad económica del pedido asociada a un grupo de productos y realizar un manejo integral de la información al interior de la organización.

Para el caso del centro de distribución Construimos de Colombia S.A.S se obtuvieron los siguientes resultados por medio del software IDC LOGISTICS LAB. (Para mayor detalle revisar el anexo (informe evoluciones algoritmos genético caso aplicado centro de distribución construimos de Colombia S.A.S.)

## **ITEMS**

### **ENTRADA**

**Resolución:** 17 Bits

**Tamaño Población:** 20 Individuos

**Numero Generaciones:** 100

**Probabilidad Cruce:** 40%

**Probabilidad Mutación:** 10%

**Almacenaje Máximo:** 6.000 m<sup>3</sup>

**Capital Máximo:** \$ 8.500.000.000

### **SALIDA**

- **Mejor Combinación :**

P1= 27.176 Uds.

P2= 30.466 Uds.

P3= 38.408 Uds.

P4= 13.736 Uds.

P5= 60155 Uds.

- **Total Cantidades:**

T= 169941 Uds.

- **Capital Máximo Usado:**

\$ 7.251.936.768,00

- **Espacio Máximo Usado:**

5.807,12 (m<sup>3</sup>)

- **Valor Función Objetivo**

\$ 906.483.008

Como se puede evidenciar en los resultados del algoritmo genético nos sugiere realizar un pedido de 169941 Uds. Estas están distribuidas así: 27.176, 30.466, 38.408, 13.736, 60.155, Uds. respectivamente de Cemento el fuerte, Varilla, Ladrillo estándar, Teja y Pintura.

El objetivo de minimizar los costos de mantener el inventario y de realizar un pedido ascendió a \$ 906.483.008, se optimizaron tanto las cantidades a pedir maximizándose y minimizando el costo mencionado anteriormente, para obtener estos resultados se corrió el algoritmo genético durante 100 generaciones con individuos codificados de manera binaria con 17 Bits de resolución, con una probabilidad de cruce y mutación de 40 % y 10 % respectivamente, si se analiza el porcentaje de utilización de los recursos disponibles, se puede observar que el genético converge para los recursos monetarios en un 85 % de inversión de capital y un 96% en el bodegaje proyectado para almacenar los productos que se van a aprovisionar, los tiempos de procesamiento asociados a las corridas no fueron tan significativos lo cual soporta la hipótesis de la eficacia y velocidad de los algoritmos genéticos.

Como se ha mencionado con anterioridad los resultados obtenidos mediante esta técnica evolutiva sirven como una directriz para los administradores de los centros de distribución con la cual pueden proyectar el impacto de las actividades operativas del centro de distribución, lo más relevante de la herramienta implementada en el actual trabajo de grado es la versatilidad de la misma, debido que se pueden plantear diversos escenarios de recursos de capital, almacenamiento y los diferentes parámetros, en síntesis se puede realizar un análisis de sensibilidad mediante diferentes modelamientos observando el comportamiento hipotético de si se cuentan con recursos ilimitados o por el contrario se tienen escasos recursos para optimizarlos mediante esta herramienta.

## **6.2. Pruebas en PYME “MERCATIENDA PABLO VI”.**

El crecimiento en las necesidades de las pequeñas y medianas empresas ha generado una constante evolución en la acogida de nuevas tecnologías que en el pasado eran asequibles solo para organizaciones con gran capital, además el desconocimiento de los resultados que brindan estas tecnologías fue una razón para que su implementación se retrasara, una prueba clara es la implementación de aplicaciones y tecnologías de administración de inventarios en la Merca tienda Pablo Sexto, esta es una tienda comercializadora de productos al por mayor y al detalle de la canasta familiar, productos de ferretería y eléctricos, materiales para la construcción, frutas y verduras, carnicería, papelería, etc. Ofreciendo de esta manera productos de diferente tipo para suplir las necesidades de los clientes ubicados en el sector.

### **Misión**

Merca tienda Pablo Sexto ofrece productos de la canasta familiar, productos de primera necesidad, eléctricos y de construcción de excelente calidad y a precios razonables, brindando un alto nivel de servicio al cliente con rapidez y amabilidad asegurando de esta manera la fidelización de sus clientes con compromiso de precios bajos.

### **Visión**

Merca tienda pablo sexto para el 2013 desea incrementar el volumen de ventas en un 15% para satisfacer la demanda creciente del mercado municipal y sus alrededores, partiendo del reconocimiento adquirido en el tiempo de operación.

### **Valores**

- Orientación al cliente.
- Rapidez
- Amabilidad

### **Pruebas manual. Código de Barras y RFID en MERCATIENDA PABLO VI**

Para efectuar las pruebas relacionadas con el software (IDCLOGISTICS LAB) y la utilización de los procedimientos de identificación de productos, por códigos de barras y RFID; su respectiva comparación con el método manual de los procesos de recepción, facturación, traslados, inventarios y despacho; para esto se identificaron los 5 productos con mayor volumen de comercialización. A continuación se listan los 5 productos y sus características.



**Tabla 32 Productos significativos CEDI Construimos de Colombia S.A.S**

<b>PRODUCTOS</b>	<b>PRESENTACION</b>
ARROZ	ARROZ X 25 KG
AVENA HOJUELAS	AVENA X 20 KG
AZUCAR	AZUCAR X 25 KG
HARINA DE TRIGO	HARINA X 25 KG
FRIJOL CARGAMANTO	FRIJOL X 50 KG

**Tabla 33 Resultados proceso de facturación MERCATIENDA PABLO VI**

MERCATIENDA PLABLO SEXTO						
INDICADORES PROCESO DE FACTURACION						
<b>Nombre del proceso:</b>		Facturación				
<b>Responsable proceso:</b>		CAMILO				
<b>Descripción:</b>		Comparación para Factura de ventas				
<b>UNIDADES 1:</b>		50				
<b>UNIDADES 2:</b>		30				
<b>UNIDADES 3:</b>		60				
PRUEBA	TIPO/VARIA	MAN OBRA	COST X HORA	TIEMPO (min)	COST TOTAL	TASA DE SERVICIO
1	MANUAL	1	2500	5	208	600
	COD BARRAS	1	2500	2	83	1500
	RFID	1	2500	0,5	21	6000
2	MANUAL	1	2500	4	167	450
	COD BARRAS	1	2500	1	42	1800
	RFID	1	2500	0,5	21	3600
3	MANUAL	1	2500	4	167	900
	COD BARRAS	1	2500	2,5	104	1440
	RFID	1	2500	0,5	21	7200

CASO 1		CASO 2		CASO 3	
UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO
20	Arroz por 25 kg	15	Azúcar por 25 kg	30	Arroz por 25 kg
20	Azúcar por 25 kg	15	Harina de trigo por 25 kg	30	Azúcar por 25 kg
10	Harina de trigo por 25 kg				

La tabla presenta los resultados de realizar el proceso de facturación de forma manual, códigos de barras y RFID obtenidos mediante el software IDC LOGISTICS LAB.

Para el proceso de facturación se tomó aleatoriamente los pedidos que se observan en la tabla 32 las unidades que corresponden a estos pedidos son 50, 30 y 60 respectivamente, consolidando la totalidad de los diversos productos de cada muestra.



El proceso de facturación manual inicia cuando los productos se encuentran en la zona de facturación, el servidor comienza a diligenciar el formato de la factura, seguidamente inicia el registro de cada uno de los productos con su descripción, unidades y precios asociados, además se debe verificar que los productos físicamente correspondan con los productos registrados y procede a realizar los cálculos que determinan el valor de la factura.

El proceso de facturación con códigos de barras inicia cuando los productos se encuentran en la zona de facturación, el servidor inicia el registro de los productos uno a uno mediante códigos de barras, al finalizar el registro guarda los cambios y automáticamente se genera la factura con su respectivo valor.

El proceso de facturación con RFID inicia cuando las unidades se ubican en la zona de facturación, se hace la lectura automática por medio de las antenas de radio frecuencia y el sistema genera la factura.

Tabla 34 Resultados proceso de despacho MERCATIENDA PABLO VI

MERCATIENDA PABLO VI						
INDICADORES PROCESO DE DESPACHO						
<b>Nombre del proceso</b>		Despacho				
<b>Responsable proceso:</b>		CAMILO				
<b>Descripción:</b>		Comparación para Despacho de mercancías				
<b>UNIDADES 1:</b>		50				
<b>UNIDADES 2:</b>		30				
<b>UNIDADES 3:</b>		60				
PRUEBA	TIPO/VARIABLES	MANO DE OBRA	COSTO X HORA	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL	TASA DE SERVICIO
1	MANUAL	1	2500	5,5	229	545,4545455
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	2	83	1500
	RFID	0	2500	0,25	10	12000
2	MANUAL	1	2500	4,2	175	428,5714286
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	1	42	1800
	RFID	0	2500	0,25	10	7200
3	MANUAL	1	2500	4	167	900
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	2,5	104	1440
	RFID	0	2500	0,25	10	14400

CASO 1		CASO 2		CASO 3	
UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO
20	Arroz por 25 kg	15	Azúcar por 25 kg	30	Arroz por 25 kg
20	Azúcar por 25 kg	15	Harina de trigo por 25 kg	30	Azúcar por 25 kg
10	Harina de trigo por 25 kg				

La tabla presenta los resultados de realizar el proceso de despacho de forma manual, códigos de barras y RFID obtenidos mediante el software IDC LOGISTICSLAB.

Para el proceso de despacho se tomó la mismas muestras del proceso de facturación que se observan en la tabla 33, las unidades que corresponden a estos pedidos son 50, 30 y 60 respectivamente, consolidando la totalidad de los diversos productos de cada muestra.

El proceso de despacho manual inicia cuando la mercancía se encuentra ubicada en el muelle de despacho, se relacionan en el formato de despacho las unidades correspondientes, se verifica físicamente el pedido y por último se registra la información del encargado de transporte y la guía que debe seguir.

El proceso de despacho por medio de códigos de barras inicia cuando el pedido se encuentra en el muelle de salida, se relaciona la factura con la información del conductor mediante el sistema se verifica unidades físicas y las de facturación y finaliza el proceso.

El proceso de despacho mediante códigos de radio frecuencia inicia y finaliza cuando la mercancía pasa a través de las antenas de radio frecuencia.

**Tabla 35 Resultados proceso de recepción MERCATIENDA PABLO VI**

MERCATIENDA PABLO VI						
INDICADORES PROCESO DE RECEPCION						
<b>Nombre del proceso</b>		Recepción				
<b>Responsable proceso:</b>		Camilo				
<b>Descripción:</b>		Comparación para Recepción de pedidos				
<b>UNIDADES 1:</b>		88				
<b>UNIDADES 2:</b>		51				
<b>UNIDADES 3:</b>		80				
PRUEBA	TIPO/VARIABLES	MANO DE OBRA	COSTO X HORA	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL	TASA DE SERVICIO
1	MANUAL	1	2500	9,2	383	326,0869565
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	4,5	188	666,6666667
	RFID	0	2500	0,255	11	11764,70588
2	MANUAL	1	2500	6,4	267	281,25
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	3,6	150	500
	RFID	0	2500	0,25	10	7200
3	MANUAL	1	2500	9,2	383	391,3043478
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	4,5	188	800
	RFID	0	2500	0,255	11	14117,64706

CASO 1		CASO 2		CASO 3	
UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO
20	Arroz por 25 kg	15	Azúcar por 25 kg	30	Arroz por 25 kg
20	Avena Hojuelas por 20 Kg	15	Frijol cargamanto por 50 Kg	30	Avena Hojuelas por 20 Kg
10	Azúcar por 25 kg	21	Harina de trigo por 25 kg	20	Azúcar por 25 kg
20	Harina de trigo por 25 kg				
18	Frijol cargamanto por 50 Kg				

**La tabla presenta los resultados de realizar el proceso de recepción de forma manual, códigos de barras y RFID obtenidos mediante el software IDC LOGISTICSLAB.**

Los resultados en el proceso de recepción se muestran en la tabla 34, para este caso se tomaron cantidades de 88, 51 y 80 respectivamente, al igual que en los procesos

anteriores cada uno de estos pedidos o muestras está compuesto por una mezcla de algunos de los 5 productos objeto de estudio.

El proceso de recepción manual descrito de una manera general inicia cuando llegan las existencias al almacén se realiza el descargue de las unidades y se verifica la orden de compra emitida en conjunto con la factura y el pedido, una vez se haya dado el visto bueno se procede a ingresarlos en el Kardex y se ingresan la bodega predeterminada de almacenamiento.

El proceso de recepción con códigos de barras inicia cuando se descarga la mercancía, se realiza la lectura de productos uno a uno, se guardan los datos en el sistema y se ingresan los productos a la bodega de almacenamiento.

El proceso de recepción mediante radio frecuencia inicia cuando se descarga la mercancía, esta pasa a través de las antenas, automáticamente la información se almacena en la base de datos y se procede a llevar los productos a la bodega predeterminada.

Tabla 36 Resultados proceso de traslado MERCATIENDA PABLO VI

MERCATIENDA PABLO VI						
INDICADORES PROCESO DE TRASLADO						
<b>Nombre del proceso</b>		Traslado				
<b>Responsable proceso:</b>		CAMILO				
<b>Descripción:</b>		Comparación para Traslado de productos				
<b>UNIDADES 1:</b>		40				
<b>UNIDADES 2:</b>		20				
<b>UNIDADES 3:</b>		10				
PRUEBA	TIPO/VARIABLES	MANO DE OBRA	COSTO X HORA	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL	TASA DE SERVICIO
1	MANUAL	1	2500	4,3	179	697,6744186
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	1,1	46	2727,272727
	RFID	0	2500	0,19	8	15789,47368
2	MANUAL	1	2500	2,95	123	610,1694915
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	0,67	28	2686,567164
	RFID	0	2500	0,17	7	10588,23529
3	MANUAL	1	2500	0,76	32	4736,842105
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	0,57	24	6315,789474
	RFID	0	2500	0,07	3	51428,57143

CASO 1		CASO 2		CASO 3	
UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO
20	Arroz por 25 kg	13	Azúcar por 25 kg	6	Arroz por 25 kg
10	Azúcar por 25 kg	7	Harina de trigo por 25 kg	4	Azúcar por 25 kg
10	Harina de trigo por 25 kg				

La tabla presenta los resultados de realizar el proceso de traslado de forma manual, códigos de barras y RFID obtenidos mediante el software IDC LOGISTICSLAB.

Los resultados del proceso de traslado se enseñan en la tabla 35, este caso se presenta cuando la bodega de exhibición se desabastece y se requiere ubicar nuevamente productos en esta, se traslada la mercancía desde la bodega de almacenamiento hasta la bodega de exhibición.

El proceso de traslado de forma manual se realiza con el traslado de mercancía de una bodega a otra (almacenamiento, exhibición), se cuentan las unidades y se trasladan las existencias de productos de un libro a otro y finaliza el proceso.

El proceso de traslado de mercancía mediante códigos de barras se realiza físicamente de la misma forma que la manual, se hace la lectura de la mercancía a trasladar uno a uno se saca físicamente y se ingresa al otro almacén mediante códigos de barras; automáticamente se realizan los cambios de información en el sistema.

Los traslados mediante códigos de radio frecuencia se realizan al pasar las unidades a través de las antenas de radio frecuencia ubicadas en las entradas de la bodega, los cambios se realizan automáticamente en el sistema.

Tabla 37 Resultados proceso de inventario MERCATIENDA PABLO VI

MERCATIENDA PLABLO VI						
INDICADORES PROCESO DE INVENTARIO						
<b>Nombre del proceso</b>		Traslado				
<b>Responsable proceso:</b>		Camilo				
<b>Descripción:</b>		Comparación para el proceso de inventarios				
<b>UNIDADES 1:</b>		300				
<b>UNIDADES 2:</b>		290				
<b>UNIDADES 3:</b>		384				
PRUEBA	TIPO/VARIABLES	MANO DE OBRA	COSTO X HORA	TIEMPO (minutos)	COSTO TOTAL	TASA DE SERVICIO
1	MANUAL	1	2500	33,3	1388	90,09009009
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	12,5	521	240
	RFID	0	2500	1,75	73	1714,285714
2	MANUAL	1	2500	40,36	1682	44,59861249
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	10,6	442	169,8113208
	RFID	0	2500	2,81	117	640,569395
3	MANUAL	1	2500	27,56	1148	130,6240929
	CODIGO DE BARRAS	1	2500	16	667	225
	RFID	0	2500	1,96	82	1836,734694

CASO 1		CASO 2		CASO 3	
UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO	UNIDAD	TIPO DE PRODUCTO
34	Arroz por 25 kg	89	Arroz por 25 kg	56	Arroz por 25 kg
59	Avena Hojuelas por 20 Kg	27	Avena Hojuelas por 20 Kg	67	Avena Hojuelas por 20 Kg
80	Azúcar por 25 kg	42	Azúcar por 25 kg	130	Azúcar por 25 kg
76	Harina de trigo por 25 kg	20	Harina de trigo por 25 kg	40	Harina de trigo por 25 kg
51	Frijol Cargamanto por 50 Kg	112	Frijol Cargamanto por 50 Kg	91	Frijol Cargamanto por 50 Kg

La tabla presenta los resultados de realizar el proceso de inventarios de forma manual, códigos de barras y RFID obtenidos mediante el software IDC LOGISTICS LAB.



Los resultados de las pruebas por los métodos manuales, código de barras y RFID del proceso de **inventario** se muestran en la tabla 36; este se realiza periódicamente en los almacenes con el objetivo de verificar las existencias en el sistema y las que aparecen físicamente.

El proceso de inventarios manual se realiza contando cada una de las unidades y verificando sus existencias con la información suministrada en los libros. Si se presenta incoherencia se actualiza la información con la que aparece físicamente

El proceso de inventarios mediante radio frecuencia se da al ejecutar la aplicación, automáticamente realiza la lectura de los productos que se tienen en la bodega de cobertura de las antenas de radio frecuencia que están posicionadas de tal forma que se optimice el espacio, finalmente el inventario se actualiza con la información que aparece en el sistema.

A continuación una tabla resumen donde se observa la variación en los costos y tasas de servicio al realizar los procesos con cada una de las 3 formas (manual, códigos de barras y RFID), de llevar el registro de los productos y su posterior administración.

Tabla 38 Resumen resultados procesos recepción, facturación, inventario, traslado y despacho MERCATIENDA PABLO VI

<b>FACTURA DE VENTA</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
MANUAL	542	1.950
CODIGO DE BARRAS	229	4.740
RFID	63	16.800
<b>DESPACHO MERCANCIAS</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
MANUAL	571	1.874
CODIGO DE BARRAS	229	4.740
RFID	31	33.600
<b>RECEPCIÓN</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
MANUAL	1.033	999
CODIGO DE BARRAS	525	1.967
RFID	32	33.082
<b>TRASLADOS</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
MANUAL	334	6.045
CODIGO DE BARRAS	98	11.730
RFID	18	77.806
<b>INVENTARIOS</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
MANUAL	4.218	265
CODIGO DE BARRAS	1.629	635
RFID	272	4.192

Tabla 39 Total costos manual, código de barras y *RFID*

<b>TOTALIDAD DE LOS PROCESOS</b>		
TIPO/VARIABLES	COSTOS (\$)	TASA SERVICIO (UNI/HORA)
TOTAL MANUAL	6.697	11.133
TOTAL CODIGO DE BARRAS	2.710	23.811
TOTAL RFID	415	165.480

La tabla totalidad de los procesos confirma la diferencia que representa el seleccionar la tecnología de códigos de barras, radio frecuencia o tomar la decisión de realizarlo de

forma manual, la decisión dependerá del encargado de administrar la bodega o almacén y los resultados que quiere alcanzar en el presente y futuro.

Durante la ejecución de la prueba se presentaron inconvenientes en los procesos que se realizan para la administración de los productos, mediante códigos de barras, de forma manual y códigos de radiofrecuencia. Se tuvo problemas iniciales en las conexiones de los equipos que deben estar integrados para que el sistema pueda convertir datos en información de forma eficiente, esto aconteció cuando las pruebas fueron por códigos de barras y RFID; para el caso manual durante los procesos se dan a notar los errores cometidos por el personal debido a lo complejo y dispendioso que es recordar y administrar en libros diarios la información que se debe almacenar en el momento que hay flujo de productos.

Una de las razones por las que en la actualidad todavía se usa la forma manual de llevar registros incluso en almacenes que manejan gran variedad de productos razón por la cual se presentan errores y demoras, perdiendo conocimiento acerca de lo que se tiene y dejando de vender productos por creer que no se tiene existencias, es por la falta de inversión y desconocimiento de todas las ventajas que puede otorgar la administración sistémica del almacén.

El encontrar los equipos adecuados es un inconveniente que impide dar el primer paso a los administradores de las bodegas y agregando la posición que se tiene inicialmente al decir que no sirve de nada tener elementos sin una aplicación que se encargue de integrarlos, aunque en la actualidad se están desarrollando diversas aplicaciones que se adaptan a las necesidades de las bodegas sin importar su tamaño.

La tecnología más utilizada en la actualidad es la de códigos de barras que brinda buenos resultados en el momento de registrar artículos y su respectiva identificación con ayuda de aplicaciones sencillas que facilitan la transformación de estos datos en información vital para la toma de decisiones de compra, venta y proyecciones futuras, aunque cuando se presentan volúmenes macros se queda corto puesto que se hacen demasiado extensos los tiempos de registro que disminuyen el flujo de productos y de información haciendo los estacionamientos más extensos, dando como resultado pérdidas enormes para las organizaciones perdiendo la capacidad de respuesta a los clientes y consumiendo mayores recursos; debido a esta situación se sitúa en la cumbre de las tecnologías de administración de productos los códigos de radio frecuencia.

La tecnología de RFID ofrece velocidad y exactitud en la toma de información, esta tecnología ha tenido una acogida lenta en Colombia debido a sus costos elevados de adquisición, aunque a medida que su implementación está creciendo se puede evidenciar la reducción en los costos pasando a ser más fácil de implementar por las pequeñas empresas que desean competir en el mercado global, de esta forma se ha podido evidenciar que la inversión inicial se ve retribuida por las ventajas que ofrece en el corto, mediano y largo plazo.

### **6.3. Falencias, errores críticos y posibles soluciones**

#### **Falencias y errores**

- La estandarización de los productos puede generar conflictos en el momento de utilizar el software, si no se tienen claras las diferencias de cantidades cuando se cambian los tamaños de lote o unidades logísticas, se pueden presentar faltantes o sobrantes en el inventario. Por ejemplo si ingresa un lote de 50 unidades y durante el almacenamiento se requiere dejar en unidades de empaquetamiento por 5 productos y se realiza el cambio por 10 productos se genera un sobrante de unidades logísticas que no coincide con el número de productos. De esta forma si se despacha los lotes a los clientes con errores es posible generar su pérdida e internamente el CEDI no sabría las unidades con las que realmente cuenta.
- Cuando se realizan procesos en el CEDI utilizando la tecnología de códigos de barras se pueden generar errores humanos, que generan inconsistencias en el inventario reflejados en sobrantes o faltantes de mercancía.
- La utilización de la radio frecuencia puede generar errores en lectura debido a posibles interferencias en las antenas y lectores ya sea por conexión incorrecta o problemas en el diseño de la bodega. Se pueden presentar situaciones en las que una antena de radio frecuencia tenga tanto alcance que tome dentro de su inventario unidades que corresponde a otra bodega o área del CEDI.
- Cuando el volumen de productos se incrementa se hace complejo realizar los procesos mediante códigos de barras debido a la cantidad de tiempo, recursos invertidos e incrementos en los errores de lectura, para solucionar este problema se recomienda dar paso a la tecnología de radio frecuencia.

#### **Posibles soluciones**

- Los empleados de los CEDIs deben tener capacitaciones que les den a conocer las políticas de almacenamiento y traslados puntualmente relacionadas con unidades de empaque para los lotes de cada producto. Además se debe generar conciencia del impacto que pueden generar las inconsistencias independientemente de la tecnología que se utilice (códigos de barras y radio frecuencia).

- Se debe dejar el diseño de la bodega en manos de personal especializado para evitar interferencias que colapsen el funcionamiento de la tecnología de radio frecuencia.

## **7. Limitantes e inconvenientes encontrados.**

- Como antecedentes en la facultad de Ingeniería Industrial en el programa de pregrado no se han propuesto (o se han hecho muy poco) en investigaciones o trabajos de grado similares o a fines relacionados con la optimización y administración de inventarios y procesos internos en un CEDI.
- Por la naturaleza del trabajo de grado se hace necesario la utilización de tecnologías de identificación por radio frecuencia y códigos de barras los cuales tienen acceso restringido dentro del laboratorio de logística ocasionando un despliegue de tiempo y recursos para desplazarse hacia el mismo y poder realizar pruebas parciales.
- La información asociada a los procesos internos de las grandes compañías suele ser de tipo confidencial, es aquí donde aparecen una serie de cuestionamientos y especulaciones sobre las formas de operación de estas empresas, lo anterior si se tiene en cuenta que muchas de las pequeñas empresas realizan sus actividades de manera empírica y desconocen los procesos estandarizados y las tecnologías que optimizan los recursos de estas.
- En la consecución de resultados de las mejores configuraciones de cantidad económica del pedido se propuso para el caso aplicado del CEDI Construimos de Colombia S.A.S un total de 5 productos (Cemento, Varilla, Teja, Pintura y Ladrillo) debido a que el esfuerzo computacional de la maquina se va incrementando a medida que aumenta la cantidad de productos generando un desbordamiento en la capacidad de solución, es por esto que según los resultados obtenidos se proyecta que la metodología propuesta soporta hasta un máximo de 10 productos generando tiempos de respuesta bastante elevados.
- La aplicación e implementación de nuevas tecnologías consta de 5 pasos, el aprendizaje, análisis, experimentación, evaluación y adopción, en el entorno colombiano las organizaciones se encuentran situadas en la segunda etapa (análisis) en cuanto a implementación de tecnologías de codificación como la radiofrecuencia, por esta razón se retrasa tanto la adopción de las mismas en los sectores de negocios en Colombia.

## 8. Conclusiones

- En los sectores económicos del país la sistematización de los procesos más que una opción se ha convertido en un requisito para las organizaciones que deseen alcanzar un alto nivel de servicio, reconocimiento y permanencia en los mercados, toda esta estandarización se hace necesaria con el fin de utilizar mecanismos que permitan lograr un alto grado de productividad en todos los procesos internos además de los relacionados con los clientes y los proveedores.
- Se investigó material bibliográfico para conocer las principales características que debe poseer un centro de distribución para generar valor agregado a sus productos, mantenerse en el tiempo y realizar buenas prácticas operacionales que contribuyan a la consecución de sus objetivos y al aumento de la productividad.
- Se obtuvo una visión general sobre la utilización de las herramientas logísticas, la identificación y administración de procesos implementados en las grandes empresas de la región, gracias a la colaboración de estas en acercamientos y visitas de tipo académico, logrando plasmar el enfoque funcional logístico de las grandes empresas de la región para efectos de este trabajo de grado.
- Se reconocieron y se adoptaron los aspectos positivos de poseer inventarios y se orienta sobre el manejo de los mismos, rompiendo paradigmas como en casos en los que las organizaciones consideran el mantenimiento y adquisición de los inventarios como un costo adicional y generador de malestar entre los gerentes y coordinadores de almacenes.
- Las variables y parámetros del modelo de administración de inventarios están identificadas de manera que permiten simular el comportamiento real que se genera en el ejercicio de los CEDIs, es por esta razón que intervienen dentro del modelo estudiado en este proyecto la demanda, nivel de inventarios, cantidad óptima de compra, capital y espacio disponible, que a su vez brindan un diagnóstico para la toma de decisiones futuras.
- El modelo de cantidad económica del pedido es ideal y las características de este se plantean sobre un panorama de supuestos, para efectos de este trabajo de grado se trabajó con la metodología Multi-producto que refleja una de las decisiones realmente difíciles de tomar, no solo consiste en decidir las existencias de un solo producto, también se debe encontrar la combinación

factible a pedir que minimice los costos de mantener el inventario y de preparar una orden.

- En el desarrollo del presente trabajo de grado se puede corroborar el funcionamiento de un algoritmo genético aplicado a un problema del mundo real, puntualmente a la configuración factible de la cantidad económica del pedido para 5 productos del caso aplicado en el centro de distribución construimos de Colombia S.A.S. Se comprobó actuación de los operadores internos de los algoritmos genéticos, los cuales dirigen la búsqueda de la mejor solución factible, demostrando de esta manera que los algoritmos evolutivos exploran espacios de búsqueda complejos en los que algunos de los métodos de optimización convencionales resultan ser ineficientes.
- Una de las más grandes ventajas de los algoritmos genéticos es la proposición de diversas soluciones factibles de buena calidad cada vez que se ejecute el algoritmo, brindando de esta manera una amplia gama de soluciones que sirven como información primaria en la toma de decisiones gerenciales.
- La adaptación del problema al modelo de algoritmos genéticos y la abstracción de población, individuo, cromosoma y alelo fue acertada dado que en ninguna etapa del proceso fue necesario hacer un nuevo planteamiento del modelo.
- Los resultados del caso aplicado en el CEDI Construimos de Colombia S.A.S fueron obtenidos bajo la simulación de casos puntuales de demanda y abastecimiento, consiguiendo el objetivo de brindar una directriz cuantitativa al momento de realizar la compra de existencias, con la premisa de limitación de recursos en escenarios que se presentan a diario en las organizaciones, que en muchas ocasiones gracias a la presión del entorno genera la toma de decisiones erróneas que derivan en una pérdida económica y finalmente generan consecuencias irreversibles en los movimientos financieros de las organizaciones.
- La diagramación de los procesos permite conocer la estructura del flujo de información, facilitando la comprensión de los movimientos complejos que se realizan en la administración de inventarios.
- La normalización y estandarización de la base de datos permite facilitar la comprensión de la lógica y el funcionamiento de los movimientos internos, generando la posibilidad de estudios adicionales que permitan complementar esta base de datos.

- Una de las hipótesis de este trabajo plantea la posibilidad de contar con una herramienta que permita administrar procesos y procedimientos en un CEDI, para dar respuesta a este interrogante aparece el software “IDCLOGISTICS LAB” que brinda una interfaz amigable y dinámica que permite controlar las entradas y salidas de cada proceso para poder optimizar las actividades en un CEDI.
- Las pruebas realizadas en la administración de inventarios del programa evidenciaron las diferencias que se esperaban inicialmente en los resultados, cuando se utilizan los diferentes métodos y herramientas logísticas ya sea para códigos de barras y RFID en la ejecución de los procesos.
- Para la entrega de resultados en forma adecuada el software IDC LOGISTICS LAB cuenta con la opción de presentación de informes ejecutivos y gerenciales, brindando de esta manera resultados claros, precisos y sintetizados que permiten la comprensión de la información, dando paso a soluciones, toma de decisiones y proyección de indicadores e información vital para la organización.
- Gracias a este proyecto se generó una propuesta vanguardista creada en el Laboratorio Móvil de Logística de la Facultad de Ingeniería Industrial que permite administrar procesos y procedimientos en un CEDI mediante tecnologías de identificación de códigos de barras y radio frecuencia, fortaleciendo las línea de investigación que relacionan administración de inventarios y buenas practicas logísticas.



## 9. Sugerencias y recomendaciones

- Las pruebas realizadas a la PYME merca tienda Pablo VI demuestran la integralidad y operatividad del software IDC LOGISTICS LAB, si se desea implementar de forma masiva esta herramienta en el contexto real variables como desempeño, usabilidad y rendimiento del mismo dependen directamente de la organización interna del CEDI o almacén, es decir se deben tener controlados e identificados todos los procesos para que en conjunto con estos el sistema funcione de forma óptima.
- El modelo de cantidad económica de pedido abordado en este trabajo de grado presenta una serie de características ideales enmarcadas en un contexto supuesto, aunque muchas organizaciones funcionen con los principios en los cuales se basa este modelo en algunas se presentan diferentes fenómenos que hacen variar estas condiciones y que son difíciles de abstraer e incluir en un modelo de inventarios, por todo esto se puede en futuras investigaciones incluir estas variables dentro del modelo que generan resultados que aporten información relevante en la planificación, organización, dirección y toma de decisiones.
- El algoritmo genético da soluciones para la cantidad económica del pedido para una combinación de 5 productos, en la vida real los centros de distribución comercializan cientos de productos y referencias, por esto se sugiere que el usuario del algoritmo genético incluido dentro del software IDC LOGISTICS LAB realice las corridas generando grupos de 5 productos hasta llegar al total del portafolio ofrecido.
- Gracias a la flexibilidad del modelo se pueden generar variantes en la metaheurística utilizada en el presente trabajo de grado, para futuras investigaciones se puede generar algoritmos diferentes como colonia de hormigas, recocido simulado, búsqueda tabú, entre otros, los cuales brindan al igual que los algoritmos genéticos soluciones de muy alta calidad que soportan el comportamiento y la proyección de la información, además de su fácil implementación y modelamiento.
- El laboratorio de logística de la Facultad de Ingeniería Industrial es un espacio de investigación e innovación, este ha demostrado ser un punto de partida para desarrollar iniciativas que contribuyan al mejoramiento tanto de la Facultad de Ingeniería Industrial como de sus grupos de interés. por esta razón es importante que los estudiantes desde el inicio de su vida universitaria conozcan las herramientas logísticas que tiene la facultad.



## **Bibliografía**

LÓPEZ FERNÁNDEZ, Rodrigo. Diccionario: logística comercial En: Zona logística, 2008.

BADENAS, Víctor. Logística distribución transporte y entorno al centro logístico. En: Manutención y almacenaje 1999.

LAFUENTE, Carmina, etiquetas electrónicas: ampliando mercados, En: Manutención y almacenaje, 1999.

SALDARRIAGA RESTREPO, Diego Luis. Diccionario: Como elaborar un proyecto de construcción de un centro de distribución. En: Zona logística. 2008, ed. 41 Nº 42.

DIAZ, Celsa Isleny y ARIAS, Robinson Antonio. Una propuesta tecnológica basada en radiofrecuencia para apoyar el proceso de picking en los cuartos fríos de industria de alimentos ZENU S.A.S. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira, Risaralda: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial, 2010.

LÓPEZ, Diana, Rediseño de los procesos logísticos para una empresa industrial. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Pereira, Risaralda. Universidad Tecnológica De Pereira 2005.

Nahmias, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 edi. México.: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2007. 785 pág. 978970162395.

GRANADA, Mauricio. Algoritmos evolutivos y técnicas bio inspiradas, de la teoría a la práctica. Cap. 1 problemas del mundo real. Pereira.: 2009.

MRA & JAAR, Codificación Binaria de la Información. Consultado: 20 de diciembre de 2013. En <http://www.esi2.us.es/~jaar/Datos/FIA/T2.pdf>

SÁNCHEZ, Sergio. Normalización de base de base de datos [Online]. Consultado: 3 de marzo de 2013. En <http://www.slideshare.net/sesa78/normalizacion-de-base-de-datos-14102278>

DORADO Perea, Carles. El diseño del interfaz y la navegación [En línea]. Consultado: 28 de marzo de 2013. En: <http://www.xtec.cat/~cdorado/cdora1/esp/disseny.htm>

## **ANEXOS**

Anexo 1 Codificación Binaria y Decimal

Anexo 2 Diagrama Entidad Relación Base de Datos “CEDI”

Anexo 3 Video simulación Software “IDC LOGISTICS LAB”

Anexo 4 Informe evoluciones algoritmos genético caso aplicado centro de distribución construimos de Colombia S.A.S

Anexo 5 Código Fuente Algoritmo Genético

Anexo 6 Ayuda software IDC LOGISTICS LAB