

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS CON SIMULACIÓN EN
ARENA EN LA SOCIEDAD SOSERAUTO S.A.

LUIS CARLOS SILVA DUARTE

ID: 88810



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2012

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS CON SIMULACIÓN EN
ARENA EN LA SOCIEDAD SOSERAUTO S.A.

LUIS CARLOS SILVA DUARTE

ID: 88810

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO
ROLANDO JOSÉ ACOSTA AMADO, Ph D.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Julio de 2012

DEDICATORIA

Este gran paso que doy en la vida, mi título profesional, no sería posible sin la dirección de mi gran Dios y Salvador Jesucristo, a Él sea toda honra, gloria y majestad por siempre y para siempre.

La culminación de mi carrera profesional es el fruto del esfuerzo y la dedicación de mis padres, a ellos les debo todo lo que soy y lo que tengo, siempre estuvieron a mi lado y con sus palabras sabias y dulces me corrigieron y aconsejaron en todo momento.

Dedico este logro de manera muy especial a mis hermanos Marly y Jason quienes me brindan su amistad y cariño constantemente.

Quiero dedicar también este triunfo a Nathalie por ser esa mujer especial, virtuosa y comprensible quien me ha brindado su compañía y apoyo en la realización de este proyecto.

Comparto este logro con todos mis compañeros de clase con quienes a lo largo de todo este proceso me brindaron su compañía y amistad sincera, pasamos momentos agradables que nunca se borrarán de mi memoria.

A todas esas personas que contribuyeron a que mis sueños y metas se hicieran realidad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la empresa SOCIEDAD SOSERAUTO S.A. por la oportunidad que me brindó para el desarrollo de mi proyecto de grado.

Un profundo y sincero agradecimiento al Doctor y Maestro Rolando Acosta Amado por su tiempo, dedicación, orientación y consejos para el buen desarrollo de este proyecto de grado.

A mi amigo Oscar Mauricio Aponte García, Ingeniero Industrial y Gerente de la empresa SOCIEDAD SOSERAUTO S.A. por su valiosa colaboración y confianza depositada.

A la Universidad Pontificia Bolivariana por acogerme y ser mi hogar durante mi carrera profesional.

A toda mi familia en general por su apoyo incondicional.

GLOSARIO

Inventario: Inventario es “Una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo, para satisfacer una demanda futura.

Cadena de abastecimiento¹: La cadena de abastecimientos armoniza todas las actividades asociadas con el flujo y transformación de bienes desde la etapa de materias primas (extracción) hasta el usuario final, así como todos sus flujos de información asociados. Los materiales y la información fluyen en todos los sentidos, hacia arriba y hacia abajo, dentro de la cadena de abastecimientos.

Simulación²: Es una representación ficticia de una situación real, que se experimenta mediante modelos que son abstracciones de la realidad; el conocimiento adquirido en la simulación se aplica en el mundo real. Cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad. La primera acción y requisito previo a cualquier simulación, es un buen conocimiento del sistema real. La persona que enfrenta un problema que requiere simulación para analizarlo, necesita entender muy bien las condiciones reales, sus elementos, relaciones y metas, e imaginarlas como un sistema.

Sistema: Un sistema está compuesto por unas entradas, unos elementos internos que interactúan con el fin de lograr un objetivo común y unas salidas.

Demanda³: La demanda es la cantidad de bienes y/o servicios que los compradores o consumidores están dispuestos a adquirir para satisfacer sus

¹KOTLER, Philip. Dirección de Mercadotecnia, Octava Edición, Prentice Hall. Pág. 7.

²Blanco Rivero, Luis Ernesto. Fajardo Piedrhita, Iván Darío. Simulación con ProModel: Casos de Producción y Logística . 2ª.ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Marzo de 2003, P.3

³Ibíd., P.15

necesidades o deseos, quienes además, tienen la capacidad de pago para realizar la transacción a un precio determinado y en un lugar establecido.

Satisfacción del cliente: La satisfacción del cliente es un término propio del marketing que hace referencia a la satisfacción que tiene un cliente con respecto a un producto que ha comprado o un servicio que ha recibido, cuándo éste ha cumplido o sobrepasado sus expectativas.

Logística⁴: Es el proceso de planeación, implementación y control eficiente y efectivo del flujo y almacenamiento de materia primas, inventarios de productos en proceso y productos terminados y de toda la información desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes.

Gestión de Inventarios⁵: La gestión de un sistema de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Es el proceso encargado de determinar la cantidad de existencias que se han de mantener y el ritmo de pedidos para cubrir las necesidades de comercialización de un producto.

Punto de Reorden: Es la cantidad mínima que se debe tener de un producto, este punto de reorden alerta sobre cuándo se debe realizar un pedido al proveedor. Si la cantidad de inventario es menor al punto de reorden, hay altas probabilidades que no se satisfaga la demanda y se pierda un cliente.

Nivel Objetivo: Es la cantidad máxima que se debe tener de un producto, este nivel alerta que no se debe realizar un pedido al proveedor. Si la cantidad de

⁴Blanco Rivero, Luis Ernesto. Fajardo Piedrhitá, Iván Darío. Simulación con ProModel: Casos de Producción y Logística . 2ª.ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Marzo de 2003, P.212

⁵ Sven, Axâter. Inventory Control. 2ª.ed. Boston: Springer Science, 2006, P.2

inventario es mayor al nivel objetivo, posiblemente la empresa está incurriendo en sobre costos de inventario que al final del período en el estado de resultados se hace evidente.

Tamaño de Lote: Es la cantidad óptima en que se debe abastecer un producto. Es un pedido que se solicita al proveedor con las cantidades óptimas de un producto.

Simulación de Inventarios (s,S)⁶: El Modelo de Simulación (s,S) nos dice en qué punto del nivel de Inventario se debe realizar o colocar una orden de pedido y qué cantidad debe ser. $I(t)$ es el nivel de inventario al inicio del día (podría ser positivo, negativo ó cero) e $I(t) < s$, la empresa ordena $S - I(t)$ > igual s, la empresa no hace nada, deja que pase el día y verifica otra vez al inicio del día siguiente, esto es, en el tiempo $t+1$. Debido a la forma de esta política de revisión/llenado, a menudo a los sistemas como este, se les llama modelos de inventarios (s,S).

⁶KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con Software Arena. Cuarta Edición. Mc Graw Hill 2008 pág 245.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	22
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	23
1.2 PRODUCTOS DE LA EMPRESA	23
1.3 TAMAÑO DE LA EMPRESA	24
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	24
1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO	25
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCE	28
3. ANTECEDENTES	30
3.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS RELACIONADOS	30
4. JUSTIFICACIÓN	32
5. OBJETIVOS	34
5.1 OBJETIVO GENERAL	34
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
6. MARCO TEÓRICO	35
6.1 ALMACÉN	35
6.2 INVENTARIOS	35
6.3 ETAPAS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN	36
6.4 ANÁLISIS ABC- DE PARETO	38
6.5 SOFTWARE ARENA	39
6.6 SIMULACIÓN DE INVENTARIOS (s,S)	40
7. HISTORIAL DE VENTAS Y ANÁLISIS	41
7.1 ANÁLISIS DE PARETO	41
8. PROBABILIDADES DE LAS CANTIDADES DE REPUESTO POR PEDIDO DE CLIENTES Y SUS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD	45
8.1 PROBABILIDADES DE CANTIDAD DE REPUESTOS POR PEDIDO	45

8.2 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE LA DEMANDA POR REPUESTO	51
9. PROBABILIDADES DE TIPOS DE CLIENTE SEGÚN SU PREFERENCIA DE COMPRA Y TIEMPOS PARA LA SIMULACIÓN	53
9.1 PROBABILIDAD DE COMPRA DE CADA COMBINACIÓN DE REPUESTOS Y FRECUENCIA OBSERVADA	53
9.2 TIEMPO DE LLEGADA DE LOS CLIENTES	57
9.3 TIEMPO DE DESPACHO DE LOS REPUESTOS	57
10 MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA	59
11. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN (s,S) Y TAMAÑO DE LOTE ÓPTIMO PARA CONTROL DE INVENTARIO	66
11.1 DATOS DEL REPUESTO BANDAS FRENOS 4515X (INVENTARIO1)	67
11.1.1 Resultados Obtenidos del Software Arena	68
11.1.2 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución	68
11.2 RETEN TRASERO 20003 (INVENTARIO 2)	69
11.2.2 Resultados obtenidos del Software Arena	70
11.2.3 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución	70
11.3 BANDAS FRENOS 4515 ASBESTO (INVENTARIO 3)	71
11.3.1 Datos repuesto	71
11.3.2 Resultados Obtenidos en el Software Arena	72
11.3.3 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución	72
11.4 BANDAS FRENOS 9035 ASBESTO (INVENTARIO 4)	73
11.4.1 Datos Repuesto	73
11.4.2 Resultados obtenidos en el Software Arena	74
11.4.3 Evaluación de resultados y Mejor alternativa de solución	74
11.5.1 Datos del Repuesto gas refrigerante 134 (inventario 5)	75
11.5.2 Resultados obtenidos en el Software Arena	76
11.5.3 Evaluación de resultados y Mejor alternativa de solución	76
12 ENFOQUE GLOBAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81

BIBLIOGRAFÍA.....82

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Ventajas y Desventajas del control de los inventarios	33
TABLA 2. Datos Pareto.....	42
TABLA 3: Distribuciones de probabilidad de los cinco repuestos analizados	52
TABLA 4: Combinaciones de los repuestos analizados.....	54
TABLA 5: Combinaciones de los diferentes tipos de repuestos en la demanda y su respectiva frecuencia relativa observada de cada uno de los repuestos analizados.	56
TABLA 6: Tiempo de llegada de los clientes	57
TABLA 7: Tiempos de despacho valorados para cada repuesto	58
TABLA 8: Datos del repuesto Bandas frenos 4515X (Inventario1)	67
TABLA 9: Resultados Obtenidos del repuesto Bandas frenos 4515X (Inventario 1).	68
TABLA 10: Datos del repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2)	69
TABLA 11: Resultados obtenidos del repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2).	70
TABLA 12: Datos del repuesto bandas frenos 4515 Asbesto (Inventario 3)	71
TABLA 13: Resultados obtenidos del repuesto Bandas frenos 4515 Asbesto (Inventario 3).....	72
TABLA 14: Datos del repuesto Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 4).....	73
TABLA 15: Resultados obtenidos del repuesto Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 3).....	74
TABLA 16: Datos del repuesto Gas refrigerante 134 (Inventario 4).....	75
TABLA 17: Resultados obtenidos del repuesto Gas Refrigerante 134 (Inventario 5).....	76
TABLA 18: Propuesta final de estudio.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Organigrama de la Empresa	25
FIGURA 2: Diagrama del Proceso de Abastecimiento.....	27
FIGURA 3: Modelo del Segmento de Administración de Inventario.....	61
<i>FIGURA 4: Submodelo tipo de clientes y combinaciones.....</i>	<i>63</i>
<i>FIGURA 5: Bloque Assign para el cliente tipo 24 con la combinación de repuestos Bandas 4515X, Reten Trasero 20003 y Gas Refrigerante.....</i>	<i>63</i>
<i>FIGURA 6: Modelo del Segmento de Administración de la demanda.....</i>	<i>64</i>
<i>FIGURA 7: Variables registradas en el Basic Process</i>	<i>64</i>
<i>FIGURA 8: Sistema de control de Inventarios</i>	<i>78</i>

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1: Pareto (Año 2011).....	40
GRÁFICA 2: Histograma del Repuesto Bandas Frenos 4515X Asbesto.....	45
GRÁFICA 3: Histograma de Repuesto Reten Trasero 20003.....	46
GRÁFICA 4: Histograma de Repuesto Bandas Frenos 4515 Asbesto.....	47
GRÁFICA 5: Histograma Repuesto Bandas Frenos 9035 Asbesto.....	48
GRÁFICA 6: Histograma Repuesto Gas Refrigerante 134.....	49

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Cantidad de repuestos pedidos de bandas frenos 4515X.....**¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO B Probabilidades repuesto bandas frenos 4515 X asbesto.**¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO C combinaciones y frecuencias relativas de clientes**¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO D tiempo llegada de cliente **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO E modelo de simulación en software arena evidenciando la mejor alternativa de solución CD **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN

TITULO: Optimización de la gestión de inventarios con simulación en Arena en la Sociedad Soserauto S.A.

AUTOR: Luis Carlos Silva Duarte.

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: Rolando José Acosta Amado, Ph D.

PALABRAS CLAVES: simulación de inventarios (s, S) gestión de inventarios, punto de reorden, nivel objetivo, tamaño de lote.

La gestión y control de los inventarios es sin duda alguna uno de los mayores retos que afrontan las empresas actualmente, una adecuada estrategia en la gestión de los inventarios garantiza: competitividad, confiabilidad, altos niveles de satisfacción en los clientes, información oportuna sobre los gastos que las organizaciones invierten en el manejo de inventarios, seguridad administrativa y financiera, entre otros.

Existen teorías, modelos y metodologías que buscan hallar niveles óptimos de inventarios, es decir, un equilibrio entre niveles alto y bajo que eviten rupturas de inventarios y altos costos de estos.

Para la gestión y control de los inventarios de la Sociedad Soserauto S.A. se utilizó el Software Arena, una herramienta que permite realizar modelos de

simulación de inventarios (s, S) donde lo que se busca es diseñar un sistema de control de inventarios en el almacén de la empresa que permita hallar una solución óptima y establecer la cantidad mínima de inventario (punto de reorden), la cantidad máxima de inventario (nivel objetivo) y la cantidad óptima de pedido (tamaño de lote) que se debe tener de cada repuesto para satisfacer principalmente la demanda y para tener la cantidad óptima de inventario en el almacén de la empresa.

Para suministrar información a dicho modelo de simulación, se debe desarrollar un sistema ABC como método de clasificación de inventarios en función del historial de ventas de repuestos, seguidamente se realiza análisis de Pareto y se determinan los repuestos con más del 50% de representación en las ventas para la empresa, se realiza combinaciones con los repuestos estudiados y se establecen los diferentes tipos de cliente y su preferencia en la compra de estos, se estudia el comportamiento estadístico de la demanda de cada uno de los repuestos en consideración y el comportamiento estadístico de la preferencia de cada tipo de cliente.

ABSTRACT

TITLE:

OPTIMIZATION OF INVENTORY MANAGEMENT USING SIMULATION WITH ARENA IN SOCIEDAD SOSERAUTO S.A.

AUTHOR: Luis Carlos Silva Duarte

FACULTY: Faculty of Industrial Engineering

DIRECTOR: Rolando José Acosta Amado, Ph.D.

KEYWORDS: simulation of inventory (s, S), inventory management, reorder point, target level, lot size.

The management and control of inventories is undoubtedly one of the biggest challenges businesses face today, a suitable strategy in managing inventory ensures competitiveness, reliability, high customer satisfaction, timely information on expenditure organizations to invest in inventory management, administrative and financial security, among others.

There are theories, models and methodologies that seek to find optimal levels of inventories, i.e.: a balance between high and low levels to avoid breakdowns and costly inventories of these.

For management and inventory control of the Company Sociedad Soserauto S.A. Software Arena was used, a tool that allows simulation models of inventory (s, S)

where what is sought is to design an inventory control system in the warehouse of the company that allows finding an optimal solution and set the amount minimum inventory (reorder point), the maximum amount of inventory (target level) and the optimal order quantity (lot size) that must be taken of each product to meet demand and mainly to have the optimal amount of inventory in the company's warehouse.

In order to provide information to the simulation model, an ABC inventory classification method was implemented based on the sales history of products. After this, a Pareto analysis was performed in order to determine the products with a representation in sales of more than a 50%. The different product combinations sold to the customers for this small group of items were determined in order to establish a criteria to distinguish the different types of customers and their preferences in purchasing these products. The statistical behavior of the demand for each product under consideration and the statistical behavior the preference of every customer with respect to the combination of products was studied from a descriptive statistical point of view.

INTRODUCCIÓN

SOCIEDAD SOSERAUTO S.A. (S.S. S.A.) es una empresa que además de ofrecer servicios integrales de mantenimiento preventivo y reparación de vehículos pesados como: tractomulas, buses, furgones, camiones y busetones; cuenta con un almacén con un completo surtido de repuestos que cumplen con las especificaciones y el buen funcionamiento de cada vehículo anteriormente mencionados. Al analizar la situación de la empresa, se encontró que el almacén representa casi el 50% del total de los ingresos y la inversión que tiene la empresa.

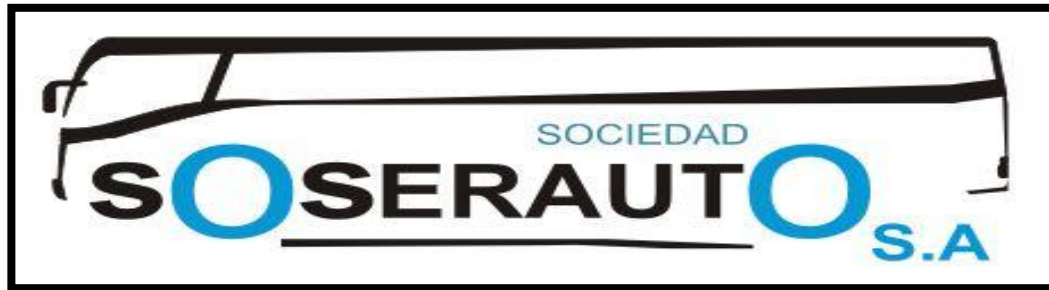
Sin duda, el inventario es uno de los activos más valiosos con que cuenta una empresa; en ocasiones, estos no son administrados y manejados muy bien, pues las personas que están a cargo de los inventarios no tienen las herramientas suficientes para alcanzar resultados óptimos. Un nivel alto de inventario puede representar un costo extremo de almacenamiento y paraliza el capital que podría emplearse con provecho; de igual manera, un nivel bajo de inventario provocaría que la empresa se vea obligada a realizar sobre pedidos, esta situación es muy desfavorable pues se debe satisfacer de inmediato las necesidades de los clientes.

El inventario, por lo general, es el activo mayor en los balances generales de la empresa, y los gastos por inventarios, son comúnmente mayor en el estado de resultados. Para entender y analizar un poco acerca de los problemas que puede generar el inadecuado manejo de los inventarios, es necesario establecer unas

políticas de inventario que den respuesta a: ¿Cuándo pedir mercancía? Y ¿Cuánta mercancía pedir?

El presente documento tiene como objetivo buscar una solución adecuada a la problemática que se presenta en el manejo de los inventarios. Se propuso una alternativa de solución utilizando el Software Arena, para implementar un modelo de simulación que permitió entender mejor el comportamiento de los inventarios de un grupo seleccionado de repuestos en el almacén del taller de la S.S. S.A.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA



NOMBRE DE LA EMPRESA: Sociedad Soserauto S.A.

UBICACIÓN: S.S. S.A. se ubica dentro de la zona industrial, considerado un punto estratégico, debido a que el mayor flujo de carga y vehículos de transporte se movilizan por esta zona, además, según reglamentaciones del gobierno todos los centros de mantenimiento se deberán ubicar en las afueras de la ciudad con el fin de desarrollar el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) propuesto por la ciudad.

DIRECCIÓN: Km 7 Vía al Municipio de San Juan de Girón (Santander- Colombia).

TELÉFONOS: (037)6469675 – (037)6468454 San Juan de Girón (Santander- Colombia).

MÓVIL: 313 333 5721

NIT: 804. 014.189-0

REPRESENTANTE LEGAL: Oscar Mauricio Aponte García

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

S.S. S.A. nace a mediados del año 2002 debido al crecimiento del parque automotor de COPETRAN, (Cooperativa Santandereana de Transportadores Ltda.). La empresa fue Creada por 152 socios de los 350 que conforman dicha Cooperativa. Actualmente, presta servicio de mantenimiento correctivo y preventivo al 40 % del parque automotor de COPETRAN (tractomulas, buses, busetones, furgones, camiones de carga).

S.S. S.A. ofrece un portafolio de servicios que incluye almacén de repuestos, cafetería, tapicería, montallantas, latonería y pintura, mecánica diesel, torno, parqueadero, mantenimiento eléctrico y de suspensión, entre otros; desarrollando así un servicio completo e integral donde el usuario realiza un mantenimiento global sin tener que desplazarse a otro lugar. S.S. S.A. Desarrolla sus procesos y servicios con adecuados estándares de calidad, donde el vehículo recibe un mantenimiento preventivo y correctivo por parte de mecánicos y técnicos que gracias a su experiencia y capacitación realizan trabajos garantizados y confiables para los usuarios.

1.2 PRODUCTOS DE LA EMPRESA

S.S. S.A. comercializa repuestos para vehículos de tracción pesada, entre ellos se encuentran: toda clase de bandas de frenos, bujes tensores, campanas para frenos de cabezote y remolques soportes hidráulicos, gas refrigerante para buses, espárragos, entre otros.

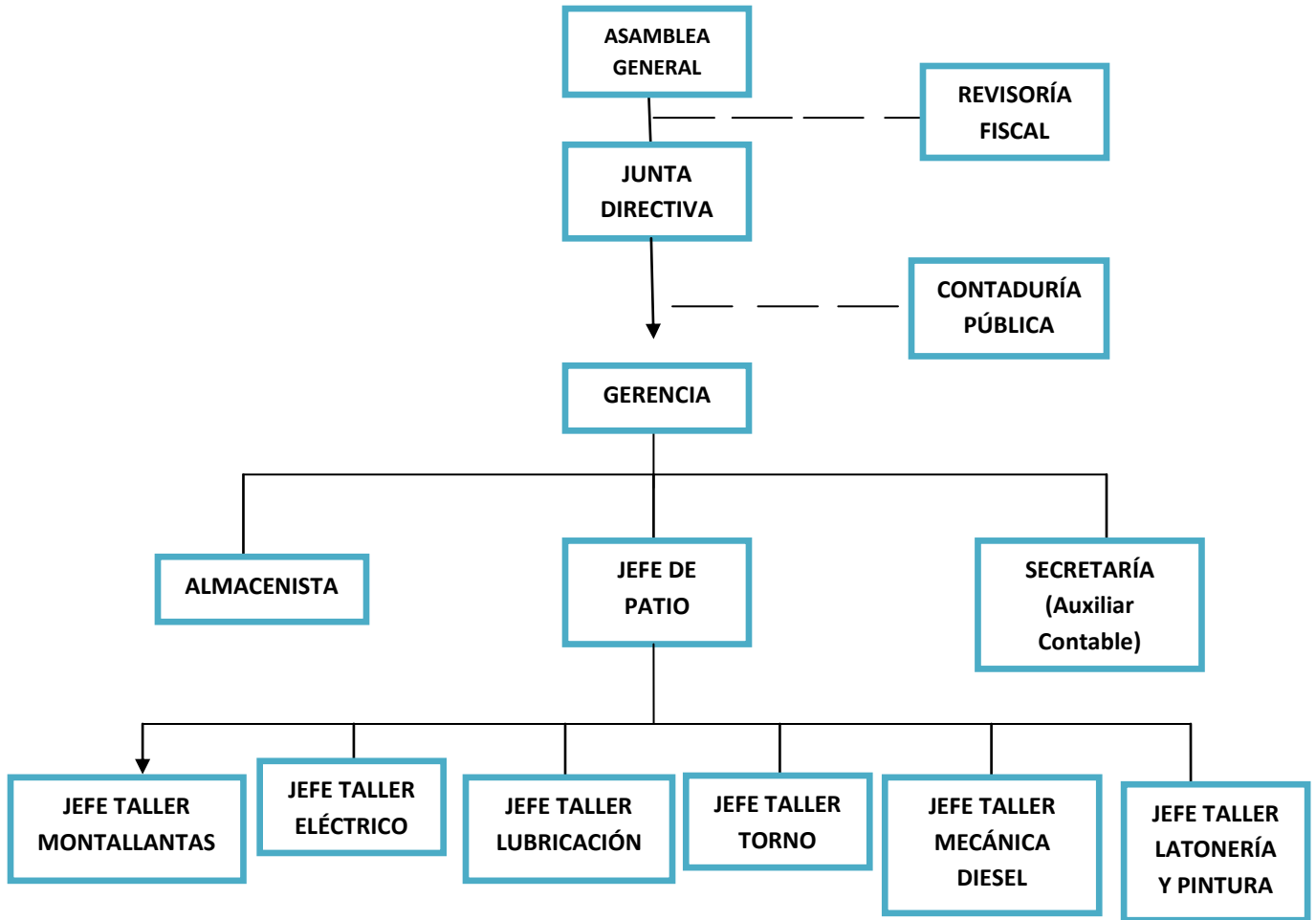
1.3 TAMAÑO DE LA EMPRESA

La empresa está dirigida y liderada por el Ingeniero Industrial Oscar Mauricio Aponte García asesorado por 14 miembros de la Junta Directiva y cumple funciones como Administrador, relaciones comerciales, aprovisionamiento de mercancía y coordinador general de la empresa. La sección administrativa de la empresa cuenta con 6 cargos al igual que la sección operativa, para un total de 24 empleados. S.S. S.A también cuenta con el siguiente personal: una contadora quien supervisa todas los movimientos financieros de la empresa; el almacenista quien es el encargado de realizar y diligenciar el formato de pedidos, despachar mercancía a los clientes, revisar y almacenar correctamente cada producto en su estante; el jefe de patio quien organiza el tiempo de trabajo de cada jefe de taller; la secretaria contable quien lleva todos los registros contables que se realizan en el día y cuadre de caja menor.

1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la Figura 1 se representa gráficamente la organización administrativa y operativa citada y explicada en el punto anterior:

Figura 1: Organigrama de la Empresa



Fuente: Autor de proyecto

1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento de mercancías es un proceso logístico que relaciona varias dependencias que conforman una empresa u organización, su objetivo se centra en suplir necesidades de aprovisionamiento de repuestos y materiales para brindar un óptimo servicio a los clientes. Para llevar a cabo el control de abastecimiento de mercancías es necesario contar con varios actores que hacen posible su funcionamiento: El Almacenista es quien detecta la necesidad de compra de un

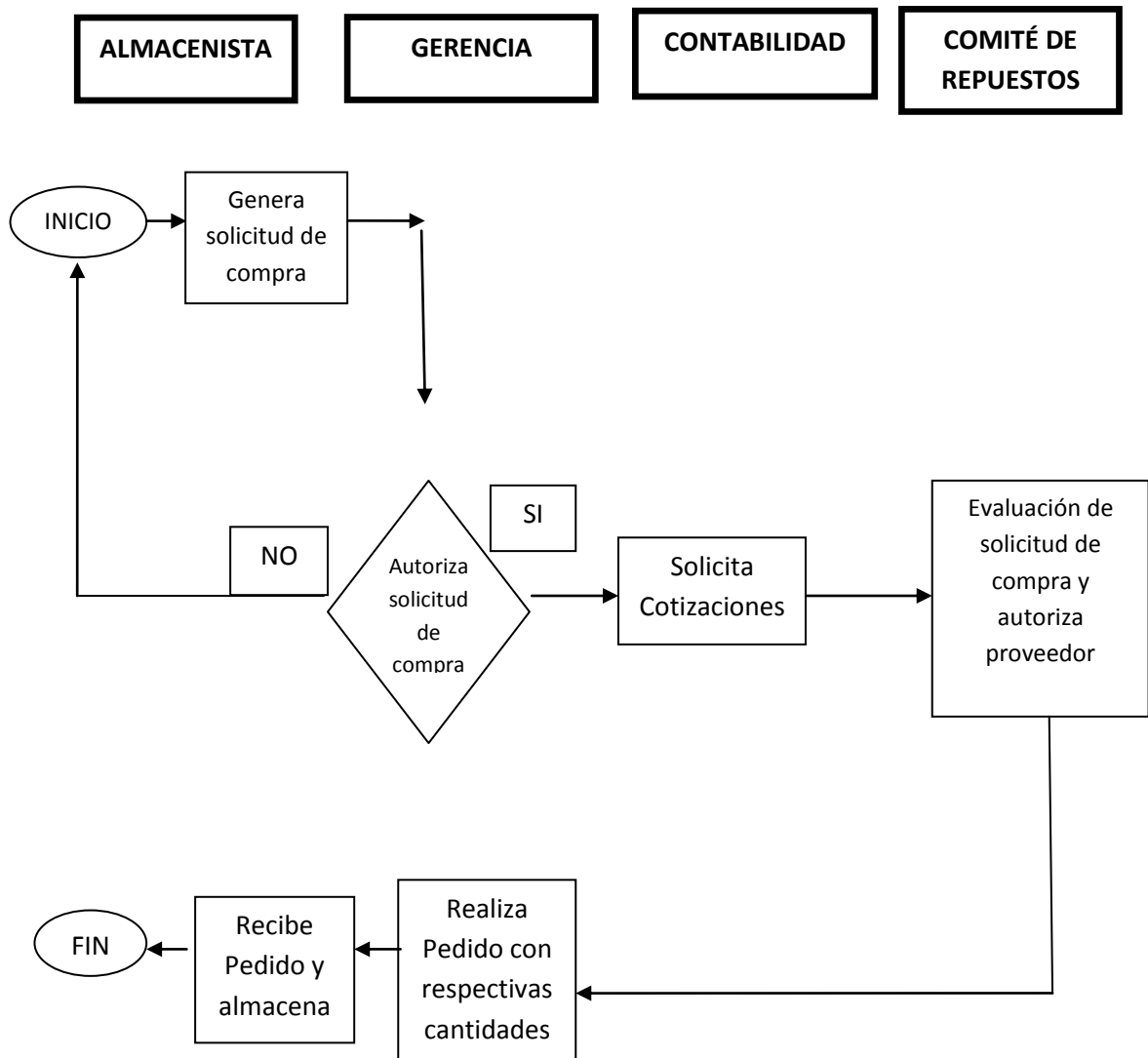
repuesto o material, pues una de las funciones de este cargo es verificar los movimientos de los repuestos e informar oportunamente a su superior.

El Gerente revisa la solicitud de compra emitida por el almacenista y determina su aprobación o desaprobación; en caso de ser aprobada la solicitud de compra, el departamento de contabilidad solicita al gerente información de proveedores para exigir las correspondientes cotizaciones (costo de repuestos o materiales).

El Comité de Repuestos evalúa las cotizaciones y define a qué proveedor se debe comprar; ya dada la autorización, el Gerente realiza el respectivo pedido al proveedor. Al momento de llegada la mercancía solicitada, el Almacenista procede a la verificación de las cantidades y estado de los productos y los almacena en los estantes.

A continuación se presenta el diagrama del proceso de abastecimiento implementado por S.S. S.A.

Figura 2: Diagrama del Proceso de Abastecimiento



Fuente: Autor de proyecto

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCE

S.S. S.A. es una empresa que tiene diez años de fundada, a medida que pasa el tiempo va adquiriendo más experiencia, y conquistando nuevas empresas transportadoras Colombianas como clientes; sin embargo, presenta dificultades en la planeación, organización, gestión y control de la sección de inventarios.

En sus diez años de experiencia empresarial en el sector de transporte S.S. S.A. ha tenido 12 gerentes (cada gerente ha durado en promedio un poco menos de un año), esto hace que la empresa sufra cambios administrativos drásticos, y genera desconfianza para sus proveedores y clientes al no ser estable administrativamente. La empresa trabajó durante 9 años sin un manual de funciones para cada uno de sus empleados, lo que generaba incertidumbre por parte del gerente y su equipo administrativo en la toma de decisiones. Esto y otros factores como la relación con proveedores y la demora en el pago de facturas, desestabilizó financieramente la empresa y se descuidó notablemente el almacén de repuestos.

En la nueva administración liderada por el Ing. Oscar Mauricio Aponte García, se llevó a cabo una capitalización en ventas de acciones entre sus socios fundadores; en esta capitalización se logró recaudar cerca de cuatrocientos millones de pesos (\$400.000.000), los cuales se destinaron en su mayoría a pagar deudas con la DIAN (Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales), y a diferentes empresas proveedoras; también, se logró recuperar el almacén de repuestos y la confianza con los proveedores.

Ya superados estos problemas; la falta de planeación, organización, gestión y control de los inventarios se hicieron muy evidentes. La empresa nunca ha estado preparada para realizar un control adecuado de los inventarios, no tienen el personal idóneo para desarrollar dicho control. El encargado del almacén es la

persona que conoce el movimiento comercial de cada repuesto y emite una orden de compra al gerente de la empresa cuando el repuesto está agotado ó cuando hay pocas unidades del repuesto, sin embargo en la mayoría de veces no son tenidas en cuenta las órdenes de compra del almacenista por parte del comité de repuestos y éste hace los pedidos de los repuestos desmeritando la opinión del encargado del almacén; como consecuencia se realizan pedidos que no cumplen con las expectativas y satisfacción de los clientes, es por esto que la empresa con el pasar de los días pierde credibilidad, clientes y competitividad. El problema encontrado es que la S.S. S.A al no tener una política de manejo de inventarios en lo referente a las cantidades que se deben mantener de cada repuesto, las cantidades que se deben pedir de cada repuesto y cuando se debe pedir cada repuesto, la empresa incurre en un pésimo servicio al cliente. Hay una necesidad de recuperar la credibilidad y elevar el nivel de servicio al cliente para obtener mayor rentabilidad. Al realizar un diagnóstico de la situación actual se logró identificar las siguientes dificultades que presenta la empresa:

- ✓ No se cuenta con un sistema de costos que permita establecer cuáles son los rubros importantes para la empresa en cuanto al mantenimiento de sus inventarios.
- ✓ No hay políticas claras para el manejo de los inventarios de los diferentes repuestos. Como consecuencia de esto, en muchas ocasiones no hay disponibilidad de algunos repuestos que el cliente exige.
- ✓ Los pedidos se realizan de manera subjetiva partiendo de la experiencia del comité de repuestos y el gerente.
- ✓ No se tiene en cuenta la demanda de las diferentes referencias para establecer las políticas de manejo de inventarios.

3. ANTECEDENTES

Al interior de la empresa, todas las decisiones de planeación y control se han tomado de manera subjetiva partiendo de los supuestos del gerente y de algunos miembros de la Junta Directiva, debido a que nunca se ha intentado implementar ningún estudio encaminado a la mejora del control, gestión y manejo de inventarios.

3.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS RELACIONADOS

RAMÍREZ ESPITIA, Carlos Andrés. *DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UNA SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA COMO SOLUCIÓN EN MANEJO DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA INDUSTRIA PINTULATEX*. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Facultad de Ingeniería Industrial. 2010.

Este proyecto fue dirigido por el Ingeniero Rubén Darío Jácome Cabrales docente de la Facultad de Ingeniería Industrial y realizado por el hoy Ingeniero Industrial Carlos Andrés Ramírez Espítia; se utilizó el Software Arena para simular un modelo de control de inventario (punto de reorden (s)), nivel objetivo (S)) cuyo propósito era hallar el nivel de inventario donde se debe realizar un pedido y la cantidad a ordenar. Los productos de la empresa estudiada en este proyecto se relacionan con todo tipo de vinilos, esmaltes y estuco. Se estudiaron tres productos: vinilo tipo 2, vinilo tipo 1 y vinilo tipo 3; para realizar el modelo de simulación, se desarrolló un sistema ABC de inventarios, se calculó la probabilidad del número de productos por pedido, tiempo entre llegadas de clientes y tiempo de entrega. Seguidamente, se definió un sistema de costos para el manejo de los inventarios; se determinó el costo de ordenar un pedido, el costo de almacenar y el costo de faltante. Se realizaron pruebas piloto en la simulación en el Software Arena con 10 valores diferentes de (s, S) para cada producto, tomando como primer criterio de importancia el costo total diario promedio (que fuera el menor posible). La alternativa que se ajustó y la mejor solución para el problema planteado fue: Para el

producto vinilo tipo 2 $s=20$ y $S=80$, para el producto vinilo tipo 1 $s=31$ y $S=50$ y para el producto vinilo tipo 3 $s=30$ y $S=50$.

OCHOA PERTUZ, Diana María. ROJAS SANTIAGO, Miguel. BARRERA GUARÍN, Edison. *DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE INVENTARIOS DE INSUMOS EN EL CENTRO DE REPARACIÓN DE COMPONENTES DE LA EMPRESA "GENERAL DE EQUIPOS DE COLOMBIA S.A."*. Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería Industrial. 2009.

El objetivo principal de esta investigación se centra en el diseño de un modelo de simulación de inventarios de insumos, empleando el Software Arena 5.0 que permitiera mejorar las condiciones actuales de administración de inventarios, estableciendo las cantidades de productos que se deben mantener en stock, minimizando los costos totales y permitiendo aumentar la rentabilidad de la empresa. Una vez identificadas las áreas y lugares para la realización del análisis, se llevó a cabo un proceso metodológico como: recolección de estadísticas de la empresa, selección y evaluación de la información, diseño de un modelo de simulación de inventarios para el manejo de los insumos, determinación de las políticas de inventarios y evaluación. En este proyecto se evaluaron 20 productos insumos; Una vez se comprobó que el modelo de simulación de inventarios para la empresa GECOLSA describía el comportamiento de las variables implicadas en la administración de las existencias en la bodega del taller CRC, se hallaron los valores que permiten mejorar la situación actual relacionada con el control de los inventarios, minimizando, de esta forma, el costo total. El modelo evaluado con los parámetros propuestos para minimizar el costo total en el que incurre la empresa al mantener productos en inventario, permitió la captura de datos pertenecientes a la variable inventario promedio, los cuales fueron analizados con el fin de comparar los resultados obtenidos con el comportamiento actual de dicha variable. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que la empresa maneja stocks altos lo cual le genera costos de almacenamiento innecesarios.

4. JUSTIFICACIÓN

La importancia del control de inventarios reside en el objetivo primordial de toda empresa: obtener utilidades, que radica en gran parte de las ventas, ya que éste es el motor de la empresa, sin embargo, si la función del inventario no opera con efectividad, ventas no tendrá material suficiente para poder trabajar, el cliente se inconforma y la oportunidad de tener utilidades se disuelve. Entonces, sin inventarios, simplemente no hay ventas. El control del inventario es uno de los aspectos de la administración que en la micro y pequeña empresa es muy pocas veces atendido, sin tenerse registros fehacientes, un responsable, políticas o sistemas que le ayuden a esta fácil pero tediosa tarea⁷.

Inventario, una palabra que no es desconocida del todo, ha alcanzado una notoriedad muy alta, dicen expertos en el tema que se debe mantener niveles óptimos de inventarios, pero ¿Qué es eso?; ¿Cuanto inventario se debe mantener? Si se mantienen inventarios demasiado altos, el costo podría llevar a una empresa a tener problemas de liquidez financiera, esto ocurre porque un inventario "congelado" inmoviliza recursos que podrían ser mejor utilizados en funciones más productivas de la organización. Además, el inventario "congelado" tiende a tornarse obsoleto, a quedar fuera de uso y corre el riesgo de dañarse. Por otro lado, si se mantiene un nivel insuficiente de inventario, podría no atenderse a los clientes de forma satisfactoria, lo cual genera reclamaciones, reducción de ganancias y pérdida de mercado, al no afirmar la confiabilidad de los clientes en la capacidad de reacción de la empresa, ante las fluctuaciones del mercado. El manejo de inventarios es un componente fundamental de la productividad. La empresa de hoy tiene que ser productiva para sobrevivir y prosperar. En mercados altamente competitivos, las empresas trabajan con inventarios cada vez más bajos y con niveles de servicios cada vez más altos.

⁷ REYES AGUILAR, Primitivo. Administración de Inventarios en almacenes. Logística y Operación. 2009.

La industria de autopartes y ventas de repuestos está creciendo a pasos gigantescos, con el Tratado de Libre Comercio (TLC) firmado con Estados Unidos y China; posiblemente entrarán al país diferentes tipos y clases de vehículos de tracción pesada, esto genera la masiva importación de repuestos por parte de las grandes empresas proveedoras, repuestos que harán parte del inventario de muchas empresas comercializadoras, es por eso, la importancia de una estrategia en el control de los inventarios que prepare a la empresa a estos cambios permanentes de la globalización de la economía.

El hecho de controlar el inventario de manera eficaz tiene sus ventajas y desventajas.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas del control de los inventarios

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sirve de salvaguarda contra las variaciones en los tiempos de entrega de las mercancías.	A veces implica un costo alto (almacenamiento, manejo y rendimiento).
Afrontar variaciones en la demanda del producto.	Peligro de obsolescencia.
Evita faltantes y escasez.	
Puede satisfacer las demandas de los clientes con mayor rapidez.	

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de control de inventarios en el almacén de la empresa Sociedad Soserauto S.A. para determinar las cantidades óptimas de productos que tienen representación alta en las ventas mediante la implementación de un modelo de simulación en Arena de inventarios.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desarrollar sistema ABC como método de clasificación de inventarios en función del historial de ventas de productos; para disponer de diferentes niveles de control de inventarios de acuerdo a la significación monetaria que representa dicho producto a la empresa.
- ✓ Estudiar el comportamiento estadístico de la demanda de los productos en consideración.
- ✓ Construir un modelo de simulación del sistema de control de inventarios utilizando el Software Arena.
- ✓ Identificar la alternativa de control de inventarios que permita establecer las cantidades que se debe tener de cada repuesto para lograr una óptima satisfacción del cliente.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 ALMACÉN⁸

El Almacén es un punto intermedio en el sistema logístico de inventarios donde los productos permanecen estibados o almacenados. Un Almacén es una construcción utilizada para recibir, manejar y almacenar el producto final mientras se distribuye para su venta. El valor de un almacén reside en tener el producto correcto, en el lugar correcto, en el tiempo correcto.

Un Almacén se encarga de realizar varias funciones a continuación mencionadas:

1. Recibir los bienes desde una fuente
2. Almacenar los bienes hasta que éstos son requeridos
3. Recolectar los bienes cuando son requeridos
4. Entregar o facilitar el producto hacia el usuario apropiado

6.2 INVENTARIOS

Inventario es “Una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo, para satisfacer una demanda futura.”⁹

La importancia del inventario radica en que es un instante para el conocimiento real de la situación de la empresa o de una parte de ella, por lo que va a servir como soporte y comprobación al proceso contable.

⁸Almacén. Catarina.udlap.mx. Citado el 13 de Junio del 2010. Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/moreno_g_j/capitulo3.pdf

⁹SIPPER, Daniel; BULFIN, Robert. Planeación y Control de la Producción. México: McGraw-Hill, 1997. P.219.

Los inventarios a parte de permitir un mejor nivel de servicio, permiten cubrir mejor los requerimientos de la demanda, que son generalmente probabilísticos y en pocos casos determinísticos.

El inventario representa un porcentaje importante del capital de trabajo de una empresa. Por lo tanto, es relevante aumentar la rentabilidad de la organización por medio de una correcta utilización del inventario, prediciendo el impacto de las políticas corporativas en los niveles de stock, y minimizando el costo total de las actividades logísticas asegurando el nivel de servicio entregado al cliente.¹⁰

Los inventarios son una serie de resortes entre el proceso de abastecimiento y de distribución. Mientras el abastecimiento contribuye con bienes, la distribución consume dichos bienes. Debido a factores internos como externos, los tiempos y tasas pueden variar entre el abastecimiento y la distribución.

Los factores internos dependen directamente de las políticas administrativas adoptadas por la empresa y son controlables; los factores externos como la tasa de cambio, el entorno económico del sector, entre otros, suelen no ser controlables.

6.3 ETAPAS PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN¹¹

Se ha escrito mucho acerca de los pasos necesarios para realizar un estudio de simulación. Sin embargo, la mayoría de los autores opinan que los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son:

- ✓ Definición del sistema: Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario hacer primeramente un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas,

¹⁰Administración de Inventarios. Objetivos de la Administración de los Inventarios. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/23580354/SIMULACION-DE-INVENTARIOS>

¹¹ Coss Bu, Raúl .Simulación: Un Enfoque Práctico. Editorial Limusa, 1998. p . 12-14.

las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

- ✓ **Formulación del modelo:** Una vez que están definidos los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan de forma completa al modelo.
- ✓ **Colección de Datos:** Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir los resultados deseados. Normalmente, la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables, de órdenes de trabajo, de órdenes de compra, de opiniones de expertos y si no hay otra posibilidad por experimentación.
- ✓ **Implementación del modelo en la computadora:** Con el modelo definido, el siguiente paso es decidir el tipo de lenguaje para procesarlo en la computadora y obtener los resultados deseados.
- ✓ **Validación:** Una de las principales etapas de un estudio de simulación es la validación. A través de esta etapa es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos que alimentan el modelo. Las formas más comunes de validar un modelo son la opinión de expertos sobre los resultados de la simulación, exactitud con que se predicen datos históricos, exactitud en la predicción del futuro, comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real, aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

- ✓ Experimentación: La experimentación con el modelo se realiza después de que éste ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.
- ✓ Interpretación: En esta etapa del estudio, se interpretan los resultados que arroja la simulación y con base a esto se toma una decisión. Es obvio que los resultados que se obtienen de un estudio de simulación ayudan a soportar decisiones del tipo semi-estructurado, es decir, la computadora en sí no toma la decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente a sistemáticamente obtener mejores resultados.
- ✓ Documentación: Dos tipos de documentación son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación de tipo técnico, es decir, a la documentación que el departamento de procesamiento de datos debe tener del modelo. La segunda se refiere al manual del usuario con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado, a través de una terminal de computadora.

6.4 ANÁLISIS ABC- DE PARETO¹²

El análisis ABC es un procedimiento de planificación para clasificar un gran número de datos (de productos o de procedimientos). Se ofrecen los datos utilizando criterios como las ventas, los beneficios, el precio de compra, el consumo anual de producción o las necesidades en las tres categorías, lo que representa un alto (clase A), medio (clase B) o baja (clase C) del valor del consumo de los productos o procesos.

¹²Análisis ABC- De Pareto. Negociosi.com. Citado el 19 de Mayo del 2010. Disponible en: <http://negociosi.com/analisis-abc-pareto.html>

La Clasificación del Análisis ABC

Las tres clases son las siguientes para especificar la ubicación del valor límite para cada una de las tres categorías sobre la base de la experiencia operacional y puede variar de un caso a otro fluctuando ligeramente:

Clase A – Gran Importancia

Alta importancia, con un número relativamente pequeño de elementos que tienen un alto porcentaje del total de ingresos está tomando. Así, por ejemplo, del cinco (5) al diez (10) por ciento de las piezas producidas por una cuota de alrededor del sesenta (60) al ochenta (80) por ciento de los ingresos del resultado global.

Clase B – Normal / Importancia Media

Normal / Importancia Media: este grupo de elementos aporta aproximadamente proporcional al resultado observado. Por ejemplo, llegar a quince (15) a veinticinco (25) por ciento de las piezas producidas por un porcentaje del total de ingresos de alrededor de quince (15) a veinticinco (25) por ciento.

Clase C - Baja Importancia

Baja Importancia: Un número relativamente grande de elementos tiene sólo a dar pequeño porcentaje del resultado global. Por ejemplo, aproximadamente el cincuenta (50) al setenta y cinco (75) por ciento de las piezas producidas da un valor de cinco (5) a diez (10) por ciento.

6.5 SOFTWARE ARENA¹³

ARENA es un Software utilizado como simulador de procesos. Cumple la función de demostrar, predecir y medir las estrategias de un sistema organizado. En la

¹³Facultad de Ingeniería Industrial, Informática Arena. Software Arena. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/46693561/Arena>

Ingeniería Industrial, se analizan numerosos procesos ya sean administrativos, industriales, comerciales, de relaciones humanas, etc.

Así el Software Arena constituye una herramienta informática de gran importancia para el desempeño de cualquier organización. Este Software se puede utilizar para pre visualizar un proyecto de planta y asegura una adecuada toma de decisión en un nuevo proyecto o en la reingeniería de uno ya en uso.

6.6 SIMULACIÓN DE INVENTARIOS (s,S)¹⁴

El Modelo de Simulación (s,S) nos dice en qué punto del nivel de Inventario se debe realizar o colocar una orden de pedido y qué cantidad debe ser. $I(t)$ es el nivel de inventario al inicio del día (podría ser positivo, negativo ó cero) e $I(t) < s$, la empresa ordena $S - I(t)$ > igual s, la empresa no hace nada, deja que pase el día y verifica otra vez al inicio del día siguiente, esto es, en el tiempo $t+1$. Debido a la forma de esta política de revisión/llenado, a menudo a los sistemas como este, se les llama modelos de inventarios (s,S).

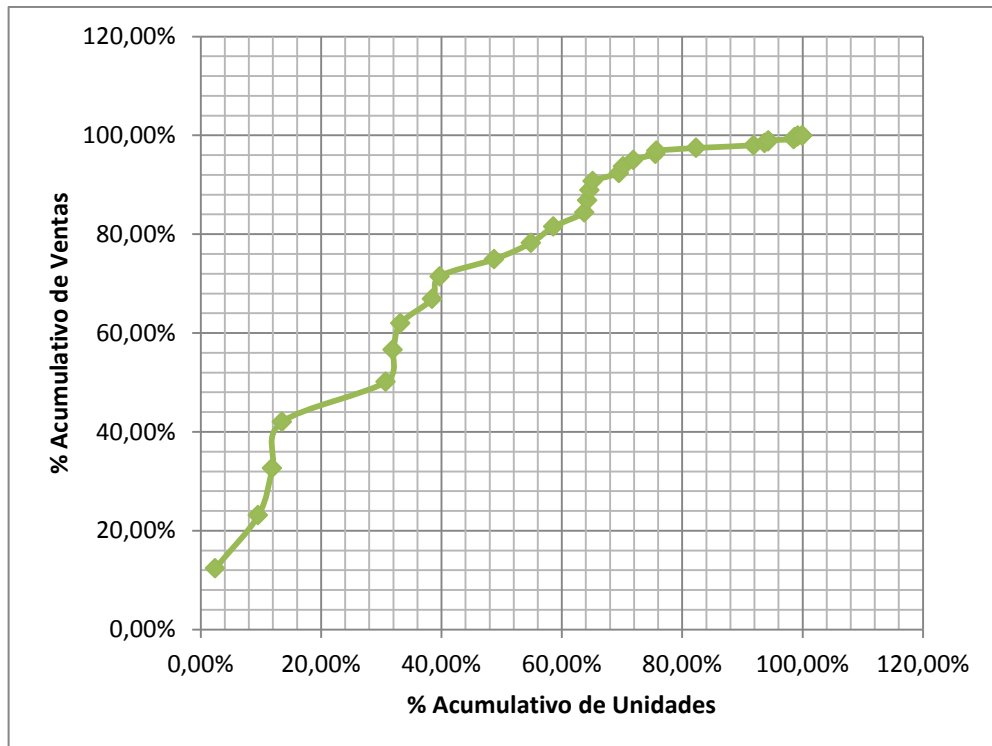
¹⁴KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con Software Arena. Cuarta Edición. Mc Graw Hill 2008 pág 245.

7. HISTORIAL DE VENTAS Y ANÁLISIS

7.1 ANÁLISIS DE PARETO

A partir de las ventas de S.S. S.A. del año 2011, se observaron y analizaron datos en los movimientos y rotación de los repuestos más significativos que se manejan en el almacén.

GRÁFICA 1: Pareto (Año 2011)



Fuente: Autor de proyecto

Tabla 2. Datos Pareto

NOMBRE PRODUCTO	UNIDADES	PESOS	% SOBRE UNIDADES TOTALES	% SOBRE VENTAS TOTALES	% ACUMULATIVO UNIDADES	% ACUMULATIVO VENTAS
Bandas Frenos 4515 X Asbesto	138	\$ 13.255.138	2,44%	12,40%	2,44%	12,40%
Reten Trasero 20003	403	\$ 11.445.200	7,12%	10,70%	9,56%	23,10%
Bandas Frenos 4515 Asbesto	132	\$ 10.180.993	2,33%	9,52%	11,90%	32,63%
Bandas Frenos 9035 Asbesto	92	\$ 10.042.863	1,63%	9,39%	13,52%	42,02%
Gas Refrigerante	976	\$ 8.665.904	17,25%	8,11%	30,78%	50,12%
Bandas Frenos 9131 Std	67	\$ 6.930.449	1,18%	6,48%	31,96%	56,61%
Rodillo SET 403	72	\$ 5.757.984	1,27%	5,39%	33,23%	61,99%
Reten Trasero 46841	296	\$ 5.244.824	5,23%	4,91%	38,47%	66,90%
Rodillo SET 401	72	\$ 4.887.792	1,27%	4,57%	39,74%	71,47%
Buje Balancín Tensor Naranja	511	\$ 3.700.151	9,03%	3,46%	48,77%	74,93%
Bombillo H-7	346	\$ 3.546.500	6,12%	3,32%	54,89%	78,25%
Mogollas Trailer (Caucho)	211	\$ 3.490.784	3,73%	3,26%	58,62%	81,51%
Filtro Aceite 132402	293	\$ 3.092.615	5,18%	2,89%	63,80%	84,40%
Bandas Frenos 4709 Std	28	\$ 2.642.752	0,49%	2,47%	64,29%	86,88%
Bandas Frenos 4709 X	19	\$ 2.206.071	0,34%	2,06%	64,63%	88,94%
Hojas USA 2463/1	30	\$ 1.899.420	0,53%	1,78%	65,16%	90,72%
Bujes Media luna Nylon	247	\$ 1.767.532	4,37%	1,65%	69,52%	92,37%
Correa Para L.V. BX 91	39	\$ 1.465.308	0,69%	1,37%	70,21%	93,74%
Filtro Aceite By Pass	98	\$ 1.379.546	1,73%	1,29%	71,95%	95,03%
Paneles SSX 621-A	205	\$ 1.298.880	3,62%	1,21%	75,57%	96,24%
Hojas USA 2463/3	10	\$ 679.410	0,18%	0,64%	75,75%	96,88%
Buje Leva Estriado	374	\$ 603.262	6,61%	0,56%	82,36%	97,44%
Bombillo 1034 dos Contactos	540	\$ 584.820	9,55%	0,55%	91,90%	97,99%

Media Luna Negra Caucho	104	\$ 450.320	1,84%	0,42%	93,74%	98,41%
Correa AX-40 Dayco	33	\$ 376.464	0,58%	0,35%	94,33%	98,76%
Rodillo Caja MU-5207	3	\$ 237.429	0,05%	0,22%	94,38%	98,99%
Buje Leva Liso	237	\$ 226.522	4,19%	0,21%	98,57%	99,20%
Filtro Aire Kodiak	6	\$ 213.618	0,11%	0,20%	98,67%	99,40%
Hojas Trailer TL-664-3	3	\$ 209.286	0,05%	0,20%	98,73%	99,59%
Correa Dongil BX-32	28	\$ 208.180	0,49%	0,19%	99,22%	99,79%
Hojas USA 2463/2	2	\$ 120.782	0,04%	0,11%	99,26%	99,90%
Sokets 1141 Un Contacto	41	\$ 53.013	0,72%	0,05%	99,98%	99,95%
Hojas USA 2463/4	1	\$ 52.074	0,02%	0,05%	100,00%	100,00%

Fuente: Autor de proyecto

El Análisis de Pareto se muestra cinco (5) repuestos que representan el 50% del total de las ventas de la empresa; así mismo, representan casi el 31 % del total de las unidades vendidas en el año 2011.

Estos repuestos son:

- ✓ Bandas Frenos 4515 X Asbesto
- ✓ Reten trasero 20003
- ✓ Bandas Frenos 4515 Asbesto
- ✓ Bandas Frenos 9035 Asbesto
- ✓ Gas Refrigerante

También en el análisis de Pareto se evidencia que hay productos que no representan significativamente en ventas para la empresa, sin embargo, en unidades tienen una representación significativa los productos como el Bombillo 1034 dos contactos; buje balancín tensor naranja, Bombillo H7, Buje Leva Estriado, entre otros. Estos productos tienen un bajo precio de venta, por tanto, aunque su representación en unidades es significativa, la representación en venta no lo es.

Por otra parte, el análisis de Pareto evidencia que existen algunos repuestos que no presentan un valor significativo en ventas ni en unidades para la empresa, tales como la Hoja USA 2463/4; Rodillo Caja MU-5207; Filtro Aire Kodiak, Hojas Trailer TL-664-3 y la Hoja USA 2463/2.

8. PROBABILIDADES DE LAS CANTIDADES DE REPUESTO POR PEDIDO DE CLIENTES Y SUS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

En esta sección se encuentra toda la información correspondiente al movimiento comercial de los repuestos en estudio mediante la facturación emitida por la empresa donde se analizaron las cantidades solicitadas de cada repuesto a lo largo de todo un año y se estableció la probabilidad de las cantidades para así establecer la distribución de probabilidad para cada repuesto.

Para llegar a establecer la distribución de probabilidad para cada repuesto se necesitan cuatro (4) pasos: Primero: Recolectar toda la información de facturación a lo largo de un año de los cinco (5) repuestos estudiados y establecer las cantidades vendidas de cada repuesto. Segundo: una vez obtenidas las cantidades vendidas de cada repuesto se procede a separar cada una de ellas para establecer sus frecuencias. Tercero: Se totalizan las frecuencias y con este resultado se haya la probabilidad de cada cantidad y su probabilidad acumulada. Cuarto: con las cantidades y su probabilidad acumulada se arma la distribución de probabilidad.

8.1 PROBABILIDADES DE CANTIDAD DE REPUESTOS POR PEDIDO

Para la realización de la simulación en el Software Arena se requiere determinar la distribución estadística de los cinco repuestos valorados mediante la probabilidad acumulada de la demanda teniendo en cuenta las cantidades de repuestos que habitualmente los clientes adquieren en el almacén de la S.S. S.A.

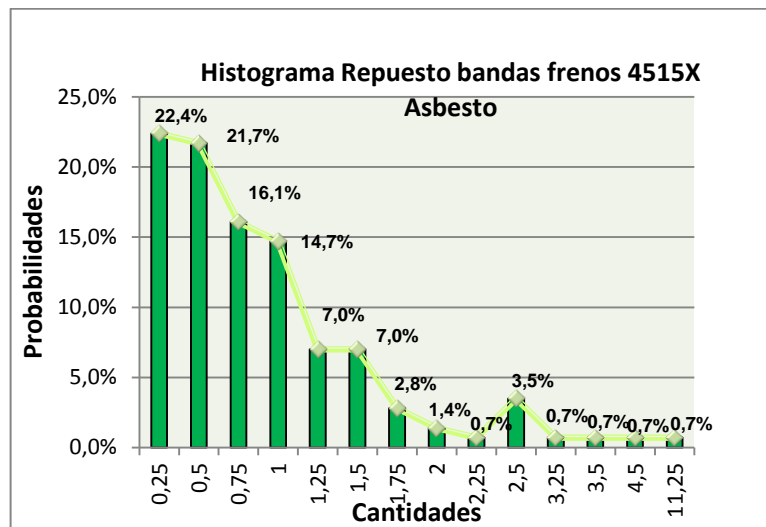
Para ello, se consultó en el sistema contable de la empresa la cantidad exacta vendida de cada uno de los cinco repuestos día tras día durante el año 2011. (ver Anexo A).

Se elaboró para cada repuesto una tabla que contiene las cantidades que los clientes adquirieron de cada uno de ellos, las frecuencias de cada cantidad registrada, las probabilidades de cada cantidad y la probabilidad acumulada. (ver Anexo B).

Se elaboraron histogramas con las cantidades y sus respectivas probabilidades de los cinco productos que representan el 50% de las ventas totales de la empresa.

Nota: Las bandas de frenos como: bandas frenos 4515X Asbesto, bandas frenos 4515 Asbesto y las bandas frenos 9035 Asbesto se venden al público por cantidades de 0,25 en 0,25 siendo esta la cantidad mínima.

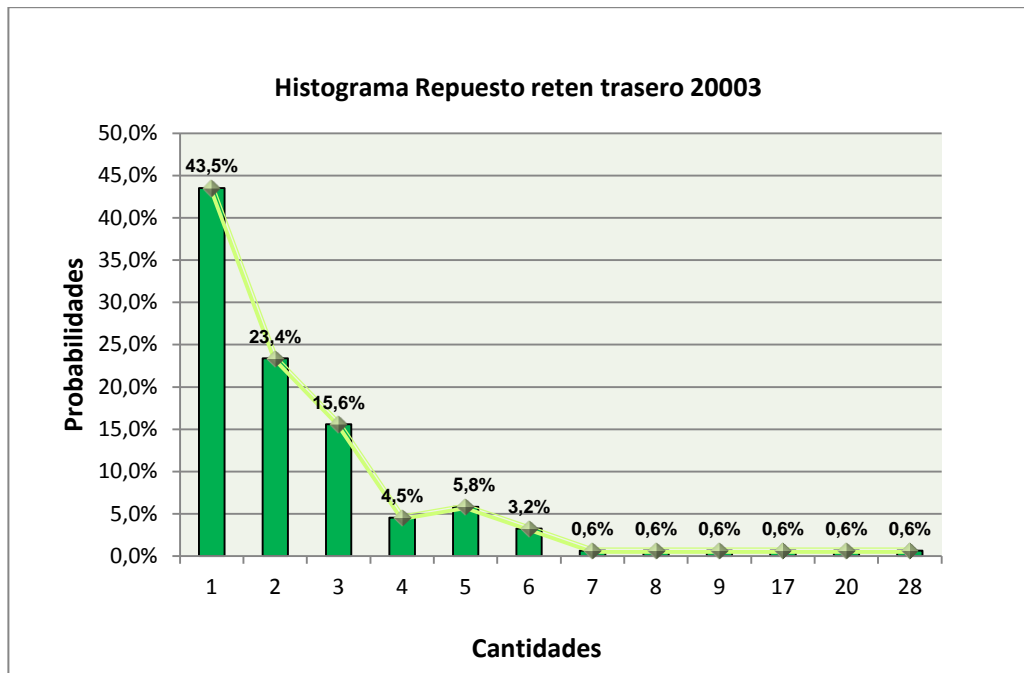
GRÁFICA 2: Histograma del Repuesto Bandas Frenos 4515X Asbesto



Fuente: Autor de proyecto

Se evidenció que para el repuesto bandas frenos 4515X con una probabilidad de 22,4% una compra de un cliente sería de 0,25 unidades; seguidamente con una probabilidad de 21,7% una compra de un cliente sería de 0,50 unidades; y con una probabilidad de 16,1% una compra de un cliente sería de 0,75 unidades.

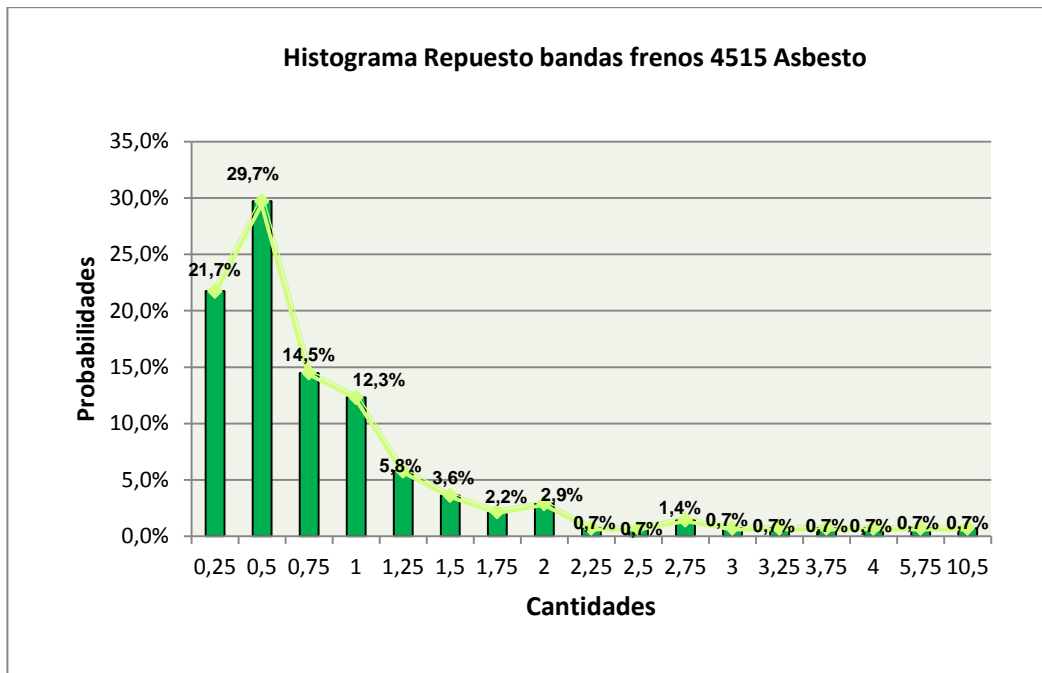
GRÁFICA 3: Histograma de Repuesto Reten Trasero 20003



Fuente: Autor de proyecto

Se evidenció que para el repuesto reten trasero 20003 con una probabilidad de 43,5% una compra de un cliente sería de 1 unidad; seguidamente con una probabilidad de 23,4% una compra de un cliente sería de 2 unidades; y con una probabilidad de 15,6% una compra de un cliente sería de 3 unidades.

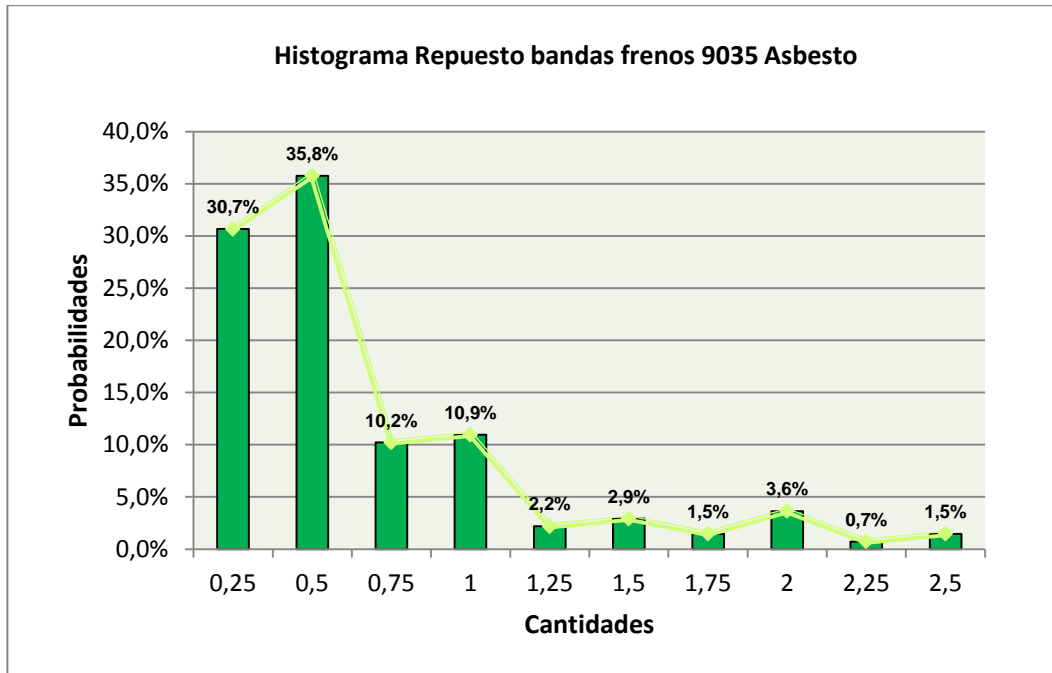
GRÁFICA 4: Histograma de Repuesto Bandas Frenos 4515 Asbesto



Fuente: Autor de proyecto

Se evidenció que para el repuesto bandas frenos 4515 Asbesto con una probabilidad de 29,7% una compra de un cliente sería de 0,50 unidades; seguidamente con una probabilidad de 21,7% una compra de un cliente sería de 0,25 unidades; y con una probabilidad de 14,5% una compra de un cliente sería de 0,75 unidades.

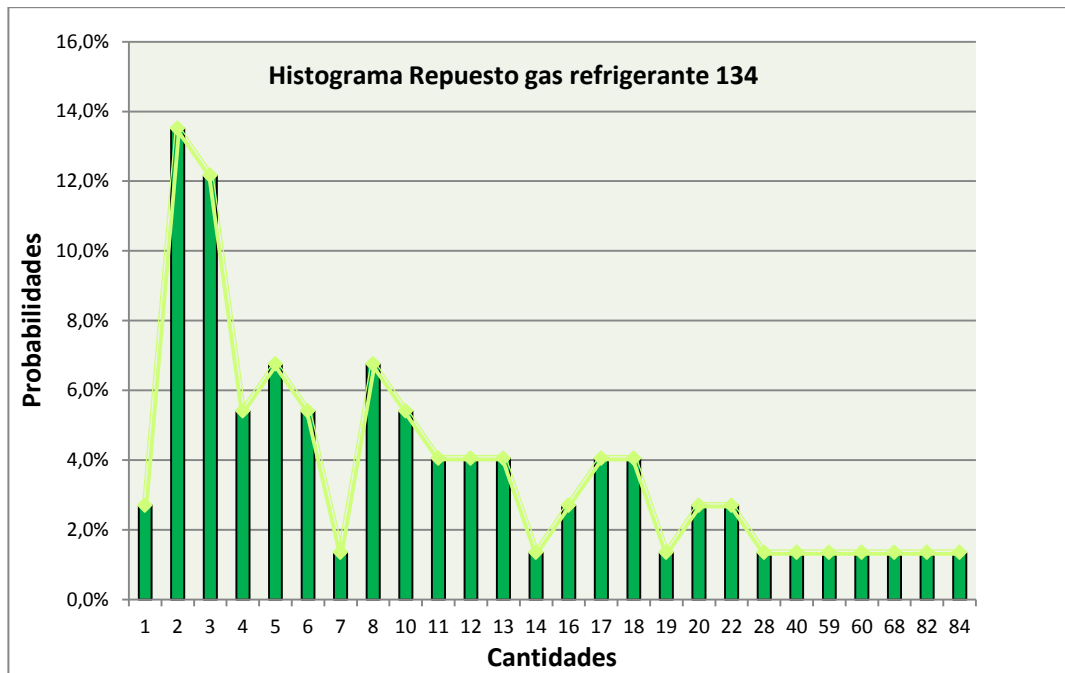
GRÁFICA 5: Histograma Repuesto Bandas Frenos 9035 Asbesto



Fuente: Autor de proyecto

Se evidenció que para el repuesto bandas frenos 9035 Asbesto con una probabilidad de 35,8% una compra de un cliente sería de 0,50 unidades; seguidamente con una probabilidad de 30,7% una compra de un cliente sería de 0,25 unidades; y con una probabilidad de 10,9% una compra de un cliente sería de 1 unidad.

GRÁFICA 6: Histograma Repuesto Gas Refrigerante 134



Fuente: Autor de proyecto

Se evidenció que para el repuesto gas refrigerante 134 con una probabilidad de 13,5% una compra de un cliente sería de 2 unidades; seguidamente con una probabilidad de 12,2% una compra de un cliente sería de 3 unidades; y con una probabilidad de 6,8% una compra de un cliente sería de 5 unidades u 8 unidades.

8.2 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE LA DEMANDA POR REPUESTO

Para que el Software Arena identifique y procese los datos de la frecuencia con que cada cliente adquiere un repuesto en el almacén de la S.S.S.A., es necesario establecer una distribución de probabilidad de la demanda para cada repuesto aquí valorado. Se identificó el tipo de variable que se está estudiando, la variable “cantidad” ó “número” de repuestos vendidos en un día se clasifica como variable discreta porque solamente puede tomar un número finito y único de valores. Una vez identificada la clasificación de la variable, se procede a construir la probabilidad que represente dichos valores.

El software arena permite construir el conjunto numérico de la distribución de probabilidad. Para construir las distribuciones de probabilidad se necesita la probabilidad acumulada y la cantidad del producto. Ejemplo (probabilidad acumulada 1, valor 1, probabilidad acumulada 2, valor 2, probabilidad acumulada 3, valor 3,Etc).

A continuación se presenta las distribuciones de probabilidades de cada repuesto estudiado.

TABLA 3: Distribuciones de probabilidad de los cinco repuestos analizados

Repuesto	Distribución de Probabilidad
Bandas frenos 4515X	Disc (0.224, 0.25, 0.441, 0.50, 0.601, 0.75, 0.748, 1, 0.818, 1.25, 0.888, 1.50, 0.916, 1.75, 0.930, 2, 0.937, 2.25, 0.972, 2.50, 0.979, 3.25, 0.986, 3.50, 0.993, 4.50, 1, 11.25)
Reten trasero 20003	Disc (0.435, 1, 0.669, 2, 0.825, 3, 0.870, 4, 0.929, 5, 0.961, 6, 0.968, 7, 0.974, 8, 0.981, 9, 0.987, 17, 0.994, 20, 1, 28)
Bandas frenos 4515 Asbesto	Disc (0.217, 0.25, 0.514, 0.50, 0.659, 0.75, 0.783, 1, 0.841, 1.25, 0.877, 1.50, 0.899, 1.75, 0.928, 2, 0.935, 2.25, 0.942, 2.50, 0.957, 2.75, 0.964, 3, 0.971, 3.25, 0.978, 3.75, 0.986, 4, 0.993, 5.75, 1, 10.5)
Bandas frenos 9035 Asbesto	Disc (0.307, 0.25, 0.664, 0.50, 0.766, 0.75, 0.876, 1, 0.898, 1.25, 0.927, 1.50, 0.942, 1.75, 0.978, 2, 0.985, 2.25, 1, 2.5)
Gas refrigerante 134	Disc (0.027, 1, 0.162, 2, 0.284, 3, 0.338, 4, 0.405, 5, 0.459, 6, 0.473, 7, 0.541, 8, 0.595, 10, 0.635, 11, 0.676, 12, 0.716, 13, 0.730, 14, 0.797, 17, 0.838, 18, 0.851, 19, 0.878, 20, 0.905, 22, 0.919, 28, 0.932, 40, 0.946, 59, 0.959, 60, 0.973, 68, 0.986, 82, 1, 84)

Fuente: Autor de proyecto

9. PROBABILIDADES DE TIPOS DE CLIENTE SEGÚN SU PREFERENCIA DE COMPRA Y TIEMPOS PARA LA SIMULACIÓN

9.1 PROBABILIDAD DE COMPRA DE CADA COMBINACIÓN DE REPUESTOS Y FRECUENCIA OBSERVADA

En este estudio se han venido analizando cinco repuestos los cuales representan el 50% del total de ventas en el año en la empresa.

La simulación es un modelo que parte de una situación real, entonces no se puede asumir que los clientes entren al almacén a comprar solo un repuesto concreto, los clientes entran a comprar varios repuestos a la vez; para ello se utilizó la función de combinación de Excel para determinar cuántas combinaciones se tienen de los cinco repuestos en los datos históricos para así establecer los tipos de clientes para cada combinación.

A continuación se presenta la tabla con todas las combinaciones de compra posibles de los cinco repuestos.

TABLA 4: Combinaciones de los repuestos analizados.

COMBINACIONES	
4515X	Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto
Reten20003	4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas
4515Asbesto	4515X / 4515Asbesto / 9035Asbesto
9035Asbesto	Reten20003 / 9035Asbesto / Gas
Gas	4515X / 4515Asbesto / Gas
4515X / Gas	4515X / Reten20003 / 9035Asbesto
4515X / 9035Asbesto	4515X / 9035Asbesto / Gas
4515X / 4515Asbesto	4515X / Reten20003 / Gas
4515X / Reten20003	Reten20003 / 4515Asbesto / Gas
Reten20003 / 4515Asbesto	4515X / Reten20003 / 9035Asbesto / Gas
4515Asbesto / 9035Asbesto	4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto
9035Asbesto / Gas	Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas
Reten20003 / 9035Asbesto	4515X / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas
Reten20003 / Gas	4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / Gas
4515Asbesto / Gas	4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas
4515X / Reten20003 / 4515Asbesto	

Fuente: Autor de proyecto

La tabla anterior muestra que en los datos históricos se presentaron treinta y una (31) combinaciones de compra posibles para los repuestos seleccionados; es decir, treinta y un (31) tipos de clientes que pueden efectuar una compra en cada una de las combinaciones anteriores.

Para determinar cada uno de los tipos de clientes que tienen representación en las treinta y un (31) combinaciones, es necesario consultar la facturación que emitió la empresa S.S.S.A. en el año 2011 para establecer la frecuencia observada y así con esta información poder alimentar el modelo de simulación en el Software Arena.

En el año 2011 la empresa S.S.S.A. emitió trece mil ciento cuarenta y tres (13,143) facturas de venta a sus clientes; de esas facturas dos mil trescientos cincuenta (2,350) facturas tienen impreso las treinta y un (31) combinaciones. Se realizó un muestreo donde se determinó un tamaño de muestra representativo. Se consideró un **N**: Tamaño de población; **Z**: Nivel de confianza del 95%; **p**: Proporción esperada (en este caso 5%=0,05); **q**: 1-**p** (en este caso 1-0,05= 0,95); **E**: error del 5%. Seguidamente se calculó con los datos anteriores el tamaño de la muestra según la fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

El tamaño de la muestra arrojó el resultado de trescientos treinta (330) facturas; a esas facturas se les realizó un análisis estadístico para determinar posteriormente la frecuencia observada de cada una de las combinaciones. (Ver Anexo C).

La siguiente tabla muestra cada una de las combinaciones con la frecuencia relativa observada indicando las preferencias de cada cliente a la hora de realizar una compra:

TABLA 5: Combinaciones de los diferentes tipos de repuestos en la demanda y su respectiva frecuencia relativa observada de cada uno de los repuestos analizados.

COMBINACIONES	FRECUECUENCIA RELATIVA OBSERVADA
4515X	6,97%
Reten20003	2,73%
4515Asbesto	5,15%
9035Asbesto	0,61%
Gas	7,27%
4515X / Gas	4,85%
4515X / 9035Asbesto	2,73%
4515X / 4515Asbesto	2,73%
4515X / Reten20003	3,64%
Reten20003 / 4515Asbesto	3,03%
4515Asbesto / 9035Asbesto	3,64%
9035Asbesto / Gas	2,42%
Reten20003 / 9035Asbesto	2,12%
Reten20003 / Gas	3,64%
4515Asbesto / Gas	0,30%
4515X / Reten20003 / 4515Asbesto	2,73%
Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto	1,82%
4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas	2,42%
4515X / 4515Asbesto / 9035Asbesto	0,61%
Reten20003 / 9035Asbesto / Gas	5,76%
4515X / 4515Asbesto / Gas	0,91%
4515X / Reten20003 / 9035Asbesto	1,82%
4515X / 9035Asbesto / Gas	0,91%
4515X/ Reten20003/ Gas	5,76%
Reten20003 / 4515Asbesto / Gas	3,64%
4515X / Reten20003 / 9035Asbesto / Gas	0,91%
4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto	4,24%
Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas	6,67%
4515X / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas	4,24%
4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / Gas	2,12%
4515X / Reten20003 / 4515Asbesto / 9035Asbesto / Gas	3,33%

Fuente: Autor de proyecto

9.2 TIEMPO DE LLEGADA DE LOS CLIENTES

S.S. S.A. cuenta con un almacén de repuestos ubicado estratégicamente dentro del taller y con amplio acceso para las personas que necesiten adquirir algún repuesto; el tiempo de llegada de los clientes al almacén es muy variable y no se cuenta con una facturación sistematizada que muestre la hora exacta en realizar una venta. Para calcular el tiempo de llegada de los clientes se necesitó consultar la variación de los días (de todo el año 2011) en que se realizó una compra o un pedido por parte del cliente. (ver Anexo D).

La variación de una compra a otro en días se ingresaron en un archivo .txt utilizando el block de notas. Posteriormente se utilizó la herramienta Input Analyzer del Software Arena. El resultado del tipo de distribución y la expresión elegida se deben a que es la que menor error presenta de las demás posibilidades.

TABLA 6: Tiempo de llegada de los clientes

Arrivos	Distribución	Expresión
Llegada Clientes	Normal	$NORM(1.01, 0.197)$

9.3 TIEMPO DE DESPACHO DE LOS REPUESTOS

El almacén de S.S.S.A. cuenta con un almacenista quien es el encargado de solicitar un pedido; la empresa no tiene información ni registros que determine un tiempo exacto de despacho de los repuestos; así que se acudió al gerente quien asegura que el repuesto de bandas de frenos en general es un poco más demorado en despacharse al cliente, debido a que se necesita que el mecánico

valore la situación del vehículo y solicite las cantidades del repuesto al almacenista, seguidamente el mecánico tarda una (1) hora como tiempo máximo en desarmar las llantas y las campanas (del remolque o el cabezote) para posteriormente ser entregado el repuesto. Los repuestos como el reten trasero 20003 y el gas refrigerante se entregan casi de inmediato, aunque a veces puede tardar a lo sumo 15 minutos debido a que es en este tiempo en que se desarma el conducto del aire acondicionado; el reten trasero se despacha cuando el mecánico de muelles haya instalado las bandas de frenos dentro de las campanas de las llantas, esto puede tardar a lo sumo 20 minutos.

A continuación se presenta la Tabla 17 que muestra los tiempos de despacho valorados de cada repuesto.

TABLA 7: Tiempos de despacho valorados para cada repuesto

Repuesto	Tiempo (min)
Bandas frenos 4515X	36
Reten Trasero 20003	18
Bandas frenos 4515 Asbesto	42
Bandas frenos 9035 Asbesto	54
Gas refrigerante 134	12

Fuente: Autor de proyecto

10 MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA

Todo modelo de simulación consta de cuatro (4) pasos esenciales: primero: Recolectar los datos pertinentes para poder realizar los cálculos correspondientes que luego serán introducidos en los bloques del Software Arena. Segundo: Con la información organizada se procede a realizar un análisis de la información para determinar la manera óptima de cómo abordar el problema. Tercero: Una vez seleccionada la forma de realizar el modelo, se procede a la elaboración como tal de la estructura de la simulación, siempre teniendo en cuenta el uso óptimo de bloques y entidades para poder desarrollar un modelo que sea práctico para personas no familiarizadas con el lenguaje de programación. Cuarto: Se procede a realizar el respectivo análisis de los resultados obtenidos, con el fin de obtener información que permita soportar el proceso de toma de decisiones¹⁵.

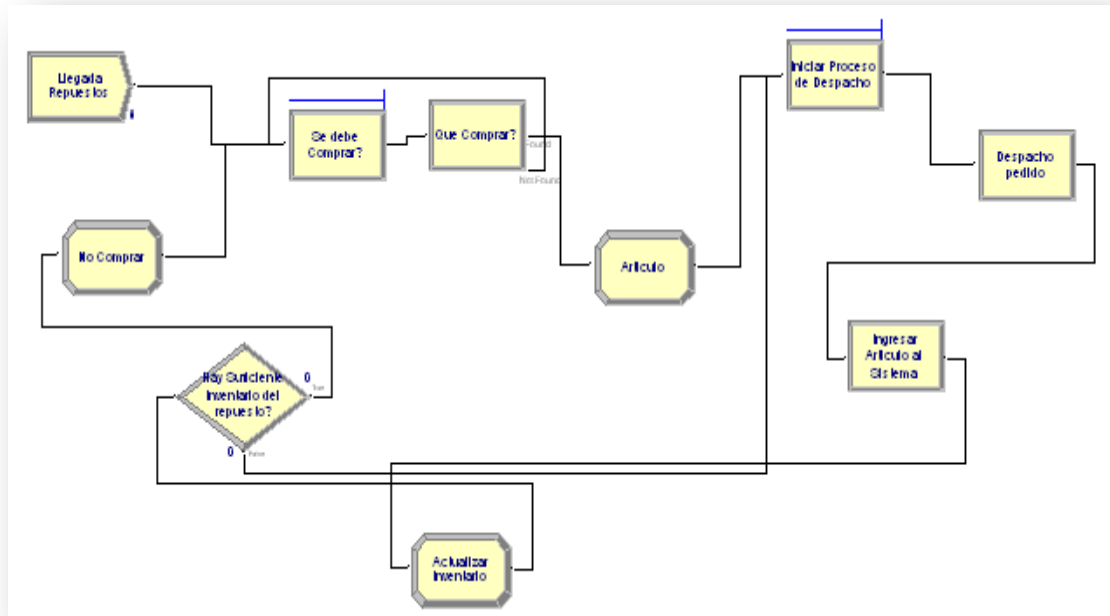
Nota: Para el modelo de simulación los repuestos analizados en este trabajo se denominaron así: Bandas frenos 4515X (inventario (1)), reten trasero 20003 (inventario (2)), bandas frenos 4515 Asbesto (inventario (3)), bandas frenos 9035 Asbesto (inventario (4)) y gas refrigerante 134 (inventario (5)). La simulación del modelo es de 365 días

Para desarrollar el modelo de simulación de inventarios de la S.S.S.A. se segmentó en dos (2) partes el modelo: Segmento de administración de inventarios y Segmento de administración de la demanda. El primer segmento hace un seguimiento al comportamiento de las entidades de la unidad de los repuestos y simula las acciones de compra de lotes (cantidad a comprar) y verificación de inventario, consta de los siguientes bloques: **Create**, que es el bloque encargado de la emisión de la entidad que hará las veces de unidades de repuestos, para saber si se debe comprar un producto se creó un bloque **Hold** donde se establece

¹⁵ A. Fabregas, R. Wadnigar, C. Paternina y A. Mancilla. "Simulación de Sistemas Productivos con Arena" Ed. Uninorte.

una orden de compra para cada producto y éstas deben ser mayor a cero (0); seguidamente se utilizó un bloque **Search** donde se busca el repuesto a comprar bajo la condición $Orden\ de\ Compra(J)=1$, el tipo de búsqueda (*search an expression*) inicia desde un valor de uno (1) y finaliza en un valor de cinco (5) (porque son cinco (5) repuestos diferentes); cuando se encuentra o se identifica el repuesto que se debe comprar se establece un **Assign** y se nombra una variable como *producto actual* con un valor de J con el fin de mantener la integridad de su valor; a continuación la entidad pasa por tres módulos (**Seize, Delay y Release**) aquí se inicia el proceso de despacho de un repuesto, se elige un recurso que será el almacenista quien entrega los repuestos a los clientes, en la variable *Tiempos de despacho* se introduce los tiempos anteriormente citados de cada repuesto y se libera la entidad; una vez llega el pedido del repuesto se usa un **Assign** que actualice el inventario según el tamaño de lote (cantidad pedida por cada repuesto) con una expresión $Inventario(Producto\ Actual)+Tamaño\ de\ Lote(Producto\ Actual)$; una vez actualizado el inventario se procede a formular una pregunta: *Hay suficiente inventario del repuesto?* Para ello se necesita un **Decide** con tipo 2 –*way by condition* y con expresión $Inventario(Producto\ Actual)\geq Nivel\ Objetivo(Producto\ Actual)$ si esto es verdadero, inmediatamente se establece un **Assign** donde la $Orden\ de\ Compra(Producto\ Actual)$ sea igual a cero (0), esto quiere decir que si el nivel de inventario de dicho repuesto es mayor o igual al nivel objetivo, no se debe comprar el repuesto, si esta expresión es falsa la entidad vuelve al inicio del proceso de compra. (Ver Figura 3: Modelo del segmento de administración de inventario).

FIGURA 3: Modelo del segmento de administración de inventario.



Fuente: Autor de proyecto

En el segmento de la administración de la demanda se hace un seguimiento al criterio de compra de los clientes según la frecuencia observada de cada combinación de repuestos, se analiza el proceso de venta y se registran los clientes no atendidos por escasez de repuestos, consta de los siguientes bloques: **Create** bloque encargado de registrar la llegada de los clientes bajo una expresión de tiempo, seguidamente se encuentra un *Submodel* donde se registra un **Decide** de tipo *N-way by chance* que formula una pregunta: Qué tipo de cliente? Acá se ingresan las 31 (treinta y una) probabilidades de cada combinación de repuestos, estas probabilidades suman 100%; dentro del *Submodel* se encuentran también 31 (treinta y un) **Assign** que representan treinta y una (31) combinaciones de productos (Ver Figura 4: Submodelo tipo de clientes y combinaciones), en ellos se establecen unos atributos como: el tipo de cliente (van enumerados de 1 hasta 31 tipos de clientes), la demanda de cada repuesto (vista anteriormente en el punto 8.2), *variable array (1D)* con valor *Total Cliente(tipo 1, 2, 3, 4, 5, 6.....31)+1* y un

valor presentado como *other* y expresado: $PC(1)=$ bandas frenos 4515X, $PC(2)=$ reten trasero 20003, $PC(3)=$ bandas frenos 4515 Asbesto, $PC(4)=$ bandas frenos 9035 Asbesto y $PC(5)=$ gas refrigerante 134, este PC(repuesto) toma valores de uno (1) ó cero (0) según sea la combinación de repuestos (Ver Figura 5: Bloque **Assign** para el cliente tipo 24 con la combinación de repuestos Bandas 4515X, Reten Trasero 20003 y Gas Refrigerante); luego, la entidad entra en un **Hold** con una condición $Servidor\ libre=1$ donde espera a ser atendida, seguidamente se encuentra un **Assign** para determinar que el servidor está atendiendo dicha entidad (cliente), dando una expresión de variable a *Servidor libre* con un valor de 0 (cero). Después de atendido el cliente y es conocido el requerimiento de este, se establece un **Search** que se encarga de buscar el repuesto ó los repuestos que requiere el cliente con un valor inicial de 1 (uno) y un valor final de 5 (cinco) con la condición $PC(J)=1$; la entidad entra a un **Decide** donde se verifica el inventario, este es de tipo *2-way by condition*, con un valor de $Inventario(Producto\ Actual)\geq Demanda(Producto\ Actual)$, si esta condición es falsa quiere decir que no hay suficiente inventario para satisfacer la demanda y se perdería una venta, por consiguiente se perdería un cliente, esto se registra en un bloque **Assign** con una variable *Perdidos* y un valor $Perdidos(Producto\ Actual)+1$, ésta entidad volvería al bloque **Search** para ver que otro repuesto necesita y si no necesita más repuestos sale del sistema; si esta condición es verdadera quiere decir que hay suficiente inventario para satisfacer la demanda y sigue a un bloque **Assign** donde se disminuye el inventario con la expresión $Inventario(Producto\ Actual)-Demanda(Producto\ Actual)$, posteriormente llega a un bloque **Decide** donde se registra la compra, de tipo *2-way by condition*, con un valor de $Inventario(Producto\ Actual)\geq Punto\ de\ Reorden(Producto\ Actual)$, si esta condición se cumple, llega a un bloque **Assign** donde se actualiza la compra del cliente con $Orden\ de\ Compra(Producto\ Actual)= 1$, si la condición no se cumple, la entidad vuelve al bloque **Search** y si no hay mas compra, sale del sistema. (Ver Figura 6: Modelo del segmento de administración de la demanda).

FIGURA 4: Submodelo tipo de clientes y combinaciones

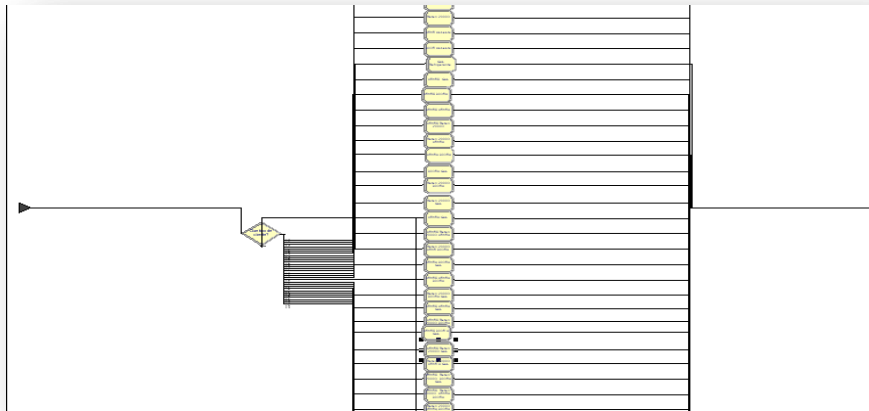


FIGURA 5: Bloque **Assign** para el cliente tipo 24 con la combinación de repuestos Bandas 4515X, Reten Trasero 20003 y Gas Refrigerante

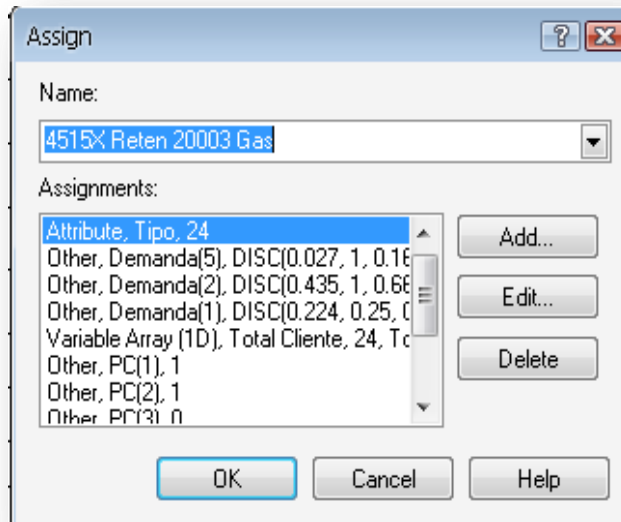
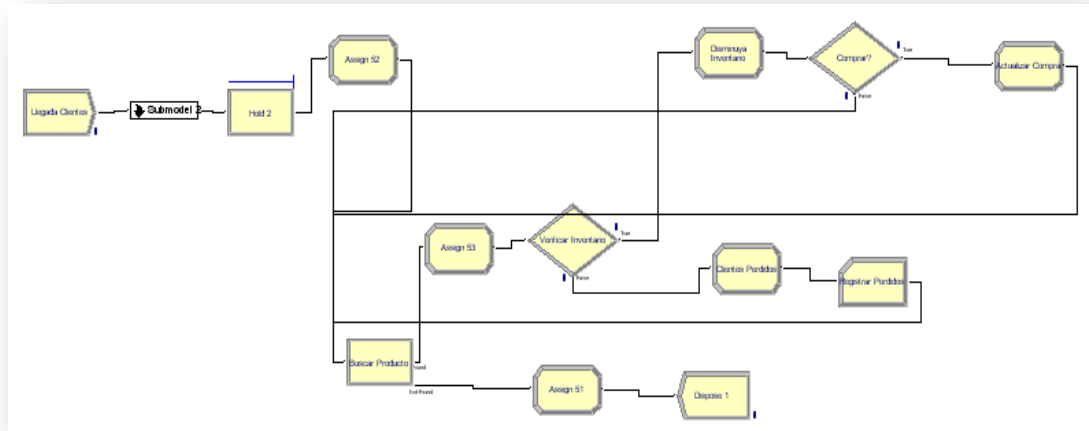


FIGURA 6: Modelo del segmento de administración de la demanda



En el *Basic Process* del Software Arena se trabajaron con 12 (doce) variables para el modelo de simulación de la S.S.S.A. En este bloque se introducen los diferentes valores de Punto de Reorden, Nivel Objetivo y tamaño de lote en las pruebas pilotos para así determinar la mejor alternativa (s, S).

FIGURA 7: Variables registradas en el *Basic Process*

Variable - Basic Process								
	Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics
1	Producto Actual			Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
2	Nivel Objetivo	5		Real	System		5 rows	<input type="checkbox"/>
3	Punto de Reorden	5		Real	System		5 rows	<input type="checkbox"/>
4	Inventario	5		Real	System		5 rows	<input type="checkbox"/>
5	Orden de Compra	5		Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
6	Tamano Lote	5		Real	System		5 rows	<input type="checkbox"/>
7	Perdidos	5		Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
8	Total Cliente	31		Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
9	servidorlibre	<input type="text" value="31"/>		Real	System		1 rows	<input type="checkbox"/>
10	PC	5		Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>
11	Tiempo Despacho	5		Real	System		5 rows	<input type="checkbox"/>
12	Demanda	5		Real	System		0 rows	<input type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

11. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN (s,S) Y TAMAÑO DE LOTE ÓPTIMO PARA CONTROL DE INVENTARIO

En este capítulo se presenta una serie de experimentos que se realizaron a prueba y error, en el *Basic Process* del Software Arena se ingresaron diferentes valores de (s, S) y de tamaño de lote, cuando el modelo de simulación “corría” se analizaba el comportamiento de las variables: *Nivel de Inventario y Clientes Perdidos*. Los valores de (s, S) aquí examinados se tomaron bajo criterios como: El punto de reorden, debe ser la cantidad mínima en la cual no se pierda ni se deje de atender a un cliente según la demanda estudiada, el nivel objetivo, debe ser la cantidad máxima de stock que se debe tener del repuesto no excediendo en costos de inventarios ni en capacidad de almacenamiento de los estantes, el tamaño de lote, debe ser la cantidad óptima de pedido a los proveedores, esto con el fin de pedir lo necesario sin exceder el número de facturas o cuentas por pagar para así cumplir con las obligaciones a tiempo con los proveedores y tener una buena imagen con ellos.

El modelo de simulación de inventarios (s, S) debe arrojar un resultado que le permita principalmente a la S.S.S.A. cumplir y satisfacer al ciento por ciento (100%) con la demanda del cliente, no permitir la ruptura o escasez de un repuesto, mantener un nivel de inventario adecuado de cada repuesto, establecer la cantidad óptima que se debe pedir al proveedor de cada repuesto y cuándo hacer dicho pedido.

Para la identificación y evaluación de la solución (s, S), se necesita realizar pruebas piloto con diferentes valores de (s, S), posteriormente analizar a qué cantidad de clientes no se les cumplió con la demanda de los repuestos solicitados. La solución óptima al problema de control de inventarios de la S.S.S.A. es la que mantenga los valores de clientes perdidos o insatisfechos en cero (0).

Se analizaron 10 valores de (s, S) para cada repuesto, estos valores son los que representan un mejor ajuste al modelo de simulación. (Para cada producto se analizaron más de 25 simulaciones con valores distintos de s, S).

Las simulaciones en el Software Arena se encuentran en el Anexo E.

11.1 DATOS DEL REPUESTO BANDAS FRENOS 4515X (INVENTARIO1)

Bandas Frenos 4515X (Inventario 1)

TABLA 8: Datos del repuesto Bandas frenos 4515X (Inventario1)

Repuesto	# Combinaciones presente y Frecuencias Observadas	Distribución	Tiempo de despacho
Bandas Frenos 4515X (Inventario 1)	4515X	6,97%	Disc(0.224, 0.25, 0.441, 0.50, 0.601, 0.75, 0.748, 1, 0.818, 1.25, 0.888, 1.50, 0.916, 1.75, 0.930, 2, 0.937, 2.25, 0.972, 2.50, 0.979, 3.25, 0.986, 3.50, 0.993, 4.50, 1, 11.25)
	4515X/Gas	4,85%	
	4515X/9035A	2,73%	
	4515X/4515A	2,73%	
	4515X/Reten	3,64%	
	4515X/Reten/4515A	2,73%	
	4515X/4515A/9035A	0,61%	
	4515X/4515A/Gas	0,91%	
	4515X/Reten/9035A	1,82%	
	4515X/9035A/Gas	0,91%	
	4515X/Reten/Gas	5,76%	
	4515X/Reten/9035A/Gas	0,91%	
	4515X/Reten/4515A/9035A	4,24%	
	4515X/4515A/9035A/Gas	4,24%	
	4515X/Reten/4515A/Gas	2,12%	
	4515X/Reten/4515A/9035A/Gas	3,33%	
			36 Minutos

Fuente: Autor de proyecto

11.1.1 Resultados Obtenidos del Software Arena

TABLA 9: Resultados Obtenidos del repuesto Bandas frenos 4515X (Inventario 1).

Valores s, S		Tamaño de Lote	Inventario Final del Período	Clientes Perdidos en un año
6,25	16	6,5	18	5
6,75	15,5	6	18	3
7	15,5	6,25	15,5	4
7,5	15,5	6	8,25	4
8	15,5	8	18	2
8,5	15,5	9,5	15	2
8,75	18,75	10	20,75	2
9,25	19,25	10	10	1
9,25	19,5	10,25	18,25	0
9,25	19,75	10,5	15,25	0

Fuente: Autor de proyecto

11.1.2 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución

Se puede observar en la tabla de resultados 10 valores de (s, S) y tamaños de lote, la idea primordial de este trabajo se centra en que se debe satisfacer completamente la demanda de los clientes manteniendo un nivel de inventario óptimo y las cantidades óptimas (para este caso) del repuesto bandas frenos 4515X (Inventario 1), bajo esta idea las parejas (9.25, 19.5) con tamaño de lote de 10,25 y (9.25, 19,75) con tamaño de lote de 10,5 cumplen a cabalidad con el objetivo de que a lo largo de un año no se pierda ni se deje de atender a un cliente por faltantes. La mejor alternativa de solución para este repuesto es la pareja (9.25, 19.5) con tamaño de lote 10,25, porque permite manejar un nivel de inventario un poco más bajo, esto en representación de almacenamiento y costos de inventario favorecen más a la S.S.S.A.

11.2 RETEN TRASERO 20003 (INVENTARIO 2)

11.2.1 Datos del repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2)

TABLA 10: Datos del repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2)

Repuesto	# Combinaciones presente y Frecuencias Observadas		Distribución	Tiempo de despacho
Reten Trasero 20003 (Inventario 2)	Reten	2,73 %	Disc(0.435, 1, 0.669, 2, 0.825, 3, 0.870, 4, 0.929, 5, 0.961, 6, 0.968, 7, 0.974, 8, 0.981, 9, 0.987, 17, 0.994, 20, 1, 28)	18 minutos
	Reten/4515X	3,64 %		
	Reten/4515A	3,03 %		
	Reten/9035A	2,12 %		
	Reten/Gas	3,64 %		
	Reten/4515X/4515A	2,73 %		
	Reten/4515A/9035A	1,82 %		
	Reten/9035A/Gas	5,76 %		
	Reten/4515X/9035A	1,82 %		
	Reten/4515X/Gas	5,76 %		
	Reten/4515A/Gas	3,64 %		
	Reten/4515X/9035A/Gas	0,91 %		
	Reten/4515X/4515A/Gas	4,24 %		
	Reten/4515A/9035A/Gas	6,67 %		
	Reten/4515X/4515A/Gas	2,12 %		
Reten/4515X/4515A/9035A/Gas	3,33 %			

Fuente: Autor de proyecto

11.2.2 Resultados obtenidos del Software Arena

TABLA 11: Resultados obtenidos del repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2).

Valores s, S		Tamaño de Lote	Inventario Final del Período	Clientes Perdidos en un año
15	38	23	26	6
18	38	25	42	2
19	38	25	18	2
20	38	25	34	6
20	39	25	28	5
20	40	25	22	3
20	40	26	34	5
20	40	27	26	5
20	40	28	26	6
20	40	29	41	3
20	50	30	48	0

Fuente: Autor de proyecto

11.2.3 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución

La anterior tabla provee 11 valores diferentes de (s, S) para el repuesto Reten trasero 20003 (Inventario 2), con el fin de establecer las cantidades óptimas de inventario y el tamaño de lote que se debe hacer cada vez que el inventario está en el punto de reorden (s). La pareja que cumple con la idea principal del trabajo de no perder clientes por faltantes de repuesto es (20, 50) con tamaño de lote de 30 unidades. Por lo tanto esta es la mejor alternativa de solución para el control de inventario de este repuesto.

11.3 BANDAS FRENOS 4515 ASBESTO (INVENTARIO 3)

11.3.1 Datos repuesto

TABLA 12: Datos del repuesto bandas frenos 4515 Asbesto (Inventario 3)

Repuesto	# Combinaciones presente y Frecuencias Observadas		Distribución	Tiempo de despacho
Bandas Frenos 4515 Asbesto (Inventario 3)	4515A	5,15%	Disc(0.217, 0.25, 0.514, 0.50, 0.659, 0.75, 0.783, 1, 0.841, 1.25, 0.877, 1.50, 0.899, 1.75, 0.928, 2, 0.935, 2.25, 0.942, 2.50, 0.957, 2.75, 0.964, 3, 0.971, 3.25, 0.978, 3.75, 0.986, 4, 0.993, 5.75, 1, 10.5)	42 Minutos
	4515A/4515X	2,73%		
	4515A/Reten	3,03%		
	4515A/9035A	3,64%		
	4515A/ Gas	0,30%		
	4515A/4515X/Reten	2,73%		
	4515A/Reten/9035A	1,82%		
	4515A/9035A/Gas	2,42%		
	4515A/4515X/9035A	0,61%		
	4515A/4515X/Gas	0,91%		
	4515A/Reten/Gas	3,64%		
	4515A/4515X/Reten/9035A	4,24%		
	4515A/Reten/9035A/Gas	6,67%		
	4515A/4515X/9035A/Gas	4,24%		
	4515A/4515X/Reten/Gas	2,12%		
	4515A/4515X/Reten/9035A/Gas	3,33%		

Fuente: Autor de proyecto

11.3.2 Resultados Obtenidos en el Software Arena

TABLA 13: Resultados obtenidos del repuesto Bandas frenos 4515 Asbesto (Inventario 3)

Valores s, S		Tamaño de Lote	Inventario Final del Período	Clientes Perdidos en un año
6	14	6,5	12	6
6,25	14	6,5	11	11
6,5	14	9	8,75	2
7,25	14	9	10	2
7,75	14	9,25	13	2
7,75	17,75	10	19,75	1
7,75	18	10,25	11	4
7,5	14	9	12,5	9
5,75	14	6,75	9,75	9
7,75	18,25	10,5	8,25	0

Fuente: Autor de proyecto

11.3.3 Evaluación de los resultados y Mejor alternativa de solución

La anterior tabla evidencia 10 valores diferentes de (s, S) para el repuesto Bandas frenos 4515 Asbesto (Inventario 3), con el fin de establecer las cantidades óptimas de inventario y el tamaño de lote que se debe hacer cada vez que el inventario está en el punto de reorden (s). La pareja que cumple con la idea principal del trabajo de no perder clientes por faltantes de repuesto es (7.75, 18.25) con tamaño de lote de 10.5 unidades. Por lo tanto esta es la mejor alternativa de solución para el control de inventario de este repuesto.

11.4 BANDAS FRENOS 9035 ASBESTO (INVENTARIO 4)

11.4.1 Datos Repuesto

TABLA 14: Datos del repuesto Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 4)

Repuesto	# Combinaciones presente y Frecuencias Observadas		Distribución	Tiempo de despacho
Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 4)	9035A	0,61%	Disc(0.307, 0.25, 0.664, 0.50, 0.766, 0.75, 0.876, 1, 0.898, 1.25, 0.927, 1.50, 0.942, 1.75, 0.978, 2, 0.985, 2.25, 1, 2.5)	54 Minutos
	9035A/4515X	2,73%		
	9035A/4515A	3,64%		
	9035A/Gas	2,42%		
	9035A/Reten	2,12%		
	9035A/Reten/4515A	1,82%		
	9035A/4515A/Gas	2,42%		
	9035A/4515X/4515A	0,61%		
	9035A/Reten/Gas	5,76%		
	9035A/4515X/Reten	1,82%		
	9035A/4515X/Gas	0,91%		
	9035A/4515X/Reten/Gas	0,91%		
	9035A/4515X/Reten/4515A	4,24%		
	9035A/Reten/4515A/Gas	6,67%		
	9035A/4515X/4515A/Gas	4,24%		
9035A/4515X/Reten/4515A/Gas	3,33%			

Fuente: Autor de proyecto

11.4.2 Resultados obtenidos en el Software Arena

TABLA 15: Resultados obtenidos del repuesto Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 3)

Valores s, S		Tamaño de Lote	Inventario Final del Período	Clientes Perdidos en un año
3,5	12	5,5	22,25	1
4	12	5,5	9,5	0
3,5	11,5	5	6,5	0
3,25	11,25	4,75	11	0
3	11	4,5	13	0
2,75	10,75	4,25	7,75	1
2,75	7	4,25	3	5
3	12	5,5	3,45	1
3,5	12	6,5	13,75	3
2,75	8	5,25	4,5	0

Fuente: Autor de proyecto

11.4.3 Evaluación de resultados y Mejor alternativa de solución

La anterior tabla muestra 10 valores diferentes de (s, S) para el repuesto Bandas frenos 9035 Asbesto (Inventario 3), con el fin de establecer las cantidades óptimas de inventario y el tamaño de lote que se debe hacer cada vez que el inventario está en el punto de reorden (s). Hay varias parejas que cumplen con la idea principal del trabajo de no perder clientes por faltantes de repuestos como: (4, 12) con tamaño de lote de 9.5 unidades; (3.5, 11.5) con tamaño de lote de 5 unidades; (3.25, 11.25) con tamaño de lote de 4.75 unidades; (3, 11) con tamaño de lote de 4,5 unidades y (2.75, 8) con tamaño de lote de 5.25 unidades. Por lo tanto se escoge la alternativa (2.75, 8) con tamaño de lote de 5.25 unidades, pues esta es la mejor alternativa de solución para el control de inventario de este repuesto

porque permite manejar niveles más bajos de inventarios y es pertinente para la empresa para espacios de almacenamiento.

11.5 GAS REFRIGERANTE 134 (INVENTARIO 5)

11.5.1 Datos del Repuesto gas refrigerante 134 (inventario 5)

TABLA 16: Datos del repuesto Gas refrigerante 134 (Inventario 4)

Repuesto	# Combinaciones presente y Frecuencias Observadas		Distribución	Tiempo de despacho
Gas Refrigerante 134 (Inventario 5)	Gas	7,27%	Disc(0.027, 1, 0.162, 2, 0.284, 3, 0.338, 4, 0.405, 5, 0.459, 6, 0.473, 7, 0.541, 8, 0.595, 10, 0.635, 11, 0.676, 12, 0.716, 13, 0.730, 14, 0.797, 17, 0.838, 18, 0.851, 19, 0.878, 20, 0.905, 22, 0.919, 28, 0.932, 40, 0.946, 59, 0.959, 60, 0.973, 68, 0.986, 82, 1, 84)	12 Minutos
	Gas/4515X	4,85%		
	Gas/9035A	2,42%		
	Gas/Reten	3,64%		
	Gas/4515A	0,30%		
	Gas/4515A/9035A	2,42%		
	Gas/Reten/9035A	5,76%		
	Gas/4515X/4515A	0,91%		
	Gas/4515X/9035A	0,91%		
	Gas/4515X/Reten	5,76%		
	Gas/Reten/4515A	3,64%		
	Gas/4515X/Reten/9035A	0,91%		
	Gas/Reten/4515A/9035A	6,67%		
	Gas/4515X/4515A/9035A	4,24%		
	Gas/4515X/Reten/4515A	2,12%		
	Gas/4515X/Reten/4515A/9035A	3,33%		

Fuente: Autor de proyecto

11.5.2 Resultados obtenidos en el Software Arena

TABLA 17: Resultados obtenidos del repuesto Gas refrigerante 134 (Inventario 5)

Valores s, S		Tamaño de Lote	Inventario Final del Período	Clientes Perdidos en un año
45	90	60	512	17
60	100	45	220	8
65	100	46	235	5
66	100	46	368	10
65	100	50	433	8
70	100	55	177	4
72	100	55	235	9
75	105	65	98	4
80	120	65	112	1
80	153	73	146	0

Fuente: Autor de proyecto

11.5.3 Evaluación de resultados y Mejor alternativa de solución

La anterior tabla proporciona 10 valores diferentes de (s, S) para el repuesto Gas refrigerante 134 (Inventario 5), con el fin de establecer las cantidades óptimas de inventario y el tamaño de lote que se debe hacer cada vez que el inventario está en el punto de reorden (s). La pareja que cumple con la idea principal del trabajo de no perder clientes por faltantes de repuesto es (80, 153) con tamaño de lote de 73 unidades. Por lo tanto esta es la mejor alternativa de solución para el control de inventario de este repuesto.

11.6 MEJOR ALTERNATIVA PARA CADA REPUESTO

TABLA 18: Propuesta final de estudio

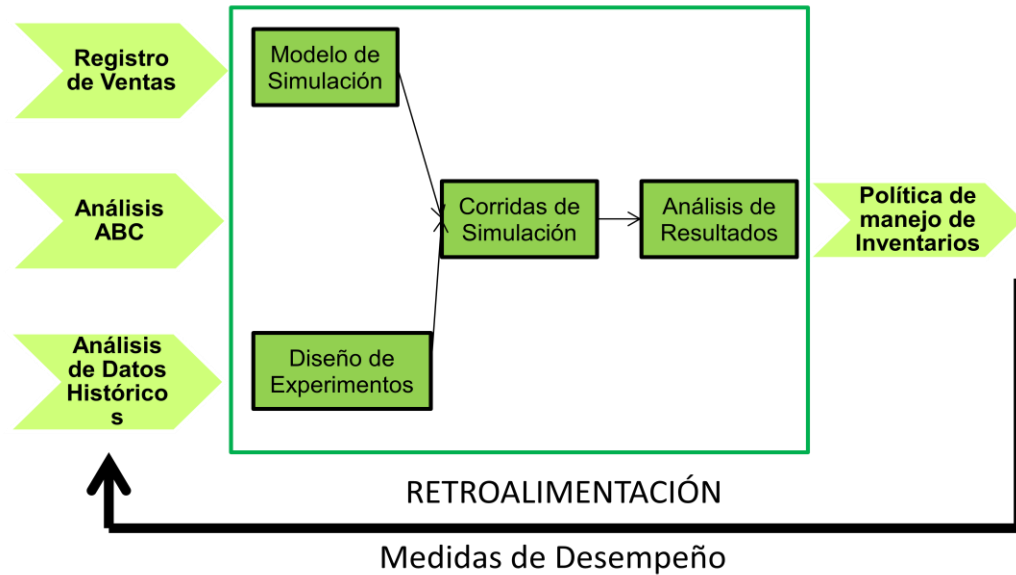
Repuesto	s	S	Tamaño Lote
Bandas Frenos 4515X (Inventario 1)	9.25	19.5	10.25
Reten Trasero 20003 (Inventario 2)	20	50	30
Bandas Frenos 4515 Asbesto (Inventario 3)	7.75	18.25	10.5
Bandas Frenos 9035 Asbesto (Inventario 4)	2.75	8	5.25
Gas Refrigerante	80	153	73

Fuente: Autor del Proyecto

La anterior tabla evidencia la propuesta final del estudio donde por medio de pruebas piloto en el modelo de simulación estas alternativas cumplen con el objeto de elevar el nivel de satisfacción del cliente , pues permiten que con dichas cantidades tanto en punto de reorden, nivel objetivo y tamaño de lote pueda atenderse al 100% todos los requerimientos y exigencias de los clientes.

12 ENFOQUE GLOBAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS

FIGURA 8: Sistema de control de Inventarios



Fuente: Autor de proyecto

Se propone un sistema de control de inventarios para la empresa S.S. S.A con el cual se pretende mejorar la gestión de los stocks mediante una política de manejo de inventarios con una medida de desempeño enfocada en la satisfacción de los clientes. Las entradas de este sistema son: Los registros de ventas de la empresa, análisis ABC con el cual se determinan los repuestos más representativos en ventas para la empresa y el análisis de los datos históricos de cada repuesto. Las partes principales del sistema son: El modelo de simulación que recibe todos los datos de las entradas, los experimentos que se realizan o corridas de la simulación y el análisis de los resultados que arrojaron los experimentos. La salida del sistema es la política de manejo de inventarios y la retroalimentación del sistema nos indica las medidas de desempeño, que para este caso es operacional puesto que el análisis se centró en tener un nivel alto de satisfacción de los clientes.

CONCLUSIONES

Se hizo un diagnóstico general de la empresa que permitió conocer las funciones operativas y las relaciones con grupo de interés como los socios, clientes y proveedores.

Se realizó un historial de ventas del año 2011 para la empresa Sociedad Soserauto S.A.

Mediante una clasificación ABC de inventarios y un análisis de Pareto, se identificaron los cinco (5) repuestos más significativos en ventas para la empresa.

Se consultó toda la facturación de ventas del año 2011 para cada repuesto y se determinó la distribución de probabilidad de la demanda para cada repuesto.

Se analizaron las preferencias de compra de los clientes y se determinó 31 (Treinta y una) combinaciones posibles de los repuestos estudiados.

Se desarrolló un muestreo estadístico de la facturación de ventas para determinar la probabilidad en la preferencia de compra de los clientes en cada una de las 31 (Treinta y una) combinaciones de repuestos.

Se determinaron los tiempos de llegada de los clientes y los tiempos de despacho de los repuestos para alimentar el modelo de simulación.

Se construyó un modelo de simulación para el control de inventario utilizando el Software Arena.

Se realizaron pruebas piloto con diferentes combinaciones de valores de (s, S) para cada repuesto, de donde se tomaron los valores de la mejor alternativa de

solución para cada uno de los cinco (5) repuestos sometidos a estudios para los 365 días de duración de la simulación.

Se analizaron y evaluaron los resultados obtenidos de la simulación y se identificó la mejor política de manejo de inventarios tomando como criterio de optimización el nivel de satisfacción del cliente.

RECOMENDACIONES

Para una satisfacción total de los clientes, se recomienda realizar un estudio para al menos el 40% restante de los repuestos que no se tuvieron en cuenta en este trabajo y que tienen representación en las ventas de la empresa.

Para trabajos futuros se puede realizar una optimización en el control de inventarios teniendo además del criterio de optimización utilizado en este trabajo, el criterio de optimización de costos que intervienen en el manejo de los inventarios.

Para trabajos futuros se puede diseñar un modelo de simulación de inventarios que tenga en cuenta el tiempo de llegada de clientes para cada repuesto.

BIBLIOGRAFÍA

KOTLER, Philip. Dirección de Mercadotecnia, Octava Edición, Prentice Hall. Pág. 7.

Blanco Rivero, Luis Ernesto. Fajardo Piedrahita, Iván Darío. Simulación con ProModel: Casos de Producción y Logística . 2ª.ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Marzo de 2003, P.3 P.15 P.212

Sven, Axâter. Inventory Control. 2ª.ed. Boston: Springer Science, 2006, P.2

KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con Software Arena. Cuarta Edición. Mc Graw Hill 2008 pág 245.

RAMÍREZ ESPITIA, Carlos Andrés. *DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UNA SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA COMO SOLUCIÓN EN MANEJO DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA INDUSTRIA PINTULATEX*. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Facultad de Ingeniería Industrial. 2010.

OCHOA PERTUZ, Diana María. ROJAS SANTIAGO, Miguel. BARRERA GUARÍN, Edison. *DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE INVENTARIOS DE INSUMOS EN EL CENTRO DE REPARACIÓN DE COMPONENTES DE LA EMPRESA "GENERAL DE EQUIPOS DE COLOMBIA S.A."*. Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería Industrial. 2009.

REYES AGUILAR, Primitivo. *Administración de Inventarios en almacenes. Logística y Operación*. 2009.

SIPPER, Daniel; BULFIN, Robert. Planeación y Control de la Producción. México: McGraw-Hill, 1997. P.219.

Coss Bu, Raúl .Simulación: Un Enfoque Práctico. Editorial Limusa, 1998. p . 12-14.

A. Fabregas, R. Wadnipar, C. Paternina y A. Mancilla. “Simulación de Sistemas Productivos con Arena” Ed. Uninorte.

WEBGRAFÍA

Almacén. Catarina.udlap.mx. Citado el 13 de Junio de l 2010. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/moreno_g_j/capitulo3.pdf

Administración de Inventarios. Objetivos de la Administración de los Inventarios. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/23580354/SIMULACION-DE-INVENTARIOS>

Análisis ABC- De Pareto. Negociosi.com. Citado el 19 de Mayo del 2010. Disponible en: <http://negociosi.com/analisis-abc-pareto.html>

Facultad de Ingeniería Industrial, Informática Arena. Software Arena. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/46693561/Arena>

