

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UNA SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE
ARENA COMO SOLUCIÓN EN MANEJO DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA
INDUSTRIAS PINTULATEX

CARLOS ANDRÉS RAMÍREZ ESPITIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SECCIONAL BUCARAMANGA
2010

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UNA SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE
ARENA COMO SOLUCIÓN EN MANEJO DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA
INDUSTRIAS PINTULATEX

CARLOS ANDRÉS RAMÍREZ ESPITIA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR TRABAJO DE GRADO
ING. RUBÉN DARÍO JÁCOME CABRALES

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SECCIONAL BUCARAMANGA
2010

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Mayo 21 de 2010

DEDICATORIA

Este gran paso en mi vida, mi título profesional, es un objetivo alcanzado gracias al esfuerzo y esmero de mis padres, quienes creyeron en mí, brindándome la oportunidad de estudiar y dándome apoyo incondicional para salir adelante durante toda mi vida universitaria.

Mi abuela Lucy y mi hermano también les dedico este logro ya que con sus palabras y respaldo no permitieron que desfalleciera en el camino, y especialmente quiero hacer una dedicación a Nathalia por siempre ser esa persona tan especial y fundamental en mi vida emocional.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero hacer un sincero y profundo agradecimiento a mi Dios, por darme salud y fortaleza para lograr superar cada uno de las pruebas que la vida nos pone.

Seguidamente, expreso un profundo agradecimiento a las siguientes personas:

- ✓ Rubén Darío Jácome, Ingeniero Industrial y Director, por su seguimiento, enseñanzas y valiosas orientaciones.
- ✓ Abg. Leidy Bermúdez, Gerente y propietaria, por la valiosa colaboración y suministradora de la información necesaria para este trabajo.
- ✓ Ramiro Bermúdez, Miembro fundamental en la empresa, por su formalidad, amabilidad y por facilitarme la recolección de información propios de la empresa.
- ✓ A cada uno de mis profesores en mi carrera profesional, por el conocimiento transmitido.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	15
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	17
1.1 Reseña Histórica	17
1.2 Productos	17
1.3 Tamaño de la Empresa	19
1.4 Estructura Organizacional	19
1.5 Descripción General del Área Especifica de Trabajo	20
1.6 Descripción General del Proceso	20
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCE	21
3. ANTECEDENTES	22
3.1 Antecedentes Bibliográficos Relacionados	22
4 JUSTIFICACIÓN	23
5. OBJETIVOS	24
5.1 Objetivo General	24
5.2 Objetivos Específicos	24
6. MARCO TEÓRICO	25
6.1 Análisis ABC – de Pareto	25
6.2 Inventarios	26
6.3 Sistema de Inventarios	26
6.4 Costos de Inventario	27
6.4.1 Costo de colocar la orden	27
6.4.2 Costo de precio descontado	27
6.4.3 Costos por faltantes	27
6.4.4 Costos de capital de trabajo	27
6.4.5 Costo de almacenar	27
6.4.6 Costo de obsolescencia	27
6.4.7 Costos de ineficiencia en la producción	27
6.5 Software Arena	27
6.6 Simulación de Inventario (s,S)	28
7. HISTORIAL DE VENTAS Y ANÁLISIS	29
7.1 Historial de Ventas	29
7.2 Análisis de Pareto	30
8. PROBABILIDADES DE CANTIDAD DE PRODUCTOS POR PEDIDO Y TIEMPOS PARA LA SIMULACIÓN	34
8.1 Probabilidades de Cantidad de Productos por Pedido	34
8.2 Tiempo Entre Llegada de los Clientes (Expresión)	38
8.3 Tiempo de Entrega	40
9. COSTOS DEL MANEJO DE INVENTARIO	41
9.1 Costo de los Productos	41
9.2 Costo de Ordenar	42
9.2.1 Costo del tiempo empleado por RRHH	42
9.2.2 Otros Costos de Ordenar	43

9.3	Costo de Almacenar	43
9.4	Costo de Faltante	44
10.	MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA	45
11.	SIMULACIÓN, EVALUACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE CONTROL DE INVENTARIO QUE SE JUSTE AL MODELO DE INVENTARIO	49
11.1	Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete	49
11.1.1	Datos del Producto	49
11.1.2	Resultados Obtenidos	50
11.1.3	Evaluación de Resultados	51
11.1.4	Mejor Alternativa	53
11.2	Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete	54
11.2.1	Datos del Producto	54
11.2.2	Resultados Obtenidos	55
11.2.3	Evaluación de Resultados	56
11.2.4	Mejor Alternativa	58
11.3	Vinilo Tipo 3 Profesional Extrafino, Blanco, Cuñete	59
11.3.1	Datos del Producto	59
11.3.2	Resultados Obtenidos	60
11.3.3	Evaluación de Resultados	61
11.3.4	Mejor Alternativa	63
	CONCLUSIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Líneas de Productos	18
Tabla 2. Clasificación Producto	29
Tabla 3. Datos Pareto	30
Tabla 4. Ventas (Unidades) cuarto trimestre de 2008 y 2009 de los 3 productos estudiados	34
Tabla 5. Probabilidades producto Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete	35
Tabla 6. Probabilidades producto Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete	36
Tabla 7. Probabilidades del producto Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete	37
Tabla 8. Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 2 Extrafino, Cuñete, Blanco.	38
Tabla 9. Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 1 Lavable, Cuñete, Blanco.	39
Tabla 10. Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 3 Profesional, Cuñete, Blanco.	39
Tabla 11. Tiempo entre llegadas de los clientes de los productos analizados	40
Tabla 12. Lista de Precios	41
Tabla 13. Lista de Precios de los productos estudiados	42
Tabla 14: Cargo, salarios y tiempos empleados	42
Tabla 15: Costo de faltante por producto	44
Tabla 16: Costos del Producto	49
Tabla 17: Probabilidades y tiempos para el Producto.	49
Tabla 18. Resultados Obtenidos del Producto	50
Tabla 19: Costos del Producto	54
Tabla 20: Probabilidades y tiempos para el Producto.	54
Tabla 21. Resultados Obtenidos del Producto	55
Tabla 22: Costos del Producto	59
Tabla 23: Probabilidades y tiempos para el Producto.	59
Tabla 24. Resultados Obtenidos del Producto	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa	Pág. 19
Figura 2. Diagrama de Proceso	20
Figura 3. Modules from elements panel (Módulos del panel de elementos)	45
Figura 4. Demands against inventory (Demanda contra inventario)	46
Figura 5. Inventory evaluation and possible ordering with subsequent order arrival (Evaluación periódica Del inventario y la decisión de hacer el pedido)	47
Figura 6. Ejemplo Gráfica	48

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Pareto (Año 2009)	30
Gráfica 2. Histograma del producto Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete	35
Gráfica 3. Histograma del producto Vinilo Tipo 1 Lavable, Blanco, Cuñete	36
Gráfica 4. Histograma del producto Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete	37
Gráfica 5: Comportamiento Inventario en (10, 30)	51
Gráfica 6: Comportamiento Inventario en (20, 80)	52
Gráfica 7: Comportamiento Inventario en (10, 60)	52
Gráfica 8: Comportamiento Inventario en (31, 50)	56
Gráfica 9: Comportamiento Inventario en (20, 40)	57
Gráfica 10: Comportamiento Inventario en (10, 20)	57
Gráfica 11: Comportamiento Inventario en (30, 50)	61
Gráfica 12: Comportamiento Inventario en (20, 50)	62
Gráfica 13: Comportamiento Inventario en (30, 70)	62

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Análisis de ventas
- Anexo B.** Pedidos
- Anexo C.** Simulación y resultados

GLOSARIO

Para el desarrollo de una simulación de inventario en Arena se hace necesario conocer términos y definiciones que dejen clara la interpretación. A continuación se muestran algunos de estos términos:

- ✚ **Costo de Ordenar:** “Cada vez que se coloca una orden es necesario realizar una serie de transacciones que cuestan a la compañía.”¹.
- ✚ **Costo de Almacenar:** “Estos son los costos asociados con el almacenaje físico de los bienes”².
- ✚ **Costos por faltantes:** “Si la decisión de cantidad es incorrecta y el inventario se agota, habrá costos por no poder satisfacer el cliente”³.
- ✚ **Inventario:** Son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.
- ✚ **Simulación:** “Se busca imitar, con la ayuda de un computador, la operación de uno o varios procesos, con el ánimo de estimar sus características reales”⁴.
- ✚ **SIMAN:** Lenguaje de simulación del software Arena.
- ✚ **Cuñete:** Empaque con capacidad de 5 galones.

¹ Ibid., p. 26

² Ibid., p. 26

³ Ibid., p. 26

⁴ KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con software arena. Cuarta edición. Mc Graw Hill 2008.

RESUMEN

TITULO: Desarrollo y aplicación de una simulación en el software arena como solución en manejo de inventarios de la empresa Industrias Pintulutex.

AUTOR: Carlos Andrés Ramírez Espitia

FACULTAD: Ingeniería Industrial

DIRECTOR: Rubén Darío Jácome Cabrales

PALABRAS CLAVES: Software Arena, Simulación, Nivel de inventario, Costo de inventarios.

Para el control de inventarios existen muchas teorías, modelos y aplicaciones que permiten calcular y manejar los inventarios de materias primas, productos en proceso y productos terminados; donde todos tienen en común la necesidad de tener información sobre los gastos que las organizaciones invierten para el manejo de inventarios.

En este trabajo, se utilizo el software Arena para simular un modelo de control de inventario (s, S), donde lo que se busca es hallar el nivel de inventario donde se debe hacer pedido y que cantidad se debe ordenar.

Para que el modelo “corra” se le deben ingresar costos, probabilidades y comportamientos de los productos para la empresa, es por esto que se debió determinar los costos de mantener, de faltante, de ordenar; las probabilidades de la cantidad de pedido, el tiempo de entre llegada de los clientes y los tiempos de entrega; los cuales no estaban establecidos.

Una vez que el modelo tenía toda la información necesaria para la simulación, se elaboraron muchas pruebas con diferentes valores para (s, S) para los 3 productos más representativos en ventas, y lograr comprar los diferentes resultados para seleccionar la mejor alternativa que se ajustara al modelo.

Los resultados arrojados por el software Arena eran: Costo de almacenar diario promedio, costo de ordenar diario promedio, costo de faltante diario promedio y costo total diario promedio.

Los valores de estos costos permitían analizar y seleccionar cual era la combinación de valores de (s, S) que generaría una mejor política de control de inventario según el modelo simulado en el software.

ABSTRACT

TITLE: Development and implementation of a simulation in the Arena software as inventory management solution company Industrias Pintulutex.

AUTHOR: Carlos Andrés Ramírez Espitia

DIRECTOR: Rubén Darío Jácome Cabrales

FACULTY: Industrial Engineering

KEYWORDS: Arena Software, simulation, Inventory level, Holding Cost, Setup Cost, Total Cost, Shortage cost.

For inventory control, there are many theories, models and applications that calculate and manage inventory of raw materials, work in process and finished products, which all have in common the need for information on the costs that organizations invest in the management inventory.

In this work, Arena software was used to simulate a model of inventory control (s , S), where what is sought is to find the inventory level where they should order and how much should be ordered.

To make the model "run" he must enter costs, probabilities and behaviors of products for the company, which is why it had to determine the costs to maintain, gaps of order, the probability of the order quantity, the arrival time between customers and delivery times, which were not established.

When the model had all the necessary information for the simulation, were developed many tests with different values for (s , S) for the three most representative products in sales, and able to buy the different results to select the best alternative that comply with the model.

Results from the Arena software were: average daily cost of storing, average daily cost of ordering, missing the average daily cost and average total daily cost.

The values of these costs allowed analyzing and selecting which was the combination of values (s , S) to create a better inventory control policy depending on the model simulated in the software.

INTRODUCCIÓN

El inventario es quizás el activo más valioso con que cuenta una empresa. Sin embargo, muchas empresas no reconocen la importancia que este tiene. Su manejo se encuentra en manos de personas que no cuentan con todas las herramientas necesarias para lograr resultados óptimos.

La base de toda empresa comercial es la compra de bienes o servicios; de aquí la importancia del manejo de inventario por parte de la misma. Este manejo contable permitirá a la empresa mantener el control oportunamente, así como también conocer al final del periodo contable su estado confiable de la situación económica de la empresa. El inventario, es por lo general, el activo mayor en sus balances generales, y los gastos por inventarios, son usualmente el gasto mayor en el estado de resultados.

Una política de inventarios debe dar respuesta a las preguntas de cada cuánto debe revisarse el inventario, cuándo ordenar y cuánto ordenar, bien sea ítems de demanda independiente o dependiente.

Para que las empresas mantengan su competitividad, es necesario definir una metodología que permita estimar las políticas de control de inventarios de productos terminados y materias primas a lo largo de su cadena de abastecimiento.

En esta tónica, los niveles de inventario tienen que mantenerse entre dos extremos: un nivel excesivo que causa costos de operación, riesgo e inversión insostenible, y un nivel inadecuado que tiene como resultado la imposibilidad de hacer frente rápidamente a las demandas de ventas y producción.

Ante todo esto, es necesario que las organizaciones tengan establecidas políticas de manejo de inventarios, que les permitan controlar los niveles de inventario para cada uno de sus productos, especialmente los que representan el mayor volumen de venta, sin menos preciar los demás.

El presente documento generará una alternativa de solución al manejo de inventario utilizando el software Arena, con la implementación de un modelo de simulación (s, S); el cual nos dice en que punto del nivel de inventario se debe realizar o colocar una orden de pedido y que cantidad debe ser.

Durante el transcurso del presente proyecto se mostrara la aplicación del modelo de simulación adaptado a las características especiales de la empresa. La cual, por ser una organización en plena etapa de crecimiento y desarrollo, su política de costos es totalmente indocumentada.

La simulación se realizó con diferentes combinaciones de valores de (s, S) para la obtención de más resultados, adicionalmente el modelo permite observar el comportamiento del producto durante el tiempo de replica del nivel de inventario de cada combinación de valores, y de esta realizarse un un mejor análisis.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA



Nombre de la empresa: Industrias Pintulutex
Propietaria: Abg. Leidy Bermúdez
Dirección: Calle 37 Sur # 72L – 60
Ciudad: Bogotá D.C
Teléfono: 4-036925
CIU: **2422** Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas⁵.

1.1 Reseña Historia

“INDUSTRIAS PINTULATEX”, es una empresa que nace en la ciudad de Bogotá en el 2005 con la intención de brindar variedad y calidad en el área de pinturas. Pintulutex se ha caracterizado a través de su trayectoria en contar con solidas relaciones comerciales con sus clientes y demás entes relacionados.

Industrias Pintulutex está creciendo y progresando poco a poco gracias al esfuerzo y dedicación de su propietaria para el mejoramiento continuo de sus productos y servicios ofrecidos a sus clientes. En la actualidad Pintulutex tiene como objetivo incrementar y mejorar su capacidad productiva en volumen y calidad en cada una de sus líneas de productos, logrando cumplirle a todos y cada uno de sus clientes en sus pedidos.

1.2 Productos

Industrias Pintulutex fabrica y distribuye vinilos, concentrados, estuco, esmalte, Acetato de polivinilo o en sus siglas en ingles P.V.A y carraplast para el uso domestico e industrial del arreglo y decoración de interiores y exteriores en paredes.

⁵ Código CIU en: <http://quimbaya.banrep.gov.co/servicios/saf2/BRCodigosCIU.html>

Tabla 1. Líneas de Productos

LÍNEA		PRODUCTO	PRESENTACIÓN
VINILO	Tipo 1 ^a	Pintura a base de agua cuyo formador de película es una resina de polivinil acetato. Los vinilos de calidad tienen resistencia a intemperie y son lavables.	<ul style="list-style-type: none"> * Caneca * Balde * Galón * Cuarto
	Tipo 1		
	Tipo 2		
	Tipo 3		
	Tipo 4		
ESMALTE		Material pigmentado que produce una película dura, lisa, brillante o semibrillante: Los más corrientes son alquídicos y oleoresinosos (base de aceite), horneables, poliuretanos, epóxicos y de caucho clorado.	<ul style="list-style-type: none"> * Caneca * Galón
CONCENTRADO		Polímeros altamente cargados con pigmento, colorantes, ceras dispersantes y otros aditivos que sirven para colorear un plástico.	<ul style="list-style-type: none"> * Cuarto
ESTUCO		Masilla preparada con cemento, cola, yeso, caolín y otros materiales para emparejar superficies revocadas o empañetadas y que van a ser pintadas, mejorando así el acabado y disminuyendo los costos de materiales.	<ul style="list-style-type: none"> * Caneca * Galón * Cuarto * Octavo
P.V.A		Polímero, obtenido mediante la polimerización del acetato de vinilo	<ul style="list-style-type: none"> * Tarrina
CARRAPLAST		Pasta texturizada a base de agua lista para usar, ideal para aplicaciones en techos y ambientes interiores. Presentando gran adherencia sobre una amplia gama de superficies.	<ul style="list-style-type: none"> * Galón

Fuente: Autor

1.3 Tamaño de la empresa

La empresa cuenta con una estructura organizacional constituida por 7 cargos, con un número total de 16 empleados. La contabilidad de la empresa es subcontratada.

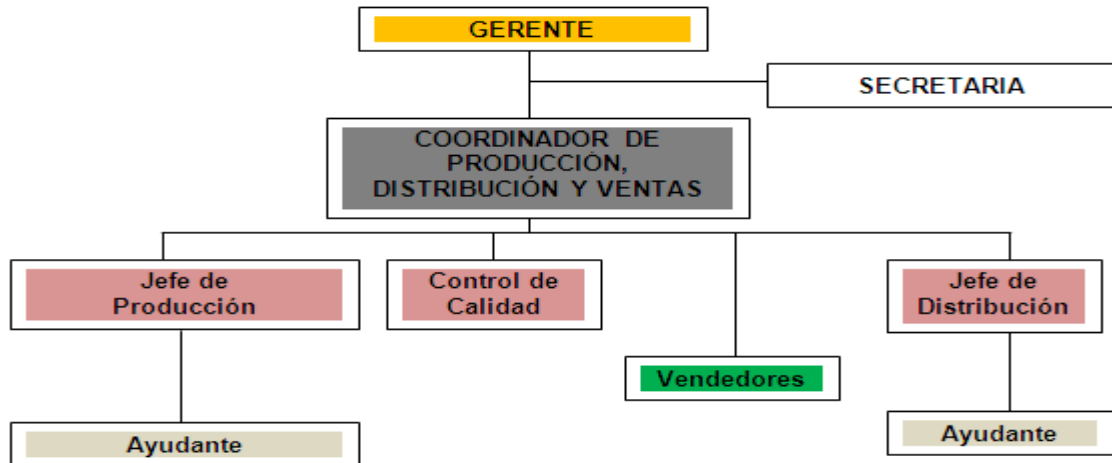
La empresa esta liderada y dirigida por la propietaria y gerente Abg. Leidy Bermúdez, secundada por el señor Ramiro Bermúdez que cumple las funciones de administrador, coordinador y supervisor de todo lo relacionado con la empresa. Una secretaria que esta encargada organizar y agilizar la documentación en la organización.

Se cuenta con un jefe de producción, un operario y un ingeniero químico que se encarga de la calidad de los productos. Se cuenta con un chofer y un ayudante de despachos para la distribución de las mercancías hacia los clientes.

Pintulutex cuenta con 6 vendedores que mantienen en constante contacto con los clientes por medio de visitas y charlas, para tomarles y cumplirles las necesidades que demanden de los productos producidos en la empresa.

1.4 Estructura Organizacional

Figura 1. Organigrama de la Empresa



Fuente: Autor

1.5 Descripción del área específica de trabajo

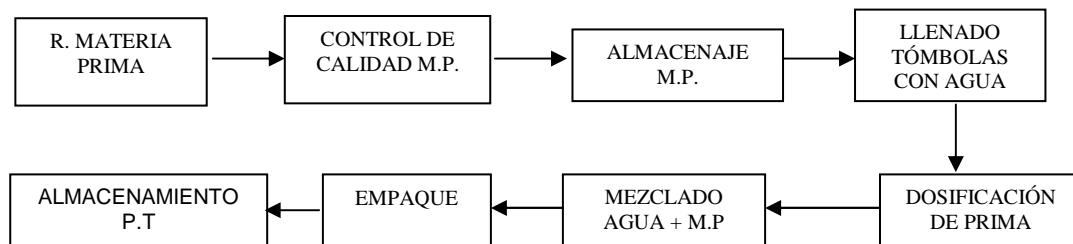
Industrias Pintulutex cuenta con una sola instalación que consta de una casa de dos pisos, donde en el primer piso esta ubicada las bodegas de materias primas y de productos terminados, y las dos máquinas (Dispersador de pistón con elevación neumática del cabezal). En el segundo piso se encuentran las oficinas del personal administrativo.

La gerente y el coordinador de producción, distribución y ventas son los encargados de brindar el abastecimiento oportuno de la materia prima, servicios básicos y condiciones laborales al jefe de producción y su ayudante. Administran y coordinan el inventario de productos terminados y de materias primas.

Los pedidos de los clientes son suministrados por los vendedores a la gerente y al coordinador de producción, distribución y ventas, quienes se encargan de suministrar los recursos necesarios para la producción y entrega de los productos a los clientes.

1.6 Descripción general del proceso

Figura 2. Diagrama de Proceso



Fuente: Autor

En Industrias Pintulutex, todas las materias primas (químicos) al ser recibidas se les realizan un control de calidad para su posterior almacenamiento en las instalaciones de la empresa. En la elaboración de cada uno de los productos con el sello Pintulutex, se inicia con el llenado de la tómbola de la máquina Dispersador de pistón con elevación neumática del cabezal, posteriormente el operario hace la dosificación de cada uno de los químicos necesarios, allí estos son agregados a la tómbola con agua, en la cual, el agua y los químicos son revueltos con el Dispersador.

Terminado el proceso anterior, se sigue al empaque del producto terminado (P.T) en sus diferentes presentaciones (galones, cuartos, canecas, entre otros). Al estar empacado el producto, este es llevado a las bodegas de productos terminados.

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y ALCANCE

La empresa presenta dificultades en cuanto a la falta de planeación, organización y control en el área de producción generando un descontrol en la cantidad óptima de inventario para cada uno de los productos.

Debido al crecimiento tan rápido que ha tenido la empresa, lo cual queda demostrado en el alcance que tienen sus productos a nivel nacional, el cual, inicialmente, solo se vendían en Bogotá, y hasta la fecha se tienen registro de ventas en Ipiales, Tunja, Medellín y Pereira. INDUSTRIAS PINTULATEX, no se han podido establecer lineamientos operativos y políticas, que la orienten a un mejor manejo de la producción y control de inventarios.

Al realizar un diagnóstico de la situación actual se logró identificar las siguientes dificultades que presenta la empresa:

- La planeación y programación de producción se hace de manera subjetiva partiendo de la experiencia con la que cuenta la gerente y el coordinador de producción, distribución y ventas.
- La empresa no cuenta con historiales de ventas y de producción ordenados por periodos, ni por productos; solo cuenta con las facturas de ventas de cada años.
- Inexistencia de sistema de costos; Costo de mantener, costo de ordenar, costo de faltante, entre otros.
- Se prometen fechas de entrega a los clientes que en ocasiones no alcanzan a cumplirse por insuficiencias tanto en capacidad instalada como en disponibilidad de inventario.
- No se han determinado inventarios mínimos para cada producto.
- Los tiempos de producción no están estandarizados.
- No hay registro de flujo de inventarios.

3. ANTECEDENTES

La empresa no presentó ninguna clase de trabajo o de estudio realizado anteriormente, ni mejoras al manejo de inventarios en la empresa. Todo se planea partiendo del supuesto de la gerente y según los pedidos que tengan pendiente por entregar a los clientes.

Industrias Pintulutex no tiene establecido un control para los inventarios que maneja, existe una acumulación de productos en las bodegas sin ningún control o registro que evidencie el manejo o disposición de los mismo para el cumplimiento de ventas.

Actualmente, los inventarios que se dejan son los sobrantes que quedan de la producción de una tómbola, de donde se produce lo de uno o varios pedidos.

3.1 Antecedentes bibliográficos relacionados

Propuesta de control de inventarios para el almacén de suministros Ciplas S.A.
Peña Sánchez, Genny Marcela
Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, 2006

Diseño de una estructura organizativa para el manejo del inventario de la cacharrería Punto Dorado.
Albarracín Arias, Lina María
Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, 2007

Análisis y propuesta de mejoramiento para la gestión de inventarios de Ferretería ALDIA S.A.
Zapata Borroso, Cesar Augusto
Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, 2009

4. JUSTIFICACIÓN

Industrias Pintulutex debe preocuparse por lograr mantener la competitividad en mercado sin descuidar ningún detalle que pueda perjudicar o disminuir el funcionamiento de la empresa, para así mantenerse en la industria.

La mejora continua de los procesos es una actividad que las organizaciones deben desarrollar para lograr mantenerse competitivas en el mercado a pesar de los cambios que el entorno pueda presentar.

Para ello la planeación de la producción se debe basar en métodos y modelos establecidos para optimizar la productividad y competitividad de la empresa en el mercado, generando una mayor confianza en los clientes. Proyecciones matemáticas de la producción por periodos permitirían obtener mejores resultados y un nivel de inventario de los productos más exactos para evitar costos innecesarios.

El pronóstico de inventarios para una empresa es de gran importancia ya que le puede brindar la capacidad de cumplir con pedidos que sobrepasen su capacidad de producción; además, “todas las empresas mantienen un cierto volumen de inventario por los motivos siguientes:

1. Conservar la independencia de las operaciones.
2. Afrontar variaciones en la demanda del producto.
3. Permitir flexibilidad al programar la producción.
4. Ofrecer una salvaguarda contra las variaciones en los tiempos de entrega de las materias primas.
5. Sacar provecho del tamaño económico de la orden de compra”⁶.

Establecer para cada uno de los productos en cada una de sus presentaciones y colores que se establezcan de mayor prioridad deben tener un inventario mínimo que permita el cumplimiento de variaciones en la demanda de los productos. Y aunque mantener inventario para una empresa implica un costo asociado, una buena política de inventarios le permitirá a la empresa favorecer economías de producción.

⁶ CHASE, Richard; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas; Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Decima Edición, Mc Graw Hill 2005. Pág. 607-608

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Diseñar y desarrollar un sistema de planeación y control de inventarios, para optimizar el cumplimiento de las variaciones de la demanda en Industrias Pintulutex.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico que permita obtener un historial de ventas para cada uno de los productos.
- Desarrollar un sistema ABC en inventario.
- Calcular la probabilidad del número de productos por pedido, tiempo entre llegada de clientes y tiempo de entrega.
- Definir un sistema de costos incurridos del manejo de inventario.
- Diseñar un modelo de simulación en el software de Arena para el manejo de inventario.
- Implementar el modelo con los datos de la empresa, realizando una prueba piloto.
- Evaluar e identificar la alternativa de control de inventario que se ajuste al modelo de inventario.

6. MARCO TEÓRICO

En una empresa manufacturera como en cualquier organización que persiga beneficios económicos, se realizan una serie de actividades tendientes a alcanzar el objetivo propuesto. Estas actividades o conjunto de funciones, son asociadas a diversas áreas o secciones de la empresa, de acuerdo a su ubicación dentro del proceso manufacturero, objetivos de la actividad, origen de la actividad y su relación con las demás actividades. Independientemente de la estructura orgánica de la empresa, estas actividades siempre podrán ser identificadas.

6.1 Análisis ABC - DE PARETO⁷

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.

La clasificación del Análisis ABC

Las tres clases son las siguientes para especificar la ubicación de el 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 5 al 10 por ciento de las piezas producidas por una cuota de alrededor del 60 al 80 por ciento de los ingresos del resultado global.

Clase B - normal / importancia media

Normal / media de importancia: este grupo de elementos aporta aproximadamente proporcional al resultado observado. Por ejemplo, llegar a 15 a 25 por ciento de las piezas producidas por un porcentaje del total de ingresos de alrededor de 15 a 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 50 al 75 por ciento de las piezas producidas da un valor de 5 a 10 por ciento.

⁷ Análisis ABC - de Pareto. Negociosi.com. Citado el 19 de Mayo del 2010. Disponible en: <http://negociosi.com/analisis-abc-pareto.html>

6.2 Inventarios

Inventario es “una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo, para satisfacer una demanda futura.”⁸

Sin embargo, la sola definición no es suficiente para mostrar la verdadera dimensión de los inventarios en una compañía. Los inventarios son una especie de resortes entre el proceso de abastecimiento y de distribución (demanda). Mientras que el primero contribuye con bienes, el segundo los consume. Debido a factores tanto internos como externos, los tiempos y tasas pueden variar entre el abastecimiento y la distribución, lo cual hace necesaria la existencia de los inventarios.

El factor interno depende directamente de las políticas organizacionales de la compañía, y por lo general suelen ser controlables, mientras que los factores externos no lo son. La incertidumbre y el entorno que rodea a la compañía son ejemplos de factores externos.

Las empresas manufactureras deben definir un sistema de inventario, con el fin de controlar los niveles de inventario. Esto se logra mediante la formulación de una serie de políticas, en las que se deben tener en cuenta tres factores importantes, llamados variables de decisión:

- ¿Qué debe ordenarse? (decisión de variedad).
- ¿Cuándo debe ordenarse? (decisión de tiempo).
- ¿Cuánto debe ordenarse? (decisión de cantidad).⁹

6.3 Sistemas de inventarios¹⁰

Un sistema de inventarios proporciona la estructura de organización y las políticas de operaciones para mantener y controlar los artículos que se tendrán en existencia. El sistema se encarga de ordenar y recibir artículos; es decir, calcular los tiempos para colocar los pedidos y dar seguimiento a los pedidos. El sistema también debe tener la capacidad de responder preguntas como: ¿el proveedor ha recibido el pedido? ¿Las fechas están bien? ¿Existen procedimientos establecidos para colocar nuevos pedidos y devolver mercancía inaceptable?

⁸ SIPPER, Daniel; BULFIN, Robert. Planeación y Control de la Producción. México: McGraw-Hill, 1997. p. 219.

⁹ Ibid., p. 224.

¹⁰ CHASE, Richard; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas; Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Decima Edición, Mc Graw Hill 2005. Pág. 609-610

6.4 Costos de inventarios¹¹

Al tomar una decisión de cuánto comprar, el administrador de operaciones trata de identificar los costos que su decisión afecta. Varios costos son relevantes.

- 6.4.1 Costo de colocar la orden: Cada vez que se coloca una orden es necesario realizar una serie de transacciones que cuestan a la compañía.
- 6.4.2 Costo de precio descontado: En muchas industrias, los proveedores ofrecen descuentos en el precio de compra normal por grandes cantidades.
- 6.4.3 Costos por faltantes: Si la decisión de cantidad es incorrecta y el inventario se agota, habrá costos por no poder satisfacer el cliente.
- 6.4.4 Costos de capital de trabajo: Poco después de colocar una orden, los proveedores piden el pago de sus bienes.
- 6.4.5 Costo de almacenar: Estos son los costos asociados con el almacenaje físico de los bienes
- 6.4.6 Costo de obsolescencia: Si los artículos pasan mucho tiempo almacenados, existe el riesgo de que se vuelvan obsoletos o se deterioren con el tiempo.
- 6.4.7 Costos de ineficiencia en la producción: Los niveles altos de inventario evitan apreciar el grado de los problemas dentro de la operación.

6.5 Software Arena¹²

Es una gran herramienta para simular procesos de cualquier tipo. Desde simple colas hasta procesos con gran cantidad de variables de costos, tiempos, probabilidades, entre otras. Este tipo de software es de gran utilidad para visualizar y estudiar de qué modo se están llevando a cabo los diferentes procesos.

Arena entrega la capacidad de diseñar ambientes de simulación y además da la posibilidad para crear diferentes templates (Barras de herramientas) para una empresa específica, departamento o tarea usando el lenguaje e imágenes para facilitar el trabajo y comprensión de la simulación.

¹¹ SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; y otros; Administración de operaciones. Primera Edición. Compañía editorial continental 1999. Pág. 439

¹² Simulación de procesos industriales. Software Arena. Disponible en:
<http://200.14.84.223/apuntesudp/showDoc.php?id=952&ramo=ICI9203%20que%20es%20software%20arena>

6.6 Simulación de inventario (s,S)¹³

El modelo de simulación (s, S) nos dice en que punto del nivel de inventario se debe realizar o colocar una orden de pedido y que cantidad debe ser. $I(t)$ es el nivel de inventario al inicio del día (podría ser positivo, negativo o cero) e $I(t) < s$, la empresa ordena $S - I(t) \geq s$, la empresa no hace nada, deja que pase el día y verifica otra vez al inicio del siguiente día, 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 inventario (s,S).

¹³ KELTO, 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 Historial de Ventas

A partir de las ventas registradas en las facturas (LJ-0621 hasta LJ-0998) por Industrial Pintulutex durante el 2009, se clasifico los productos en sus diferentes tamaños y colores (ver tabla 2).

Tabla 2: Clasificación Producto

NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COLOR	NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COLOR	NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COLOR
Vinilo Tipo 1-A Lavable Extrafino	Galón	Blanco	Concentrado	Cuarto	Verde	Concentrado	Cuarto	Terracota
	Balde			Galón			Galón	
	Cuñete			Cuñete			Cuñete	
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuarto	Blanco	Concentrado	Cuarto	Rojo	Concentrado	Cuarto	Azul Milano
	Galón			Galón			Galón	
	Balde			Cuñete			Cuñete	
	Cuñete	Colores	Concentrado	Cuarto	Amarillo	Concentrado	Cuarto	Naranja
	Cuarto			Galón			Galón	
	Galón			Cuñete			Cuñete	
	Balde			Cuarto			Cuarto	
Cuñete	Concentrado	Concentrado	Galón	Negro	Concentrado	Galón	Violeta	
Cuñete			Cuñete			Cuñete		
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuarto	Colores	Concentrado	Cuarto	Azul	Carrasplas	Cuñete	Blanco
	Galón			Galón		1/16.		
	Balde			Cuñete		1/8.		
	Cuñete	Blanco	Concentrado	Cuarto	Ocre	Esmalte Domestico	Cuarto	
	Cuarto			Galón			Galón	
	Galón			Cuñete			Cuñete	
	Balde			Cuarto			Cuarto	
Cuñete	Concentrado	Concentrado	Galón	Mandarina	Estuco Plástico	Octavo		
Cuñete			Cuñete			Cuñete	1/2 Galón	
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuarto	Colores	Concentrado	Cuarto	Rojo Colonial	Estuco Plástico	Galón	P.V.A
	Galón			Galón			Cuñete	
	Balde			Cuarto			Cuarto	
	Cuñete	Blanco	Concentrado	Galón	Verde Primavera	P.V.A	Cuñete	
	Cuarto			Cuarto			Cuarto	
	Galón			Galón			Galón	
	Balde			Cuñete			Cuñete	
Cuñete	Cuarto	Cuarto	Cuarto					
Vinilo Tipo 4 Económico	Cuñete	Blanco	Concentrado	Galón	Verde Primavera	P.V.A	Galón	
				Cuñete			Cuñete	Cuñete

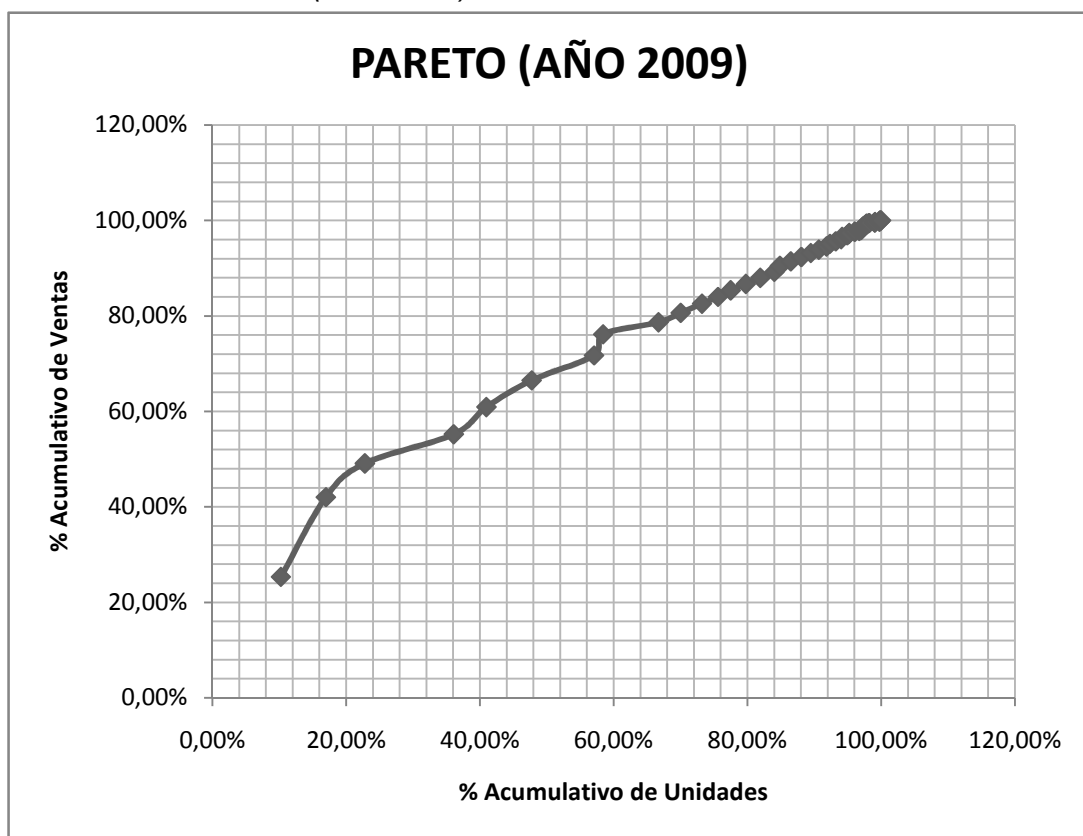
Fuente: Gerente Industrias Pintulutex

Se creó una base de datos con las ventas registradas en los tres últimos 3 meses del 2008 (octubre, noviembre y diciembre) y los 12 meses del 2009 para todos los productos en sus diferentes presentaciones, tanto en tamaño y colores (ver Anexo A).

7.2 Análisis de Pareto

A continuación se observa la gráfica de Pareto para las ventas registradas por Industrias Pintulutex en el año 2009 (ver Grafico 1):

Grafica 1: Pareto (Año 2009)



Fuente: Autor

Tabla 3: Datos Pareto

NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COLOR	UNIDADES	PESOS	% Sobre Unidades Totales	% Sobre Ventas Totales	% Acumulativo Unidades	% Acumulativo Ventas
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuñete	Blanco	1285	\$ 105.079.590	10,22%	25,34%	10,22%	25,34%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuñete	Blanco	846	\$ 69.180.804	6,73%	16,68%	16,94%	42,02%
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuñete	Blanco	733	\$ 29.316.335	5,83%	7,07%	22,77%	49,08%
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Galón	Blanco	1673	\$ 25.396.140	13,30%	6,12%	36,07%	55,21%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Balde	Blanco	614	\$ 23.608.300	4,88%	5,69%	40,96%	60,90%
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Balde	Blanco	851	\$ 23.168.475	6,77%	5,59%	47,72%	66,49%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Galón	Blanco	1174	\$ 21.695.520	9,33%	5,23%	57,06%	71,72%
Vinilo Tipo 1-A Lavable Extrafino	Cuñete	Blanco	170	\$ 18.402.500	1,35%	4,44%	58,41%	76,15%
Vinilo Tipo 3 Profesional	Galón	Blanco	1044	\$ 10.434.780	8,30%	2,52%	66,71%	78,67%
Concentrado	Galón	Ocre	416	\$ 8.112.000	3,31%	1,96%	70,02%	80,62%
Vinilo Tipo 3 Profesional	Balde	Blanco	401	\$ 8.017.995	3,19%	1,93%	73,21%	82,56%
Concentrado	Galón	Azul	301	\$ 5.869.500	2,39%	1,42%	75,60%	83,97%
Vinilo Tipo 1-A Lavable Extrafino	Galón	Blanco	238	\$ 5.707.240	1,89%	1,38%	77,49%	85,35%
Concentrado	Galón	Amarrillo	285	\$ 5.557.500	2,27%	1,34%	79,76%	86,69%
Concentrado	Galón	Rojo	273	\$ 5.323.500	2,17%	1,28%	81,93%	87,97%
Concentrado	Galón	Negro	265	\$ 5.167.500	2,11%	1,25%	84,03%	89,22%
Vinilo Tipo 1-A Lavable Extrafino	Balde	Blanco	103	\$ 5.108.285	0,82%	1,23%	84,85%	90,45%
Concentrado	Galón	Verde Primavera	206	\$ 4.017.000	1,64%	0,97%	86,49%	91,42%
Concentrado	Galón	Mandarina	198	\$ 3.861.000	1,57%	0,93%	88,07%	92,35%
Concentrado	Galón	Verde	177	\$ 3.451.500	1,41%	0,83%	89,47%	93,18%
Concentrado	Galón	Naranja	149	\$ 2.905.500	1,18%	0,70%	90,66%	93,88%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Galón	Colores	148	\$ 2.735.040	1,18%	0,66%	91,83%	94,54%
Estuco Plástico	Cuñete		63	\$ 2.325.141	0,50%	0,56%	92,34%	95,10%

Concentrado	Galón	Rojo Colonial	110	\$ 2.145.000	0,87%	0,52%	93,21%	95,62%
Concentrado	Galón	Violeta	102	\$ 1.989.000	0,81%	0,48%	94,02%	96,10%
Concentrado	Cuñete	Ocre	19	\$ 1.827.800	0,15%	0,44%	94,17%	96,54%
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Galón	Colores	96	\$ 1.457.280	0,76%	0,35%	94,94%	96,89%
P.V.A	Cuñete		27	\$ 1.183.950	0,21%	0,29%	95,15%	97,18%
Concentrado	Cuñete	Amarillo	10	\$ 962.000	0,08%	0,23%	95,23%	97,41%
Estuco Plástico	Galón		104	\$ 943.800	0,83%	0,23%	96,06%	97,64%
P.V.A	Galón		84	\$ 834.540	0,67%	0,20%	96,72%	97,84%
Vinilo Tipo 4 Económico	Cuñete	Blanco	39	\$ 818.805	0,31%	0,20%	97,03%	98,03%
Concentrado	Cuñete	Negro	8	\$ 769.600	0,06%	0,19%	97,10%	98,22%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuñete	Colores	9	\$ 735.966	0,07%	0,18%	97,17%	98,40%
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuñete	Colores	9	\$ 735.966	0,07%	0,18%	97,24%	98,58%
Concentrado	Cuñete	Rojo	6	\$ 577.200	0,05%	0,14%	97,29%	98,71%
Concentrado	Galón	Azul Milano	28	\$ 546.000	0,22%	0,13%	97,51%	98,85%
Esmalte Domestico	Cuñete	Blanco	5	\$ 540.000	0,04%	0,13%	97,55%	98,98%
Esmalte Domestico	Galón	Blanco	24	\$ 528.000	0,19%	0,13%	97,74%	99,10%
Concentrado	Cuñete	Verde	5	\$ 481.000	0,04%	0,12%	97,78%	99,22%
Concentrado	Cuñete	Rojo Colonial	4	\$ 384.800	0,03%	0,09%	97,81%	99,31%
Vinilo Tipo 3 Profesional	Galón	Colores	35	\$ 349.825	0,28%	0,08%	98,09%	99,40%
Concentrado	Galón	Terracota	17	\$ 331.500	0,14%	0,08%	98,23%	99,48%
Estuco Plástico	Cuarto		102	\$ 296.310	0,81%	0,07%	99,04%	99,55%
Concentrado	Cuñete	Azul	3	\$ 288.600	0,02%	0,07%	99,06%	99,62%
Concentrado	Cuñete	Naranja	3	\$ 288.600	0,02%	0,07%	99,09%	99,69%
P.V.A	Cuarto		82	\$ 258.300	0,65%	0,06%	99,74%	99,75%
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Balde	Colores	6	\$ 230.700	0,05%	0,06%	99,79%	99,80%
Concentrado	Cuñete	Mandarina	2	\$ 192.400	0,02%	0,05%	99,80%	99,85%
Concentrado	Cuñete	Verde Primavera	2	\$ 192.400	0,02%	0,05%	99,82%	99,90%
Concentrado	Cuñete	Terracota	2	\$ 192.400	0,02%	0,05%	99,83%	99,94%
Carraplast	Cuñete		5	\$ 160.500	0,04%	0,04%	99,87%	99,98%
Estuco Plástico	1/2 Galón		16	\$ 71.200	0,13%	0,02%	100,00%	100,00%

Fuente: Autor

El análisis de Pareto evidencia que existen algunos productos que no presentan un valor significativo en ventas ni en unidades para la empresa, tales como el estuco plástico en sus diferentes presentaciones, los esmaltes domésticos y el P.V.A los cuales deja entre dicho la importancia de estos a la hora de producirlos.

Se pudo evidenciar que tres productos representan aproximadamente el 50% del total de ventas de la empresa, los cuales constituyen poco más del 20% de las unidades totales vendidas durante el año 2009.

Los tres productos son:

- ✓ Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete
- ✓ Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete
- ✓ Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete

8. PROBABILIDADES DE CANTIDAD DE PRODUCTOS POR PEDIDO Y TIEMPOS PARA LA SIMULACIÓN

8.1 Probabilidades de cantidad de productos por pedido

Para la realización de la simulación en el software Arena se requiere determinar la probabilidad de demanda para una determinada cantidad de producto por pedido.

Teniendo en cuenta los requerimientos del modelo, la cual será una simulación con una duración de la replica (Days to run, en Arena) de 120 días, se seleccionan los últimos 3 meses (octubre, noviembre, diciembre) del 2008 y 2009, ya que es el trimestre con mayor venta de los tres productos seleccionados en cada uno de los dos años, para hallar los intervalos de cantidad de productos por pedido y sus respectivas probabilidades.

Tabla 4: Ventas (Unidades) cuarto trimestre de 2008 y 2009 de los 3 productos estudiados.

Nombre Producto	Presentación	Color	2008			2009		
			OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuñete	Blanco	108	178	225	130	224	217
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuñete	Blanco	112	78	130	100	124	152
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuñete	Blanco	72	90	82	90	94	98

Fuente: Autor.

Se elaboró una tabla con la cantidad de producto por pedido registrados y sus respectivas graficas durante los últimos trimestre de los años 2008 y 2009 para cada uno de los tres productos seleccionados (ver Anexo B).

A partir del registro de pedidos durante los meses mencionados anteriormente se crearon inicialmente intervalos de cantidad de productos por pedido para posteriormente determinarles la probabilidad de ocurrencia de un pedido de esa cantidad.

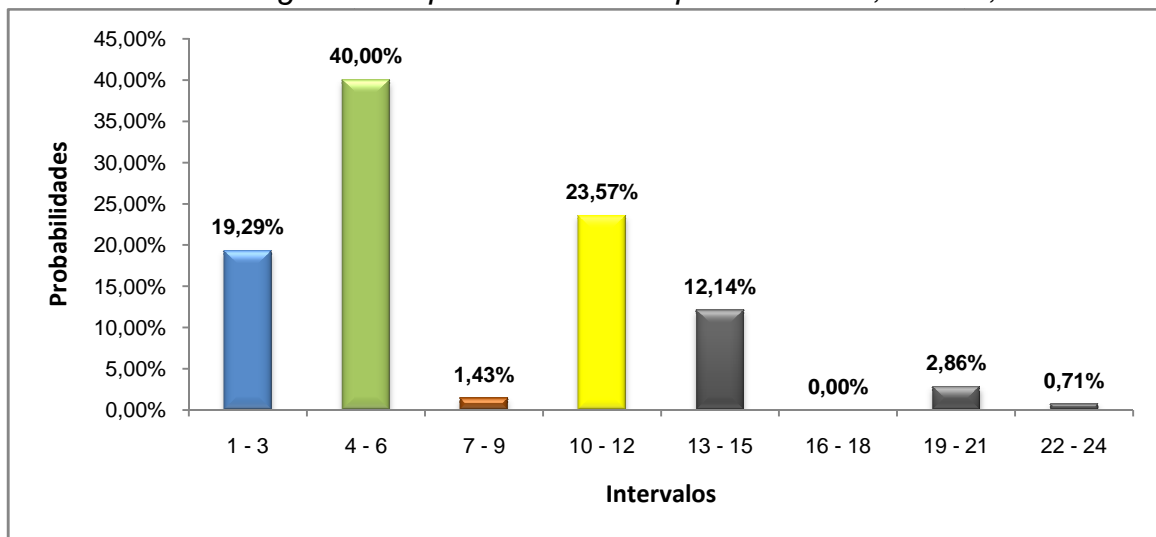
Se elaboraron histogramas con los intervalos y sus respectivas probabilidades de cada producto en estudio (ver Gráfico 2), (ver Gráfico 3), (ver Gráfico 4).

Tabla 5: Probabilidades producto Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete

PRODUCTO	INTERVALOS	FRECUENCIA	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD ACUMULADA
Vinilo Tipo 2 Extrafino, Cuñete, Blanco	1 - 3	27	19,29%	19,29%
	4 - 6	56	40,00%	59,29%
	7 - 9	2	1,43%	60,71%
	10 - 12	33	23,57%	84,29%
	13 - 15	17	12,14%	96,43%
	16 - 18	0	0,00%	96,43%
	19 - 21	4	2,86%	99,29%
	22 - 24	1	0,71%	100,00%

Fuente: Autor

Grafica 2: Histograma del producto Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete



Fuente: Autor

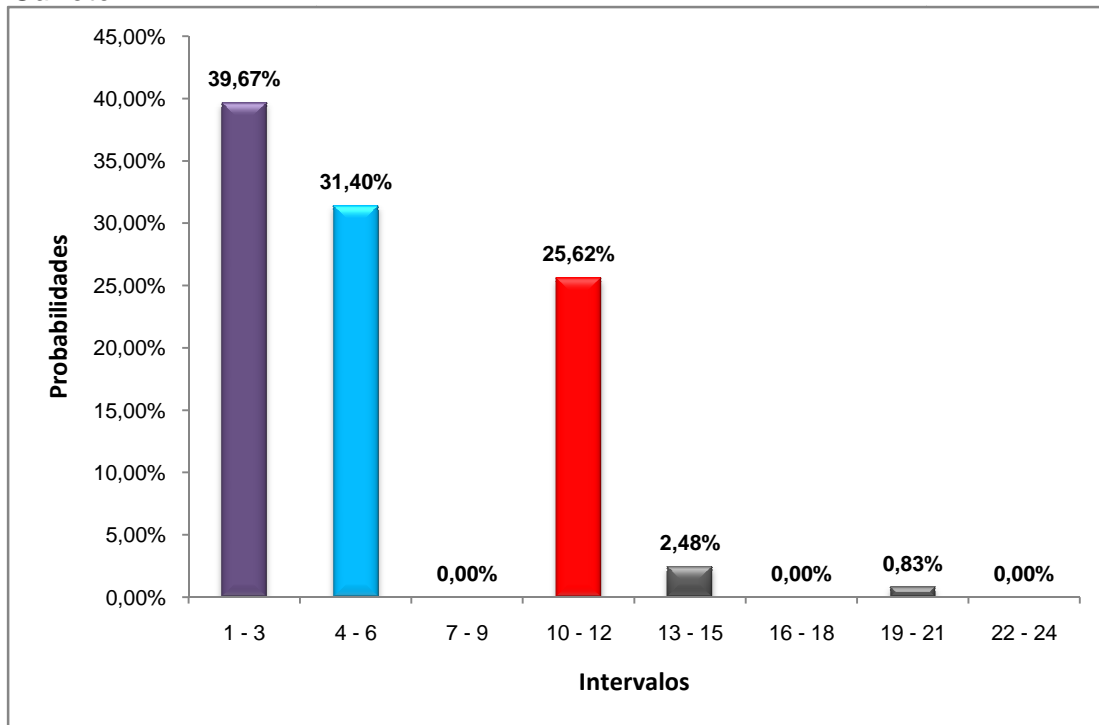
Se evidenció que para el producto Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete, con una probabilidad del 40% un pedido tendría de 4 a 6 unidades; seguidamente con una probabilidad de 24% un pedido tendría de a 10 a 12 unidades; y con aproximadamente el 20% de probabilidad, un pedido tendría de 1 a 3 unidades.

Tabla 6: Probabilidades producto Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete

PRODUCTO	INTERVALOS	FRECUENCIA	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD ACUMULADA
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Cuñete, Blanco	1 - 3	48	39,67%	39,67%
	4 - 6	38	31,40%	71,07%
	7 - 9	0	0,00%	71,07%
	10 - 12	31	25,62%	96,69%
	13 - 15	3	2,48%	99,17%
	16 - 18	0	0,00%	99,17%
	19 - 21	1	0,83%	100,00%
	22 - 24	0	0,00%	100,00%

Fuente: Autor

Grafica 3: Histograma del producto Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete



Fuente: Autor

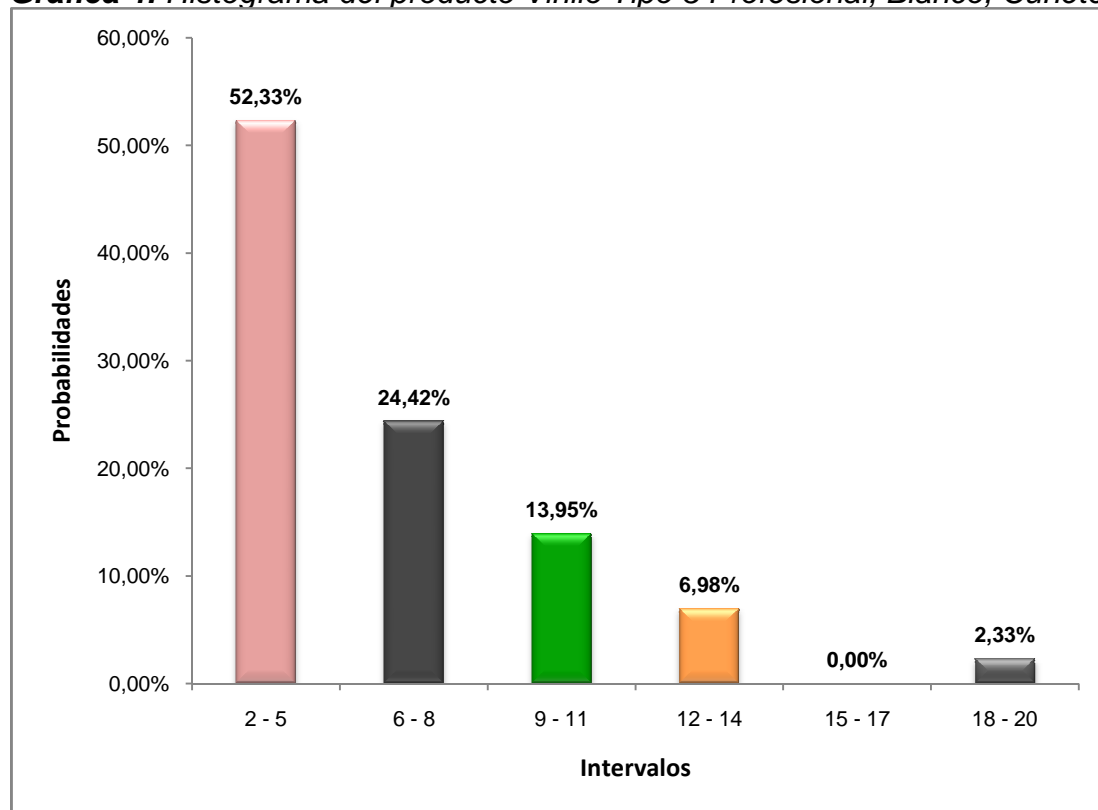
Para este producto un pedido tendría de 1 a 3 unidades con un probabilidad aproximada al 40%; de 4 a 6 unidades con una probabilidad del 31%; y con una probabilidad del 25% un pedido tendría de 10 a 12 unidades.

Tabla 7: Probabilidades del producto Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete

PRODUCTO	INTERVALOS	FRECUENCIA	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD ACUMULADA
Vinilo Tipo 3 Profesional, Cuñete, Blanco	2 - 5	45	52,33%	52,33%
	6 - 8	21	24,42%	76,74%
	9 - 11	12	13,95%	90,70%
	12 - 14	6	6,98%	97,67%
	15 - 17	0	0,00%	97,67%
	18 - 20	2	2,33%	100,00%

Fuente: Autor

Grafica 4: Histograma del producto Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete



Fuente: Autor.

Para el Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete, un pedido que haga un cliente tendrá de 2 a 5 unidades con una probabilidad de poco más del 52%; de 6 a 8 con probabilidad del 24%; y de 9 a 11 unidades por pedido tendría una probabilidad aproximada al 14%.

8.2 Tiempo entre llegada de los clientes (Expresión)

En Industrias Pintulutex, los vendedores son los encargados de visitar a los clientes y facturar los pedidos, para su posterior producción en la fábrica y envío de las mercancías al cliente.

Se realizó un seguimiento en la empresa a los clientes con el fin de determinar su comportamiento al momento de compra. En la tabla 8, 9 y 10 se aprecia el día de compra durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2009.

Tabla 8: Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 2 Extrafino, Cuñete, Blanco.

Vinilo Tipo 2 Extrafino, Cuñete, Blanco											
	Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ
OCTUBRE	1	5	0	NOVIEMBRE	1	3	0	DICIEMBRE	1	2	0
	2	5	0		2	3	0		2	3	1
	3	8	3		3	3	0		3	3	0
	4	9	1		4	5	2		4	4	1
	5	9	0		5	6	1		5	4	0
	6	9	0		6	6	0		6	4	0
	7	13	4		7	9	3		7	9	5
	8	15	2		8	9	0		8	9	0
	9	16	1		9	9	0		9	11	2
	10	20	4		10	9	0		10	11	0
	11	20	0		11	10	1		11	11	0
	12	20	0		12	10	0		12	14	3
	13	23	3		13	13	3		13	14	0
	14	23	0		14	17	4		14	14	0
	15	26	3		15	17	0		15	14	0
	16	26	0		16	17	0		16	14	0
	17	27	1		17	17	0		17	18	4
	18	28	1		18	17	0		18	18	0
	19	28	0		19	20	3		19	18	0
	20	30	2		20	20	0		20	21	3
	21	30	0		21	23	3		21	21	0
				22	23	0	22	21	0		
				23	25	2	23	21	0		
				24	25	0	24	22	1		
				25	27	2	25	22	0		
				26	27	0					
				27	27	0					
				28	30	3					
				29	30	0					
				30	30	0					

Fuente: Autor.

Tabla 9: Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 1 Lavable, Cuñete, Blanco.

Vinilo Tipo 1 Lavable, Cuñete, Blanco											
	Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ
OCTUBRE	1	1	0	NOVIEMBRE	1	3	0	DICIEMBRE	1	4	0
	2	2	1		2	3	0		2	4	0
	3	2	0		3	5	2		3	4	0
	4	6	4		4	6	1		4	7	3
	5	6	0		5	6	0		5	9	2
	6	9	3		6	6	0		6	9	0
	7	9	0		7	9	3		7	11	2
	8	9	0		8	13	4		8	14	3
	9	13	4		9	13	0		9	14	0
	10	13	0		10	17	4		10	14	0
	11	14	1		11	17	0		11	14	0
	12	16	2		12	17	0		12	15	1
	13	16	0		13	17	0		13	17	2
	14	19	3		14	20	3		14	18	1
	15	19	0		15	20	0		15	18	0
	16	19	0		16	23	3		16	18	0
	17	19	0		17	23	0		17	21	3
	18	23	4		18	25	2		18	21	0
	19	23	0		19	27	2		19	21	0
	20	26	3		20	27	0		20	23	2
	21	28	2		21	30	3		21	23	0
				22	30	0	22	23	0		
				23	30	0					

Fuente: Autor.

Tabla 10: Cantidad de pedidos para Vinilo tipo 3 Profesional, Cuñete, Blanco.

Vinilo Tipo 3 Profesional, Cuñete, Blanco											
	Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ		Pedido Numero	Día Colocación Pedido	Δ
OCTUBRE	1	2	0	NOVIEMBRE	1	3	0	DICIEMBRE	1	4	0
	2	2	0		2	3	0		2	4	0
	3	5	3		3	9	6		3	4	0
	4	5	0		4	9	0		4	7	3
	5	5	0		5	9	0		5	11	4
	6	13	8		6	13	4		6	11	0
	7	13	0		7	17	4		7	14	3
	8	16	3		8	17	0		8	14	0
	9	23	7		9	17	0		9	21	7
	10	23	0		10	17	0		10	21	0
	11	23	0		11	20	3		11	21	0
	12	26	3		12	20	0		12	21	0
	13	26	0		13	24	4		13	23	2
	14	30	4		14	27	3		14	23	0
	15	30	0		15	27	0		15	23	0
						16	30		3	16	23

Fuente: Autor.

La variación de un pedido a otro en días (Δ) se ingresaron en un archivo .txt utilizando el block de notas. Posteriormente se utilizo la herramienta Input Analyzer disponible en el software Arena con el siguiente resultado. Donde el tipo de distribución y la expresión elegida se deben a que es la que menor error presenta de las demás posibilidades.

Tabla 11: *Tiempo entre llegadas de los clientes de los productos analizados.*

PRODUCTO	DISTRIBUCIÓN	EXPRESIÓN
Vinilo Tipo 2 Extrafino, Cuñete, Blanco	Beta	$-0.5 + 6*BETA(0.588, 1.85)$
Vinilo Tipo 1 Lavable, Cuñete, Blanco	Beta	$-0.5 + 5*BETA(0.552, 1.17)$
Vinilo Tipo 3 Profesional, Cuñete, Blanco	Beta	$-0.5 + 9*BETA(0.411, 1.37)$

Fuente: Autor.

8.3 Tiempo de entrega

Debido a que la simulación en el software Arena requiere un tiempo de entrega, se determinó que este dato tendría un comportamiento Uniforme (1, 3), ya un pedido se logra entregar entre 1 a 3 días después de hecha la orden de producción. Industrias Pintulutex no tiene tiempos de entrega establecidos para la entrega de cada uno de los pedidos demandados por los clientes; pero se obtuvo información relacionada con los tiempos de entrega por medio de entrevista con el jefe de distribución, quien aseguro que por lo general los pedidos de menor volumen son los que mas rápido se entregan, y aquellos pedidos que son de mayor volumen se tardan un poco más en ser distribuidos a los clientes; pero no se tiene documentado los tiempos requeridos para la entrega de pedidos.

9. COSTOS DEL MANEJO DE INVENTARIO

9.1 Costo de los Productos

Los costos de cada uno de los productos están establecidos por los precios de venta sin descuento, por la gerencia de Industrias Pintulutex (ver Tabla 12).

Tabla 12: Lista de Precios

LISTA DE PRECIOS		
NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	PRECIO
Vinilo Tipo 1-A Lavable Extrafino	Galón	\$ 23.980
	Balde	\$ 49.595
	Cuñete	\$ 108.250
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuarto	\$ 4.950
	Galón	\$ 18.480
	Balde	\$ 38.450
	Cuñete	\$ 81.774
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuarto	\$ 4.550
	Galón	\$ 15.180
	Balde	\$ 27.225
	Cuñete	\$ 81.774
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuarto	\$ 2.900
	Galón	\$ 9.995
	Balde	\$ 19.995
	Cuñete	\$ 39.995
Vinilo Tipo 4 Económico	Cuñete	\$ 20.995
P.V.A	Cuarto	\$ 3.150
	Galón	\$ 9.935
	Cuñete	\$ 43.850
Estuco Plástico	Octavo	\$ 1.890
	Cuarto	\$ 2.905
	1/2 Galón	\$ 4.450
	Galón	\$ 9.075
	Cuñete	\$ 36.907
Concentrado	Cuarto	\$ 5.600
	Galón	\$ 19.500
	Cuñete	\$ 96.200
Carraplast	Cuñete	\$ 32.100
Esmalte Domestico	1/16.	\$ 1.500
	1/8.	\$ 2.990
	Cuarto	\$ 6.350
	Galón	\$ 22.000
	Cuñete	\$ 108.000

Fuente: Gerente Industrias Pintulutex

Tabla 13: Lista de Precios de los productos estudiados

NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	PRECIO	COSTO(*)
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuñete	\$ 54.978	\$ 38.485
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuñete	\$ 81.774	\$ 57.242
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuñete	\$ 39.995	\$ 27.297

(*)El porcentaje exacto del margen de utilidad no fue suministrado, pero si se conoció que este valor estaba entre el 25% y 35 %. Se descuenta un 30% al precio para sacar el costo.

Fuente: Gerente Industrias Pintulutex

9.2 Costo de Ordenar

En industrias Pintulutex no se tiene determinado y establecido un sistema de costos, para ello se procedió a sacar el costo de de ordenar un pedido de la siguiente manera, según con los datos básicos suministrados por la empresa:

9.2.1 Costo del tiempo empleado por RRHH

Los miembros del área administrativa que intervienen en la colocación de una orden de pedido son la gerente, el coordinador de producción, distribución y ventas y la secretaria; los dos primeros reciben las ordenes de pedidos, las revisan y autorizan su producción, posteriormente la secretaria obtiene la orden y la autorización para su registro, archivo y envió al área de producción.

Para determinar el costo por pedido se estimó el tiempo que cada uno de estos emplea para la colocación de un pedido y su costo respectivo de la siguiente manera (ver tabla 14).

Tabla 14: Cargo, salarios y tiempos empleados

CARGO	SALARIO MENSUAL (*)	TIEMPO EMPLEADO
Gerente	\$ 2.500.000	15 Minutos
Coordinador de producción, distribución y ventas	\$ 2.000.000	15 Minutos
Secretaria	\$ 750.000	1/2 Horas

(*) El valor de los salarios es una estimación, ya que la información suministrada no fue exacta.

Fuente: Gerente Industrias Pintulutex

A partir de estos datos se establece que el costo del tiempo empleado en colocar una orden es de \$3.125 la del gerente, \$2.500 la del coordinador de producción, distribución y ventas, y para la hora de la secretaria cuesta \$937.

En total el costo del tiempo empleado por RRHH cuesta **\$6.562**.

9.2.2 Otros Costos de Ordenar

Para la realización de una orden de pedido la empresa tiene gastos en papelería, consumo de electricidad y otros, los cuales son claramente difíciles de calcular con exactitud, se decidió estimar este costo en **\$1.500** por pedido.

El costo de ordenar en total será de **\$8.062** por pedido

9.3 Costo de Almacenar

Las instalaciones físicas de Industrias Pintulutex consta de dos plantas; en el segundo piso tiene lugar el área administrativa, tales como oficinas gerenciales, secretaria y archivos. En el primer piso, más grande que el segundo, están ubicadas las bodegas de materias primas, empaques y productos terminados; la zona de producción, los dispersadores de pistón con elevación neumática del cabezal.

De allí es de donde la gerente de Industrias Pintulutex asegura que más de la mitad del valor del arriendo, que es de \$3.000.000, se deba tomar como un costo de mantener inventario, se determina que \$2.100.000 es lo que la empresa gasta mensualmente como costo de almacenar.

Para el modelo se debe manejar este costo con las siguientes unidades:

[\$/Cuñete. Día]

Se calcula este valor a partir del supuesto, ya que no hay registros, del jefe de producción quien asegura que en promedio al mes manejan un inventario de 10 a 50 unidades por cada uno de los tres productos. Entonces se estima que en total para los 3 productos se manejan en promedio 90 cuñetes al mes como inventario.

Para determinar el costo de almacenar se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Costo de almacenar} = \left[\frac{(2.100.000/90)}{30} \right]$$

Costo de almacenar = **777.78** *[\$/Cuñete. Día]*

9.4 Costo de Faltante

El costo por faltante surge cuando la cantidad que se requiere de un bien (demanda) es mayor que el inventario disponible. Se puede interpretar como la pérdida de la imagen con los clientes debido al retraso, su duda de realizar negocios subsecuentes con la empresa y el costo del ingreso retrasado.¹⁴

Se determinó el costo de faltante se toma como el margen de utilidad de cada producto multiplicado por 3. El porcentaje exacto del margen de utilidad no fue suministrado, pero si se conoció que este valor estaba entre el 25% y 35 %.

Se eligió utilizar un margen de rentabilidad del 30% para cada uno de los tres productos y se obtuvo los siguientes costos de faltante (ver tabla 15).

Tabla 15: Costo de faltante por producto

NOMBRE PRODUCTO	PRESENTACIÓN	COLOR	PRECIO	MARGEN DE RENTABILIDAD	COSTO DE FALTANTE (\$/Cuñete)
Vinilo Tipo 2 Extrafino	Cuñete	Blanco	\$ 54.978	30%	\$ 49.480
Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino	Cuñete	Blanco	\$ 81.774	30%	\$ 73.597
Vinilo Tipo 3 Profesional	Cuñete	Blanco	\$ 39.995	30%	\$ 35.996

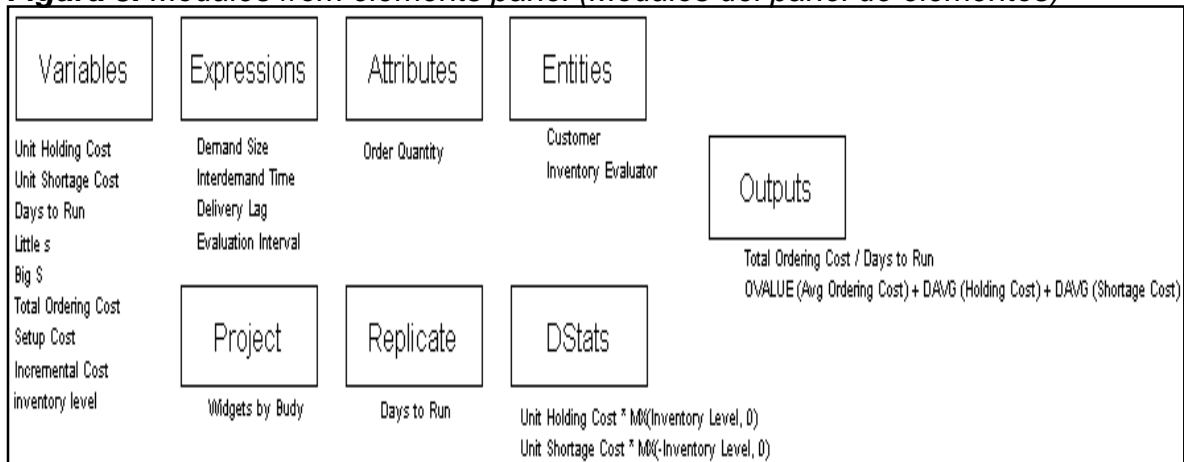
Fuente: Autor

¹⁴ HILLIER, Frederick; LIEBERMAN, Gerald; Investigación de Operaciones. Séptima Edición. McGraw-Hill 2002. Pág. 939

10. MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA

Modelo de simulación de inventario (s,S)¹⁵, esta dividido en tres secciones: Modules from elements panel (Módulos del panel de elementos), Demands against inventory (Demanda contra inventario) y Inventory evaluation and possible ordering with subsequent order arrival (Evaluación periódica del inventario y la decisión de hacer el pedido).

Figura 3. Modules from elements panel (Módulos del panel de elementos)



Fuente: Autor.

En este modulo se definen Variables como Nivel de inventario, s, S, Costo de ordenar, Costo de mantener, Costo de faltante, Días de ejecutarse, entre otros; que son valores que se obtienen de la empresa, los cuales fueron determinados anteriormente.

Expresiones tales como el tamaño de la demanda, intervalo de evaluación, tiempo de entre llegada de los clientes y tiempo de entrega. En Entitties se declaran los dos tipos de de entidades que usaremos, Customer (Cliente) e Inventory Evaluation (evaluador de inventario).

En Replicate se determina la duración de la replica, la cual es de 120 dias. El en Bloque DStats se define que se quiere acumular valores persistentes en el tiempo para los costos de mantener y escasez. Las formulas que se ingresan al modelo en este bloque son:

- Costo de mantener la unidad * {MX(Nivel de inventario),0}
- Costo de escasez de la unidad * {MX(-Nivel de inventario).0}

¹⁵ KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con software arena. Cuarta edición. Mc Graw Hill 2008 Pág. 247 – 258.

(MX es una función ya incluida en Arena que regresa el máximo de sus argumentos.)

Con la primera formula se esta sacando el costo de mantener y la segunda se saca en costo de faltante durante la duración de la replica.

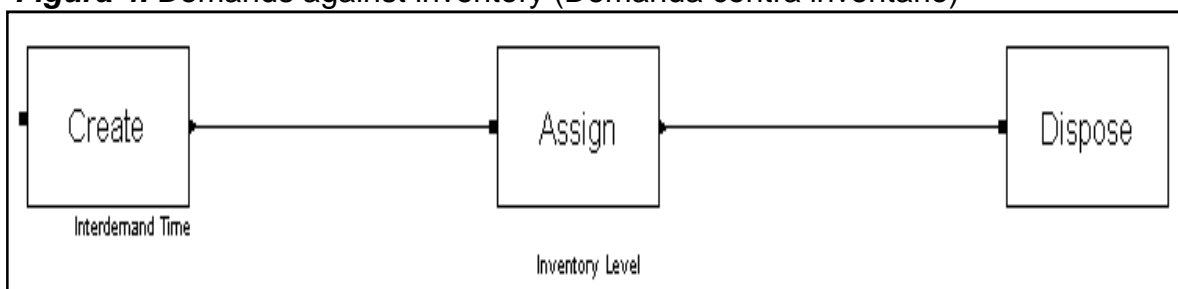
En Outputs (Resultado) ingresamos la formulada para que la simulación el costo promedio de pedido por día. Finalmente se unen los tres costos anteriores y se saca el costo total promedio.

Las formulas son:

- Costo total del pedido / Días de ejecución.
- $OVALUE(Avg\ Ordering\ Cost) + DAVG(Holding\ Cost) + DAVG(Shortage\ Cost)$

Para ello se utiliza la función OVALUE de Arena la cual regresa el último (mas reciente) valor de este argumento; y la función DAVG que regresa el promedio de persistencia al tiempo de este argumento.

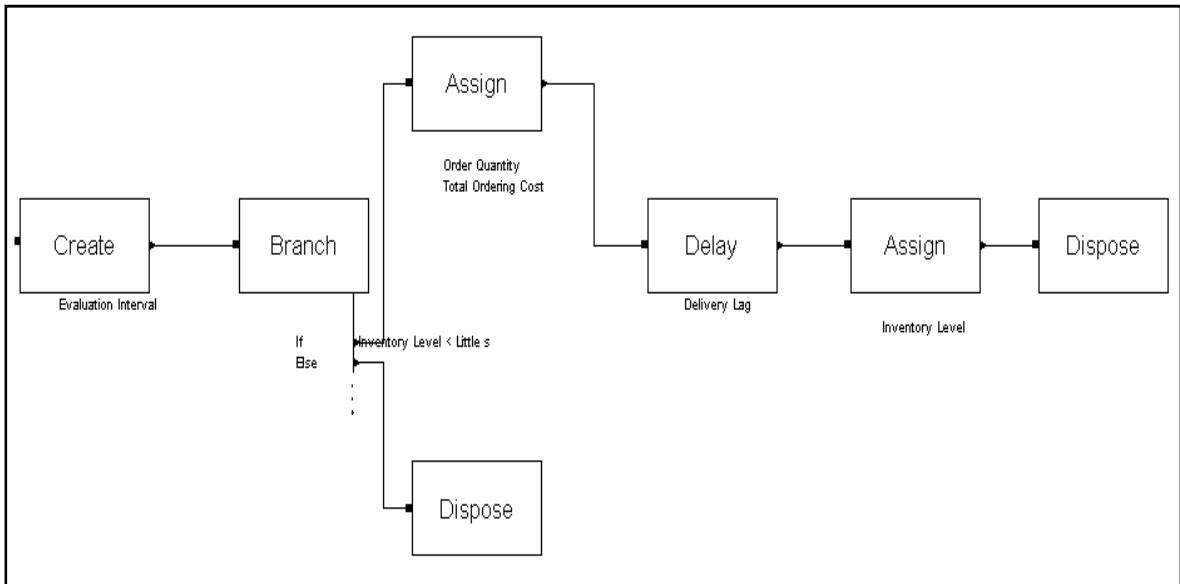
Figura 4. Demands against inventory (Demanda contra inventario)



Fuente: Autor.

Este grupo de bloques que se observa en la Figura 4 representa a los clientes que llegan, que hacen demanda en contra del inventario y se van.

Figura 5. Inventory evaluation and possible ordering with subsequent order arrival (Evaluación periódica Del inventario y la decisión de hacer el pedido)



Fuente: Autor.

En esta figura se representa la evaluación periódica del inventario y la decisión de hacer pedido. Si se coloca un pedido, se espera que llegue y que luego aumente el nivel de inventario; si no se coloca ningún pedido, el modelo sigue corriendo hasta que se presente un orden.

Comenzando con el Create para insertar dentro del modelo lo que se puede considerar como un contador de productos que enumerará los productos, decidirá si colocar un pedido, y luego, si se coloca uno, esperará a que sea entregado, y entonces pondrá los productos en el estante.

Seguidamente va el Branch Block (Bloque de sección), donde primero añadimos una sección de tipo Si con la condición Nivel de inventario < s, que si es cierta, indica que queremos colocar un pedido ahora. La otra ramificación es del tipo Else (Otro) y es única otra posibilidad.

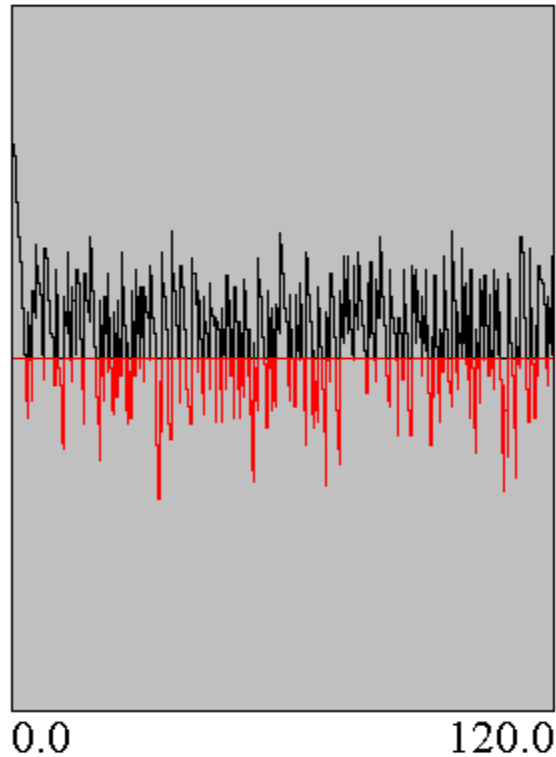
Si el modelo necesita colocar un pedido, la entidad Evaluador de inventario va a continuación al siguiente bloque Asignar, que primero calcula la cantidad a ordenar, que es calculada por Arena con la formula: $S - \text{Nivel de inventario}$.

Ahora es tiempo de esperar a que llegue el pedido, lo que se logra al enviar a la entidad Evaluador de inventario al bloque Demorar (Delay), donde simplemente coloca las unidades de tiempo del “tiempo de entrega”.

Después del retraso de entrega, el evaluador de inventario va al siguiente bloque asignar, donde aumenta el nivel de inventario. Después de que se entrega el pedido, esta hecho el trabajo del evaluador de inventario, así va al bloque final Dispose (Disponer).

El modelo en Arena cuenta con una pequeña animación que gráfica el nivel de inventario en el tiempo (Ver Figura 6)

Figura 6. Ejemplo Gráfica



Fuente: Autor

La línea negra muestra cuando el nivel de inventario es positivo y la línea Roja cuando es negativo. La línea central es representa cuando esta en 0.

11. SIMULACIÓN, EVALUACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE CONTROL DE INVENTARIO QUE SE JUSTE AL MODELO DE INVENTARIO

Para iniciar el proceso de simulación, evaluación e identificación de la alternativa de control de inventario que se ajuste al modelo de inventario en cada uno de los 3 productos, se presentará los datos correspondientes a ser ingresados en el modelo de simulación de inventario (s, S); posteriormente se observará el valor arrojado por Arena, después de la simulación, de los *Costo de Mantener Diario*, *Costo de Faltante Diario*, *Costo de Ordenar Diario* y *Costo Total Diario Promedio*; para diez (10) diferentes valor de s, S.

Los valores 10 valores elegidos de s, S son los que presentan un mejor ajuste al modelo a partir de los menores costos arrojados por el software Arena. (Para cada producto se elaboraron más de 20 simulaciones con valores distintos de s, S).

Las simulaciones en Arena por cada uno de los productos esta en los anexos (ver Anexo C)

11.1 Vinilo Tipo 2 Extrafino, Blanco, Cuñete

11.1.1 Datos del Producto:

Tabla 16: Costos del Producto

	Valor	Unidades
Costo Producto	38.485	{\$/Cuñete}
Costo de Ordenar	8.062	{\$/Pedido}
Costo de Almacenar	777.78	{\$/Cuñete-Día}
Costo de Faltante	49.480	{\$/Cuñete}

Fuente: Autor.

Tabla 17: Probabilidades y tiempos para el Producto.

Cantidad	Probabilidad Acumulada	Tiempo entre Llegadas Clientes	Tiempo de Entrega
1 – 3	19,29%	-0.5 + 6*BETA(0.588, 1.85)	Uniforme (1, 3)
4 – 6	59,29%		
7 – 9	60,71%		
10 – 12	84,29%		
13 – 15	96,43%		
16 – 18	96,43%		
19 – 21	99,29%		
22 – 24	100,00%		

Fuente: Autor.

11.1.2 Resultados Obtenidos

Tabla 18. Resultados Obtenidos del Producto

		Costo de Mantener Diario Promedio	Costo de Faltante Diario Promedio	Costo de Ordenar Diario Promedio	Costo Total Diario Promedio
s	20	\$ 32.171	\$ 68.958	\$ 351.841	\$ 452.971
S	40				
s	20	\$ 48.780	\$ 50.195	\$ 352.079	\$ 451.055
S	50				
s	10	\$ 32.122	\$ 76.231	\$ 294.553	\$ 401.907
S	30				
s	15	\$ 31.262	\$ 82.894	\$ 352.751	\$ 466.908
S	30				
s	5	\$ 33.509	\$ 157.969	\$ 313.393	\$ 504.872
S	30				
s	10	\$ 31.606	\$ 142.466	\$ 333.173	\$ 507.226
S	25				
s	15	\$ 30.186	\$ 79.659	\$ 351.587	\$ 461.433
S	35				
s	10	\$ 50.781	\$ 44.530	\$ 336.536	\$ 431.848
S	60				
s	10	\$ 33.071	\$ 73.227	\$ 338.930	\$ 445.230
S	40				
s	20	\$ 88.999	\$ 33.711	\$ 304.450	\$ 427.161
S	80				

Fuente: Autor.

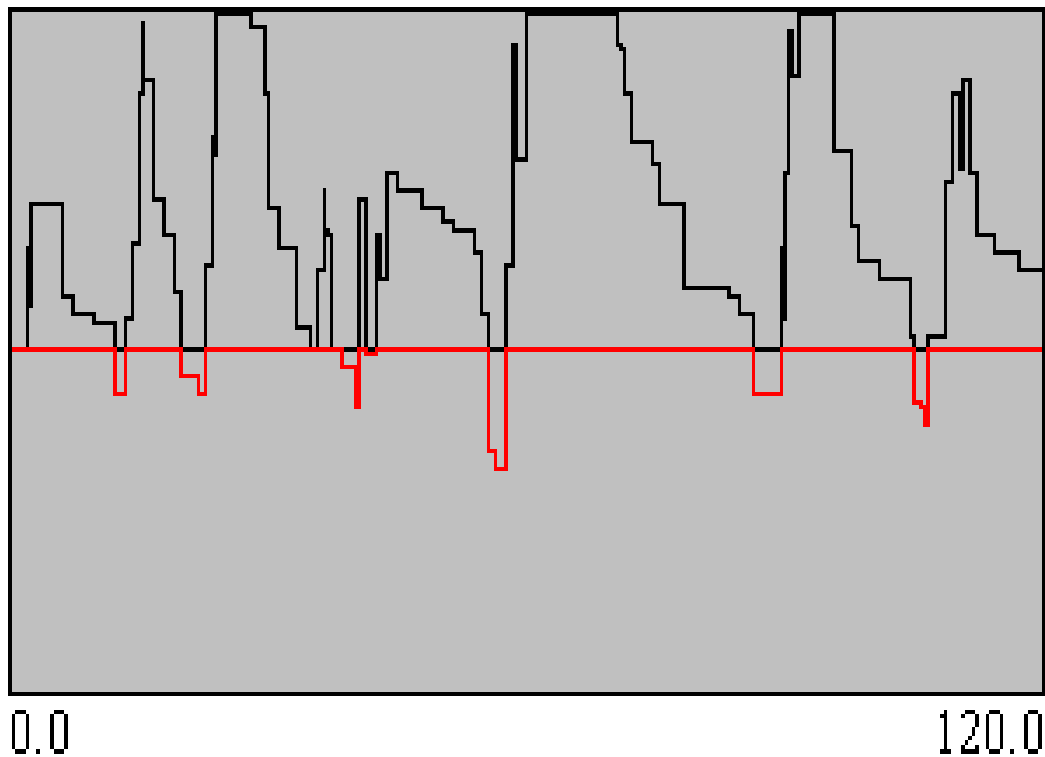
11.1.3 Evaluación de resultados

Tomando como primer criterio de importancia, Costo Total Diario Promedio, y que este sea el menor posible, los 3 valores de (s,S) serian $(10,30)$, $(20,80)$ y $(10,60)$ en ese orden respectivamente.

Se observa que para los 3 casos el valor de (s) , que es el punto en el cual hay que ordenar, 2 de los 3 presenta un valor de $s=10$, lo cual nos da indicio de que en este producto el punto de ordenar debe ser pequeño para que se ajuste a este tipo de modelo y no incurra en el costo total diario promedio elevado.

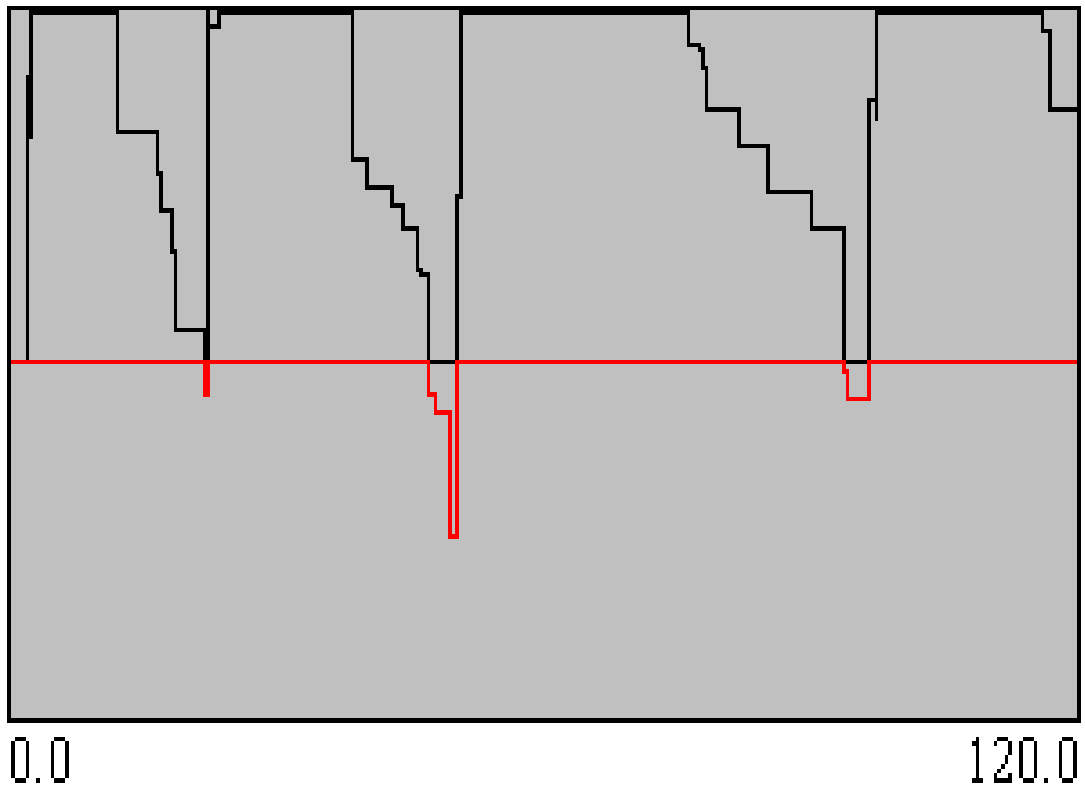
Para una mejor evaluación obtenemos las gráficas de cada una de las 3 combinaciones (ver Gráfica 5), (ver Gráfica 6) y (ver Gráfica 7).

Gráfica 5: Comportamiento Inventario en $(10, 30)$



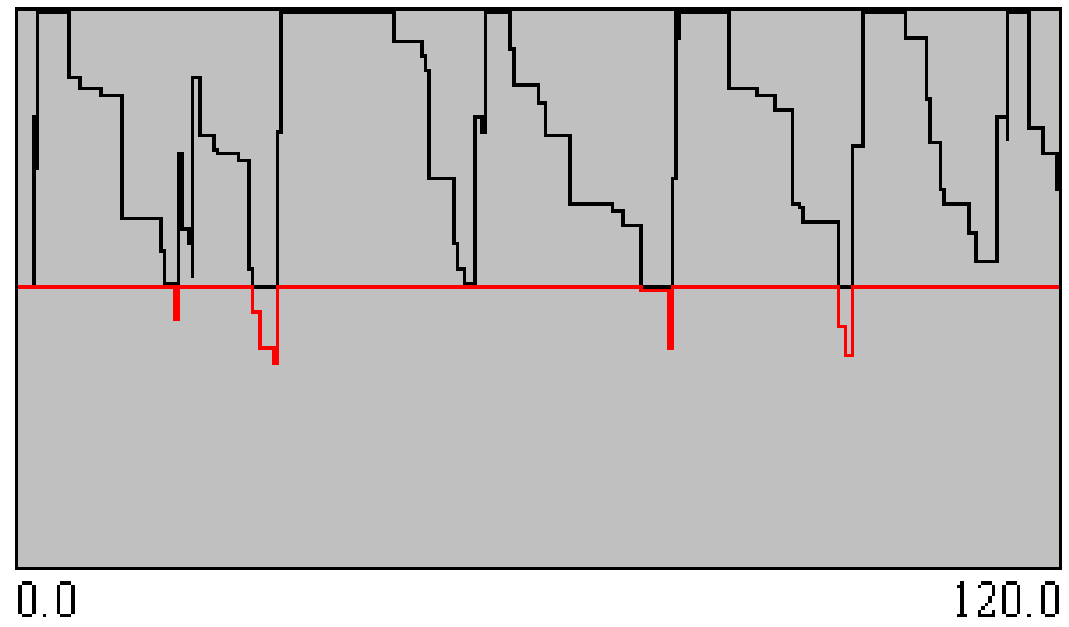
Fuente: Autor.

Gráfica 6: Comportamiento Inventario en (20, 80)



Fuente: Autor.

Gráfica 7: Comportamiento Inventario en (10, 60)



Fuente: Autor.

En la gráfica del comportamiento del inventario en (20, 80), se puede observar como el inventario se hace negativo en tres momentos, durante los 120 días, lo que dura la simulación, lo cual hace que el costo de faltante diario sea menor, en comparación con los otros dos costos.

Entre menos veces el inventario se haga negativo, es decir, que hayan faltantes, el costo total diario promedio disminuirá considerablemente ya que el costo de faltante por cuñete es el costo más alto para este producto. Adicionalmente, el hecho de que el inventario sea haga negativo permite garantizarle al cliente una mayor confianza y seguridad en la entrega de los pedidos durante los plazos de entrega.

Analizando el costo de mantener diario promedio, el menor costo es \$32.122 de la pareja (10, 30), pero contrario con el costo de faltante, el costo de almacenar es el costo más económico, lo cual le permitiría a la empresa manejar mayor volúmenes de inventarios para este producto sin que el costo total diario promedio se incremente.

11.1.4 Mejor Alternativa

Para este producto la mejor alternativa que se ajusta al modelo de inventario sería la política $s=20$ y $S=80$, aunque no sea el costo total diario promedio mas bajo; es mejor para la empresa tener un costo de mantener diario promedio mas alto, \$88.999 en comparación con el del ($s=10$, $S=30$) que es de \$32.122, que tener un valor mayor en el costo de faltante diario promedio, que es el del caso del ($s=10$, $S=30$) el cual tiene el menor costo total diario promedio.

11.2 Vinilo Tipo 1 Lavable Extrafino, Blanco, Cuñete

11.2.1 Datos del Producto

Tabla 19: Costos del Producto

	Valor	Unidades
Costo Producto	57.242	{\$/Cuñete}
Costo de Ordenar	8.062	{\$/Pedido}
Costo de Almacenar	777.78	{\$/Cuñete-Día}
Costo de Faltante	73.597	{\$/Cuñete}

Fuente: Autor.

Tabla 20. Resultados Obtenidos del Producto

Cantidad	Probabilidad Acumulada	Tiempo entre Llegadas Clientes	Tiempo de Entrega
1 - 3	39,67%	-0.5 + 5*BETA(0.552, 1.17)	Uniforme (1, 3)
4 - 6	71,07%		
7 - 9	71,07%		
10 - 12	96,69%		
13 - 15	99,17%		
16 - 18	99,17%		
19 - 21	100,00%		
22 - 24	100,00%		

Fuente: Autor

11.2.2 Resultados Obtenidos

Tabla 21. Resultados Obtenidos del Producto

		Costo de Mantener Diario Promedio	Costo de Faltante Diario Promedio	Costo de Ordenar Diario Promedio	Costo Total Diario Promedio
s	10	\$ 28.937	\$ 62.642	\$ 288.440	\$ 380.020
S	30				
s	10	\$ 54.511	\$ 29.782	\$ 298.464	\$ 382.759
S	50				
s	20	\$ 38.505	\$ 7.014	\$ 312.902	\$ 358.423
S	40				
s	10	\$ 17.796	\$ 51.966	\$ 291.766	\$ 361.530
S	20				
s	30	\$ 53.104	\$ 20.923	\$ 304.800	\$ 378.828
S	60				
s	30	\$ 58.996	\$ 2.126	\$ 347.731	\$ 408.855
S	70				
s	20	\$ 45.069	\$ 23.876	\$ 301.051	\$ 369.996
S	50				
s	40	\$ 53.223	\$ 16.319	\$ 35.160	\$ 421.151
S	60				
s	31	\$ 46.227	\$ 2.586	\$ 263.501	\$ 312.366
S	50				
s	30	\$ 31.514	\$ 24.777	\$ 360.524	\$ 416.816
S	40				

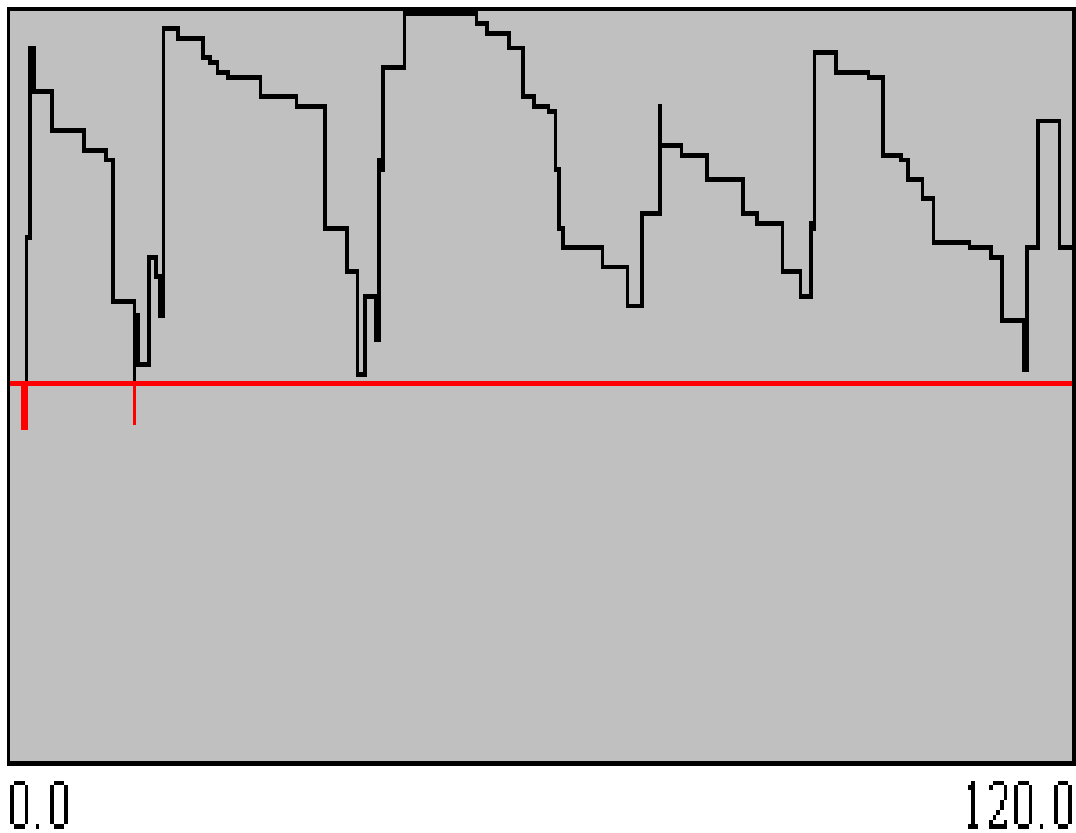
Fuente: Autor

11.2.3 Evaluación de resultados

Tomando como primer criterio de selección, Costo Total Diario Promedio, y que este sea el menor posible, los 3 valores de (s,S) serian $(31,50)$, $(20,40)$ y $(10,20)$ en ese orden respectivamente.

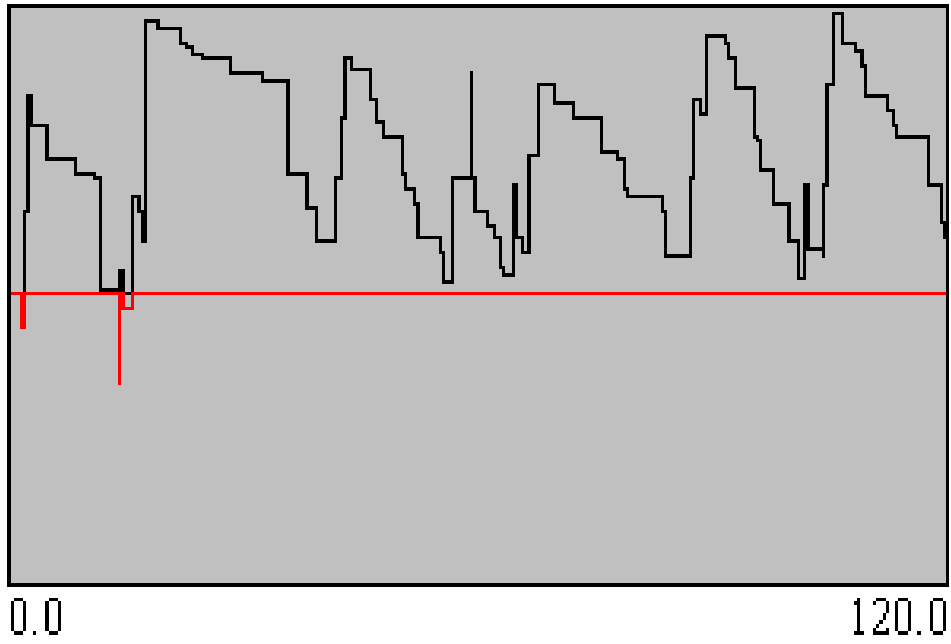
Para una mejor evaluación obtenemos las gráficas de cada una de las 3 combinaciones (ver Gráfica 8), (ver Gráfica 9) y (ver Gráfica 10).

Gráfica 8: Comportamiento Inventario en $(31, 50)$



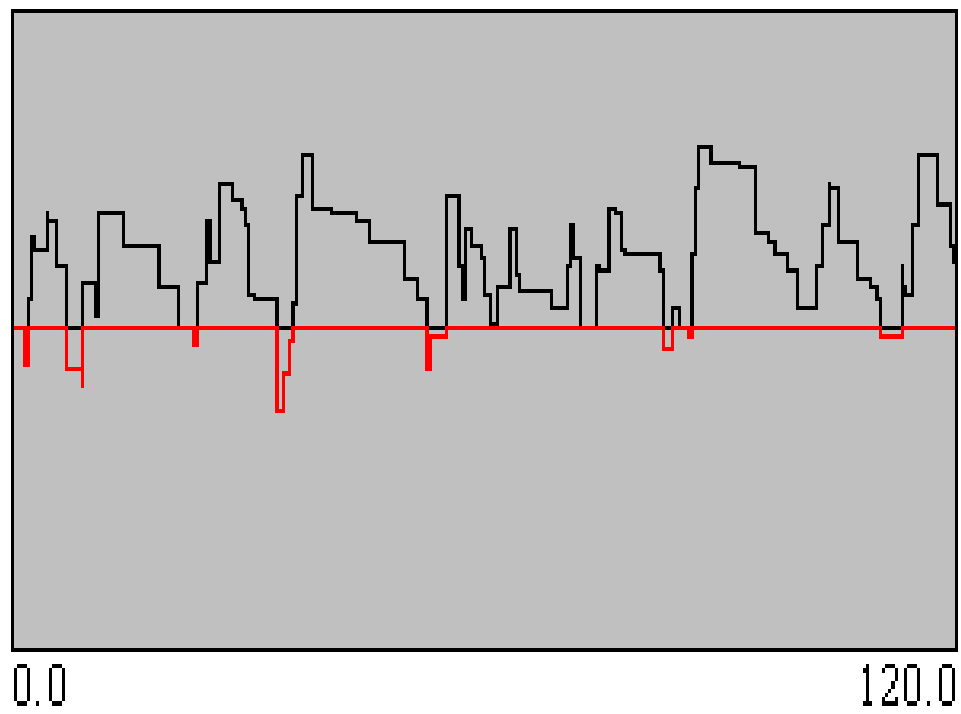
Fuente: Autor.

Gráfica 9: Comportamiento Inventario en (20, 40)



Fuente: Autor.

Gráfica 10: Comportamiento Inventario en (10, 20)



Fuente: Autor.

En la gráfica del comportamiento del inventario en (31, 50), se puede observar como el inventario se hace negativo en dos momentos al igual en (20,40), pero en diferencia con el segundo, el primero en el primero se puede observar que el inventario negativo duro un poco menos, lo cual hace que el costo de faltante diario promedio de (31, 50) sea menor, en comparación con el otro. Los costos así lo demuestran, ya que los tres costos de faltante son \$2.586, \$7.014 y \$51.966 respectivamente.

11.2.4 Mejor Alternativa

Para este producto la mejor alternativa que se ajusta al modelo de inventario sería la política **s=31** y **S=50** definitivamente, porque tiene el menor costo total diario promedio, costo de faltante diario promedio y costo de ordenar diario promedio. En lo único que no tiene el menor costo es en el costo de mantener, debido a que esta combinación de valores maneja mayor existencia de inventario durante los 120 días de la simulación.

11.3 Vinilo Tipo 3 Profesional, Blanco, Cuñete

11.3.1 Datos del Producto

Tabla 22: Costos del Producto

	Valor	Unidades
Costo Producto	27.297	{\$/Cuñete}
Costo de Ordenar	8.062	{\$/Pedido}
Costo de Almacenar	777.78	{\$/Cuñete-Día}
Costo de Faltante	35.996	{\$/Cuñete}

Fuente: Autor

Tabla 23. Resultados Obtenidos del Producto

Cantidad	Probabilidad Acumulada	Tiempo entre Llegadas Clientes	Tiempo de Entrega
2 - 5	52,33%	-0.5 + 9*BETA(0.411, 1.37)	Uniforme (1, 3)
6 - 8	76,74%		
9 - 11	90,70%		
12 - 14	97,67%		
15 - 17	97,67%		
18 - 20	100,00%		

Fuente: Autor

11.3.2 Datos Obtenidos

Tabla 24. Resultados Obtenidos del Producto

		Costo de Mantener Diario Promedio	Costo de Faltante Diario Promedio	Costo de Ordenar Diario Promedio	Costo Total Diario Promedio
s	20	\$ 44.415	\$ 9.846	\$ 126.574	\$ 180.836
S	40				
s	20	\$ 39.197	\$ 1.781	\$ 129.076	\$ 170.055
S	50				
s	10	\$ 42.523	\$ 8.132	\$ 148.277	\$ 198.933
S	50				
s	20	\$ 60.687	\$ 7.697	\$ 117.071	\$ 185.456
S	60				
s	30	\$ 38.614	\$ 0	\$ 130.709	\$ 169.323
S	50				
s	30	\$ 50.063	\$ 8.844	\$ 121.140	\$ 180.588
S	60				
s	30	\$ 59.820	\$ 0	\$ 119.119	\$ 178.939
S	70				
s	10	\$ 23.171	\$ 27.850	\$ 131.257	\$ 182.280
S	30				
s	40	\$ 52.543	\$ 0	\$ 127.711	\$ 180.255
S	60				
s	25	\$ 55.237	\$ 6.464	\$ 119.615	\$ 181.317
S	50				

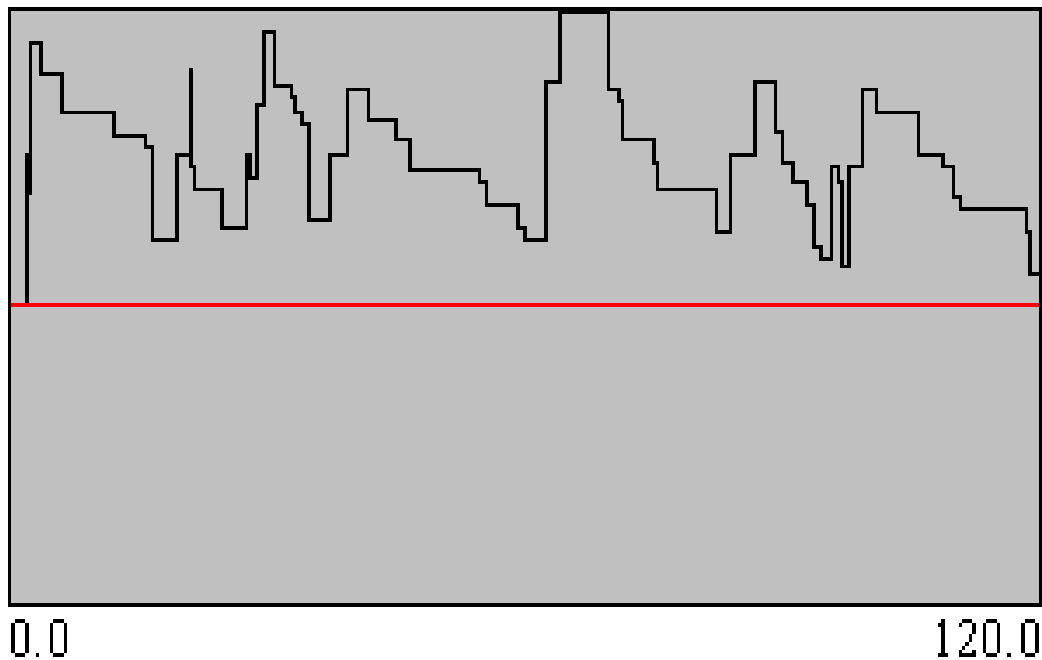
Fuente: Autor

11.3.3 Evaluación de resultados

Tomando como primer criterio de selección, Costo Total Diario Promedio, y que este sea el menor posible, los 3 valores de (s,S) serian (30,50), (20,50) y (30,70) en ese orden respectivamente.

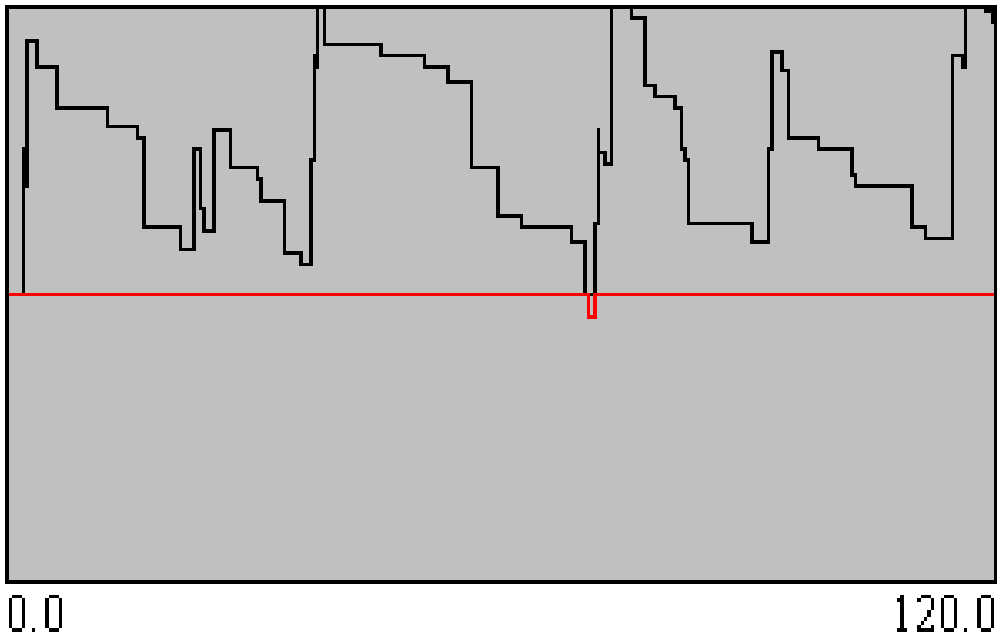
Para una mejor evaluación obtenemos las gráficas de cada una de las 3 combinaciones (ver Gráfica 11), (ver Gráfica 12) y (ver Gráfica 13).

Gráfica 11: Comportamiento Inventario en (30, 50)



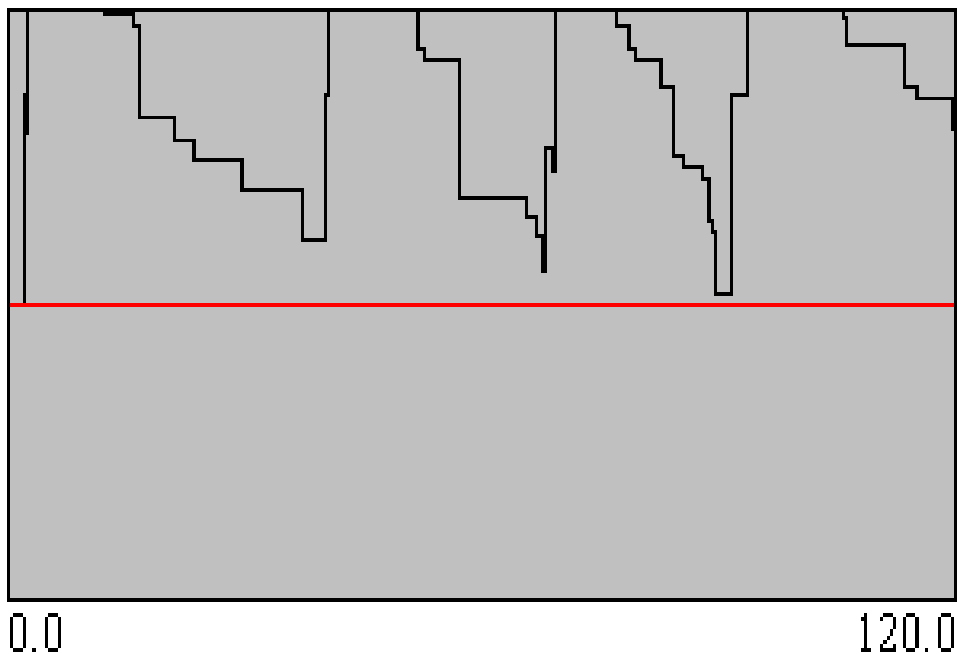
Fuente: Autor.

Gráfica 12: Comportamiento Inventario en (20, 50)



Fuente: Autor.

Gráfica 13: Comportamiento Inventario en (30, 70)



Fuente: Autor.

En la gráfica del comportamiento del inventario (30, 50), se puede observar como el nivel de inventario nunca se hace negativo, por ende el valor de faltante diario promedio sea 0. A diferencia de (20, 50), que tiene costos muy parecidos, este si tiene costo de faltante promedio por día, que aunque es mínimo, aumenta el costo total diario promedio.

11.3.4 Mejor Alternativa

La política de $s=30$ y $S=50$ es la mejor para este producto, ya que a diferencia de $s=20$ y $S=50$, este no maneja faltante y siempre se le va a cumplir con la demanda y tiempo de entrega al cliente. Aunque para este producto los costos de faltante no sean altos, en comparación con los otros productos, es mejor no manejar inventarios negativos en ningún lapso de tiempo.

CONCLUSIONES

- ➡ Se realizó un diagnóstico inicial en la empresa que permitió conocer la funcionalidad y operatividad de la empresa a nivel interno y externo, tanto con clientes como proveedores.
- ➡ Se diseñó y creó una base de datos con el historial de ventas registrado por Industrias Pintulutex en el año 2009 y parte del 2008.
- ➡ Teniendo en cuenta el historial de ventas creado, se logró realizar un análisis ABC, el cual permitió identificar los productos más representativos para la empresa.
- ➡ Se determinaron los costos necesarios para la simulación en el software Arena.
- ➡ Se implementó el modelo propuesto para la simulación en Arena.
- ➡ Se implementó el modelo con los datos de la empresa para los 3 productos seleccionados por el sistema ABC.
- ➡ Se realizaron pruebas piloto con diferentes combinaciones de valores de (s, S) para cada producto, donde se pudo obtener los valores óptimos para cada uno de los tres productos sometidos a estudios para los 120 días de duración de la simulación.
- ➡ Se evaluaron los resultados obtenidos y se eligió la mejor alternativa de control de inventario de cada uno de los 3 productos que se ajustará al modelo de inventario.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco de la República. Código CIIU [Citado 25 de enero de 2010]. Disponible en: <http://quimbaya.banrep.gov.co/servicios/saf2/BRCodigosCIIU.html>
- CHASE, Richard; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas; Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Decima Edición, Mc Graw Hill 2005. Pág. 607-608
- ENTREVISTA con Abg. Leidy Bermúdez. Gerente General de Industrias Pintulutex. Enero 18, 20, 22 Y Abril 12 al 20 de 2010. Bogotá, Colombia.
- HILLIER, Frederick; LIEBERMAN, Gerald; Investigación de Operaciones. Séptima Edición. McGraw-Hill 2002
- KELTO, David; SADOWSKI, Randall; STURROCK, David. Simulación con software arena. Cuarta edición. Mc Graw Hill 2008 Pág. 245.
- MENDEZ, Carlos E. Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación. Bogotá: McGraw Hill: 2003. p. 134
- Paper. GUTIÉRREZ, Valentina. VIDAL, Carlos Julio. Modelos de gestión de inventarios de cadenas de abastecimiento. Fuente: Ing. Rubén Jácome.
- Paper. HERRMANN, Jeffrey. A hierarchical approach to supply chain simulation modeling using the supply chain operations reference model. Fuente: Ing. Rubén Jácome.
- RIOS, David; MARTIN, Jacinto; INSUA, Sixto. Simulación, métodos y aplicaciones. Alfao Mega 2000.

- SIPPEN, Daniel; BULFIN, Robert. Planeación y Control de la Producción. México: McGraw-Hill, 1997. p. 219.
- Simulación de procesos industriales. Software Arena. Disponible en: <http://200.14.84.223/apuntesudp/showDoc.php?id=952&ramo=ICI9203%20que%20es%20software%20arena>
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; y otros; Administración de operaciones. Primera Edición. Compañía editorial continental 1999. Pág. 439

ANEXO A
ANÁLISIS DE VENTAS

**ANEXO B
PEDIDOS**

ANEXO C
SIMULACIÓN Y RESULTADOS