



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO DE INGENIERÍA

SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

**Diagnóstico general de una PYME y una propuesta del
manejo de sus recursos y procesos para su optimización a
través del uso de pronósticos, simulación e inventarios**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

P R E S E N T A

ROJAS MANDUJANO ARMANDO MARCOS

TUTOR

Dra. Mayra Elizondo Cortés, Facultad de Ingeniería

MÉXICO, D.F. MAYO, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Flores De la Mota Idalia
Secretario: M.I. Hernández García Silvina
Vocal: Dra. Elizondo Cortés Mayra
1^{er.} Suplente: Dra. Monroy León Cozumel Allanec
2^{do.} Suplente: M.I. Flores Medero Navarro Billy Arturo

Lugar donde se realizó la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE INGENIERÍA

TUTOR DE TESIS:

Dra. Mayra Elizondo Cortés

Agradecimientos

A Dios, por darme la oportunidad de existir, la capacidad de perseguir mis sueños, la fortaleza para superar obstáculos y miedos, por no abandonarme jamás.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por cobijar mis sueños y representar uno de mis mayores orgullos.

A la Facultad de Ingeniería por brindarme la formación profesional y personal necesaria para poder triunfar.

A mis padres y hermana, por apoyarme en todas mis iniciativas y creer en lo que hago, sin su apoyo no sería posible concluir cada etapa de mi vida exitosamente.

A la Dra. Mayra Elizondo Cortés, por su invaluable apoyo en la resolución de este proyecto, por su amistad, paciencia y comprensión que siempre la ha caracterizado.

Similarmente, a mis profesores de la maestría por su asistencia y amistad que me proporcionaron durante mi aprendizaje.

A mis amigos de toda la vida, Claudia, por tu valiosa e incondicional amistad, por apoyarme y nunca dejarme solo, porque en los momentos difíciles estuviste ahí para no dejarme caer; Carlos, por tu sincera e inigualable amistad, gracias por ser uno de mis mejores amigos.

A mis compañeros y amigos de la maestría, pues siempre tuve su apoyo y compañía para superar los retos del día a día, gracias por sus palabras de aliento.

Gracias por ser parte de mi vida

Armando Marcos Rojas Mandujano

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Capítulo 1.- Descripción del sistema de estudio.....	11
1.1 <i>Objetivos del Capítulo</i>	11
1.2 <i>Descripción de la PYME</i>	12
1.2.1 <i>Antecedentes</i>	12
1.2.2 <i>Descripción del sistema</i>	14
1.2.3 <i>Descripción de la fabricación de los diferentes tipos de herrajes</i>	21
1.2.4 <i>Organigrama de la empresa</i>	26
1.3 <i>Descripción de la problemática actual dentro de “Taller de Troquelados y Adornos”</i>	27
1.3.1 <i>Problemática actual</i>	27
1.3.2 <i>Análisis FODA</i>	29
Capítulo 2.- Instrumentos de análisis	30
2.1 <i>Objetivos del Capítulo</i>	30
2.2 <i>Metodología de investigación</i>	31
2.2.2 <i>Justificación de la investigación</i>	34
2.2.3 <i>Recopilación de la información</i>	35
2.2.4 <i>Manejo de pronósticos</i>	35
2.2.5 <i>Control de la producción</i>	36
2.2.6 <i>Manejo de inventarios</i>	36
2.3 <i>Pronósticos</i>	36
2.3.1 <i>Series de tiempo</i>	37
2.3.2 <i>Método de suavizamiento exponencial simple</i>	37
2.3.3 <i>Método de suavizamiento exponencial con tendencia o suavizamiento exponencial doble</i>	38
2.3.4 <i>Error en los pronósticos</i>	39
2.4 <i>Teoría de colas</i>	41
2.4.1 <i>Objetivos de la Teoría de Colas</i>	41
2.4.2 <i>Componentes de un sistema de colas</i>	42
2.4.3 <i>Modelos básicos de teoría de colas</i>	43
2.5 <i>Simulación</i>	46
2.5.1 <i>Cuando usar simulación</i>	46

2.5.2	<i>Objetivos de la simulación</i>	47
2.5.3	<i>Principales elementos de la simulación</i>	48
2.6	<i>Inventarios</i>	48
2.6.1	<i>Planeación de los inventarios</i>	49
2.6.2	<i>Control de los inventarios</i>	49
2.6.3	<i>Modelos matemáticos de inventario</i>	50
2.6.4	<i>Clasificación de materiales</i>	51
2.6.5	<i>Modelos de Inventario Determinísticos</i>	53
2.6.6	<i>Modelos de inventarios con Descuento</i>	58
2.6.7	<i>Cálculo del Punto de Reorden y de las Existencias de Seguridad, por Métodos Probabilísticos</i>	58
Capítulo 3.-	<i>Desarrollo de la investigación</i>	61
3.1	<i>Objetivos del capítulo</i>	61
3.2	<i>Introducción</i>	62
3.3	<i>Fase I.- Importancia de determinar la demanda a través de un método de pronóstico</i>	63
3.3	<i>Fase II.- Un proceso de Producción Eficiente y flexible</i>	77
3.3.1	<i>Formulación del problema</i>	78
3.3.2	<i>Conceptualización del sistema</i>	78
3.3.3	<i>Recolección de información, datos para la construcción y validación del modelo conceptual</i>	79
3.3.4	<i>Desarrollo, verificación y validación del programa de cómputo</i>	84
3.3.3	<i>Diseño, ejecución y análisis de experimentos</i>	85
3.3.4	<i>Propuesta de mejora</i>	86
3.4	<i>Fase III.-Manejo de materiales a través de los inventarios</i>	88
3.4.1	<i>Clasificación de los materiales</i>	88
3.4.2	<i>Modelo de inventarios</i>	90
Conclusiones y recomendaciones		95
Bibliografía		97
Anexos		98
Anexo 1.-	<i>Formato de la entrevista realizada a los directivos de la PYME</i>	98
Anexo 2.-	<i>Modelos de pronóstico</i>	99
Anexo 3.-	<i>Modelos de inventarios</i>	102
Anexo 4.-	<i>Datos históricos de Producción</i>	105
Anexo 5.-	<i>Datos recolectados de los diferentes procesos</i>	106
Lamina		106

<i>Alambre</i>	108
<i>Metal fundido</i>	111
<i>Anexo 6.- Clasificación de inventarios</i>	114
<i>Materia prima</i>	114
<i>Producto terminado</i>	118

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo es mostrar una manera de administrar los procesos de producción, almacenamiento y distribución de productos, en una pequeña empresa de manufactura de herrajes, para la implementación de políticas, metodologías y prácticas operativas tendientes a la optimización de recursos con base en una política de punto de reorden y un método de pronóstico. Para lograrlo se define el problema identificando los elementos más importantes que influyen en el mismo, se establece una metodología de trabajo y se desarrollan los elementos teóricos necesarios. Una vez hecho lo anterior se expone la manera en la que se resuelve el problema; proponiendo como primer punto un método de pronóstico que ayudaría a la empresa a planificar cuánta materia prima necesitará para la producción de herrajes; segundo, se plantean mejoras en el sistema productivo de la empresa para tratar de eliminar los cuellos de botella y tercero, se presenta una política de inventarios para el manejo tanto de materia prima como de producto terminado.

Abstract

This document aims to show a way to manage the processes of production, storage and distribution of products, in a small company manufacturing hardware for the implementation of policies, methodologies and business practices aimed at optimizing resources based on a reorder point policy and a forecasting method. To achieve this we define the problem by identifying the most important elements that influence it, establishing a methodology and develop the necessary theoretical elements. Once done the above outlines the way in which the problem is solved; proposed as first point a forecasting method that would help the company to plan how much raw material needed for the production of hardware, and second, it raises system improvements production company to try to eliminate bottlenecks and third, there is an inventory policy for handling both raw materials and finished product.

Introducción

Con la tendencia a la apertura comercial entre países, las empresas pueden verse afectadas al hallar en su camino nuevos obstáculos que les generen problemas de competitividad a un grado que no sean capaces de adaptarse y puedan ser eliminadas del mercado.

En México, las Pymes tienen dificultades para crecer y en los casos en que se observa el crecimiento, éste es lento. Una problemática frecuente que presentan las Pymes es que estas no cuentan con un modelo eficiente para el manejo de sus recursos y materiales, haciendo que su funcionamiento no sea el óptimo. Esas características impiden a las Pymes su crecimiento y el buscar otros mercados en el extranjero. A pesar de que existen programas de apoyo, el desconocimiento de estos programas les impide a las Pymes utilizar sus recursos para su crecimiento, y al vivir en un entorno económicamente inestable, este proceso les puede tomar varios años. Es por ello que las organizaciones están en la búsqueda de nuevas estrategias que les permitan competir en el entorno y así puedan generar una ventaja competitiva que les dé acceso a nuevos mercados.

Un buen control en el manejo de las operaciones y de las actividades logísticas puede generar una ventaja para la organización, al lograr que sus recursos se administren de manera eficiente, para no incurrir en costos innecesarios de producción y obtener una utilidad de tiempo y lugar en la distribución del producto.

Cuando se logra que las actividades internas, como la programación de la producción, la administración del inventario y el manejo de la distribución del producto, trabajen de manera eficiente en una empresa, se tiene como consecuencia una diferenciación en el mercado y una reducción de los costos totales de producción para ofrecer un mejor producto final al cliente.

La coordinación de los procesos de producción permite que las Pymes puedan entregar la cantidad óptima del producto en el lugar indicado, en el menor tiempo posible y al menor costo, lo que se traduciría en grandes ahorros para futuras inversiones y en mayores utilidades a los dueños.

El objetivo de este documento es mostrar una manera de administrar los procesos de producción, almacenamiento y distribución de productos, en una pequeña empresa de manufactura de herrajes, para la implementación de políticas, metodologías y prácticas operativas tendientes a la optimización de recursos con base en una política de punto de reorden y un método de pronóstico.

Debido a la problemática que se busca solucionar en este trabajo, se desarrollo una tesis práctica del área de Investigación de Operaciones en la cual se hace

un análisis de campo a la empresa para poder proponer políticas y metodologías que ayuden a mejorar el manejo de materiales mediante el uso de teoría de inventarios, métodos de pronósticos y el uso de simulación.

La estructura de la tesis se compone de 3 capítulos, un apartado de conclusiones y recomendaciones que permiten la apreciación de resultados, un apartado de anexos (bases de datos) así como la bibliografía consultada para la elaboración de la misma.

En el primer capítulo, se presenta un marco de referencia de cómo se constituye la empresa, de sus antecedentes y los productos que fabrica. Se describirá el objeto de estudio, el entorno en que se desarrolla y el papel que juega dentro de su entorno empresarial. Así mismo, en este capítulo se muestra la descripción del problema, las necesidades de la empresa, la situación actual, la problemática y los objetivos que se pretenden resolver con la metodología de estudio

En el capítulo II, se desarrolla la teoría necesaria para llevar a cabo la política del manejo de recursos de la empresa. Se muestra aspectos generales respecto al tema de pronósticos, teoría de colas, simulación, inventarios, definiciones de logística, abasto y clasificación de artículos, así como también se muestra la metodología de investigación que se utilizó para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo.

En el capítulo III, se presenta el desarrollo de la metodología propuesta para obtener resultados positivos de acuerdo a la definición de los objetivos. Aquí se explica la manera de utilizar los pronósticos para conocer con más certidumbre la venta y la política óptima de inventario; se exponen los análisis cuantitativos, la definición de fórmulas, de variables y la aplicación del modelo de inventarios; así como también se dan a conocer los resultados obtenidos con la aplicación de la propuesta que se desarrolló a lo largo del trabajo.

Capítulo 1.- Descripción del sistema de estudio

1.1 Objetivos del Capítulo

Este capítulo presenta el panorama de la empresa a estudiar desde un punto de vista sistémico; analizando su comportamiento, planeación, proceso de manufactura, manejo de inventarios. En este primer capítulo se establecerá el escenario global del sistema, considerando los siguientes objetivos a través de su desarrollo:

- Analizar el proceso de producción de la empresa;
- Describir la cadena de suministro;
- Analizar la administración y distribución de los inventarios.

De tal forma, el capítulo se encarga en representar y describir el comportamiento actual del sistema a estudiar, para posteriormente poder realizar una propuesta para el manejo y la optimización de los recursos de la empresa a través del contexto de la investigación de operaciones como alternativa para abordar y plantear soluciones a los problemas planteados.

1.2 Descripción de la PYME

1.2.1 Antecedentes

La empresa donde se realiza el presente trabajo, es una empresa manufacturera de herrajes para cinturón y adornos para pantalón de mezclilla denominada como “Taller de Troquelados y Adornos” con procesos de producción definidos; una planta con la distribución en celdas de producción, una bodega de resguardo de materia prima y un almacén de producto terminado; es una empresa con toda la capacidad y equipo industrial disponible en el ramo y que ofrece las condiciones necesarias para realizar la investigación debido al fácil acceso a la información y a la apertura de los dueños para proponer mejoras que ayuden al desarrollo de la empresa. Clasificada como una pequeña empresa, por su número de trabajadores, según la siguiente tabla (Figura 1.1):

Clasificación de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas				
Tamaño	Sector	Número de trabajadores	Monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Micro	Todas	Hasta 10	Hasta \$4	4.6
Pequeña	Comercio	Desde 11 hasta 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93
	Industria y Servicios	Desde 11 hasta 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95
Mediana	Comercio	Desde 31 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Servicios	Desde 51 hasta 100		
	Industria	Desde 51 hasta 250	Desde \$100.01 hasta \$250	250

Figura 1.1.- Clasificación de las empresas¹

***Tope Máximo Combinado = (Trabajadores)(10%) + (Ventas Anuales)(90%)**

“Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos”, fundada en el año 1981, es una empresa familiar perteneciente a la familia Rojas, originaria del Estado de México; cuenta con una fábrica anexa, muy cerca de la fábrica matriz. El dueño o administrador general es el Sr. Armando Rojas, junto con un hermano, más 18 trabajadores. La fábrica tiene como objeto, la fabricación de todo tipo de herraje para cinturones ya sea de lámina, alambre, metal fundido y plástico, así

¹ INEGI, Censos económicos 2004 y 2009

como los botones y adornos para los pantalones de mezclilla adaptándose a las necesidades del mercado, aportando sugerencias en cuanto al diseño y basándose en la experiencia de 30 años del personal, en la producción de todo tipo de herrajes. Cuenta actualmente con alrededor de 60 tipos de herrajes.

“Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos” posee un variado número de proveedores que los abastecen de materia prima, como lámina, alambre, plástico, zamac, papelería, químicos, etc., los cuales se encuentran en un mercado competitivo para poder brindar la gama de productos con los que la empresa trabaja. Así mismo existe un vínculo estrecho entre proveedores y la empresa, en el cual se establecen los parámetros necesarios de calidad de la materia prima para poder cumplir con los requerimientos de los clientes.

La producción se realiza de lunes a sábado con un solo turno, de 10 am a 6 pm entre semana y de 10 am a 3 pm los sábados. La empresa cuenta con su proceso establecido en una misma área y el almacén está localizado dentro de sus instalaciones. No cuenta con la tecnología suficiente para mejorar la producción ya que algunos pasos se realizan de manera manual, además de que los herrajes pasan por un proceso de inspección visual basado a la perspectiva del empleado.

Básicamente, las principales características de trabajo en “Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos”, son las siguientes:

- La seguridad dentro de la empresa es importante ya que se destina parte del presupuesto para este tema, pero es ineficiente ya que no se cuenta con aspectos importantes tales como reglamento interno o capacitación hacia los trabajadores;
- Las juntas de información por lo regular se realizan los sábados en forma individual con los obreros, tratando temas referentes a la producción y seguridad;
- Se realizan inspecciones por parte de los gerentes y directores, además de los trabajadores, es decir, no se cuenta con un personal definido;
- Los procesos de trabajo se realizan mediante los manuales así como por la práctica de gente que lleva trabajando en la planta cerca de 15 años.

La estrategia de compras está regida solamente por los niveles de stock de los herrajes y su demanda. Para realizar la gestión de aprovisionamiento (Compra y almacenamiento) la empresa requiere conciliar las existencias en almacén con las necesidades y la disponibilidad de recursos financieros para las compras, por lo que la interrelación entre la gestión de inventario y la de compra, resulta primordial para decidir éstas y sus cantidades, todo ello sustentado, en las proyecciones de demanda de sus productos que la entidad realiza a partir de datos históricos y actuales, así como los costos de

aprovisionamiento que derivarían las posibles compras de productos.

La labor social que ejerce esta empresa dentro de su ambiente es el de ofrecer herrajes de calidad hacia los fabricantes de cinturones con el fin de que al adquirirlos, sepan que tienen un producto que cumplirá con las más altas expectativas; además, de que provee de una fuente de trabajo a familias que necesitan una fuente de ingresos.

Localización: Palacio de Gobierno #301, Col. Evolución, Cd Nezahualcoyotl, CP 57700, entre Av. Sor Juana Inés de la Cruz y Av. Adolfo López Mateos

1.2.2 Descripción del sistema

Durante todo el proceso de aprendizaje que el programa de posgrado en ingeniería de sistemas ofrece, se resalta la conceptualización de la palabra “sistema” para entender la forma en que está estructurada una organización pública, social o privada y así darle solución a los problemas a los que se enfrenta o para conocer de fondo esa estructura. Precisamente el enfoque que esta tesis ofrece sobre un sistema, será el de comprender la estructura del sistema y proporcionar una solución a los problemas que la empresa presenta.

Un sistema se define como un conjunto de elementos interrelacionados y estructurados que llevan a cabo un proceso de transformación con un objetivo determinado². En este caso, el sistema se describirá de manera global como la entidad o la empresa de “Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos”.

El aspecto importante desde el punto de vista sistémico, el cual nos indica que todos los elementos de una organización están relacionados entre sí exponiendo los fenómenos que le afectan de manera integral, en su totalidad y no en partes aisladas³, es determinar la estructura de la empresa y las relaciones de los agentes que la afectan. En la figura 1.2 se muestra el diagrama del sistema de la empresa a estudiar.

^{2,3} “Método de los sistemas”, Ochoa Rosso, Felipe, Facultad de Ingeniería, 1985

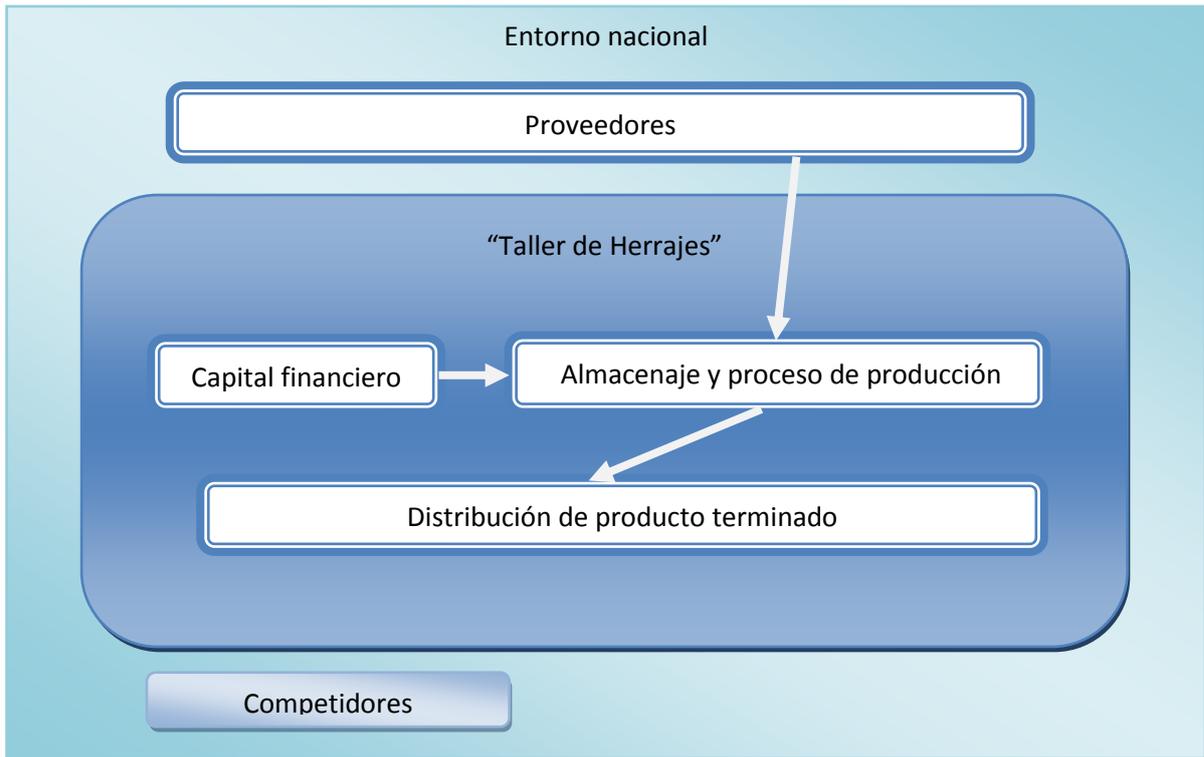


Figura 1.2.- Diagrama del sistema de la empresa (elaboración propia)

Realizar acciones enfocadas al crecimiento del capital social tiene efectos económicos favorables para las empresas. Al ser conocidos los esfuerzos, la percepción de buena empresa crece y el mercado estará dispuesto a pagar más por sus acciones repercutiendo en un incremento del valor de la empresa. Por el contrario, una mala imagen de la empresa a causa de que no sea socialmente responsable afectará negativamente su valor. Para que las empresas aporten capital social a sus comunidades se requiere comenzar desde adentro, generando sentido de interrelación, de pertenencia, de comunidad que alcanza objetivos comunes a través de compartir valores y normas que las integran y generan respeto, cooperación, confianza y reciprocidad en la generación de bienestar de la comunidad interna y externa⁴. El capital social se crea promoviendo y ejerciendo normas morales comunitarias, como la lealtad, honestidad, confiabilidad y responsabilidad en el aprovechamiento de los recursos tangibles e intangibles que favorecen el desarrollo. Se fortalece mediante ritos y hábitos de cultura corporativa que promueven la equidad, inclusión e integración al desarrollo.

La mayor parte de las características de responsabilidad social en "Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos" se han llevado a cabo, sin embargo, la crisis financiera de los últimos años, ha afectado la necesidad de ofrecer respuestas rápidas a la solicitud de los clientes, explorando nuevos negocios sin el suficiente análisis; la aparición de nuevas tecnologías y de competidores de herrajes ha afectado la participación de la comunidad; disminuir el trato

⁴ "Empresas que perduran", Collins, J.C. y Porras, J.I., Ed. Norma, 1996

personal, lo que nos induce a olvidar que detrás de la máquina hay también personas; los recortes de gastos obligan a tomar decisiones necesarias, entre otras situaciones que la empresa ha enfrentado dentro de la comunidad.

Por otro lado, las Pymes son esenciales para la economía ya que dominan y abastecen un mercado amplio local o regional dado que muchas veces sólo comercializan los productos en pequeñas zonas, además de que generan los empleos suficientes para que el desarrollo de alguna región en particular tenga el crecimiento adecuado.

El valioso papel desempeñado por la pequeña empresa en el proceso de desarrollo económico no se agota aquí. Su actuación ha evidenciado ser relevante en la dinámica de la estructura productiva, el progreso tecnológico y el desarrollo social. Puede afirmarse que, en general, las pequeñas y medianas industrias son altamente intensivas en mano de obra, flexibles ante cambios en los mercados y tecnología, eficientes en su ramo y capaces de aprovechar habilidades y materiales locales. Además, colaboran en la construcción de un sistema de ingresos más equitativo, a una mayor tasa de ahorro y reinversión, a la integración de la industria y al fomento del espíritu empresarial⁵.

Hoy en día, en “Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos” se presenta las siguientes características en el aspecto económico:

- Acceso restringido a las fuentes de financiamiento;
- Bajos niveles de capacitación de recursos humanos;
- Limitados niveles de innovación y desarrollo tecnológico;
- Baja penetración en mercados ya no digamos internacionales, simplemente nacionales, entrar en estos mercados implicaría abrir nuevos nichos de mercado, aprovechar nuevas tecnologías, mejorar los medios de producción y reducir gastos;
- Aunado a esto, se tienen bajos niveles de productividad;
- Baja capacidad de asociación y administrativa.

De hecho, el acceso al financiamiento ha sido identificado como uno de los más significativos retos para su supervivencia y crecimiento. En contraste con las grandes empresas, que tienen mayor facilidad para obtener financiamiento a través de medios tradicionales, debido a que cuentan con mejores planes de negocios, más información financiera confiable y mayores activos.

Actualmente en “Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos” no se existe una plena división entre trabajo y capital, es decir, hay una escasa división del trabajo en la planta laboral ya que la mayor parte de los trabajadores ejecutan más de una actividad. Un ejemplo de esto es que el dueño participa activa y directamente en las actividades productivas, como un trabajo no remunerado o

⁵ “Revista finanzas, el poder de los negocios”, Año 5, 2007

sub-remunerado, debido a esto y a la falta de tiempos reales por la multiplicidad de roles y de conocimientos gerenciales, por parte del dueño, no se permite una conducción organizada de la empresa.

Si el empresario amplía su noción de lo que significa competitividad, se verá fácilmente, que no sólo es del interés de la empresa cuidar sus finanzas, sino también es relevante cuidar al capital humano, al social, al natural y al legal debido a que todos estos bienes son clave para la buena marcha sustentable de la propia empresa. Y de la misma manera que si desatendemos al aspecto económico, la empresa no funcionaría por incapacidad de seguir contando con dinero para realizar sus fines. En este sentido, cobra importancia la PYME industrial no sólo en cuanto al número de trabajadores o de utilidades, sino también por el capital invertido que representan, por el valor agregado de su producción, por las materias primas que consumen, por la formación de capital fijo, por los empleos que generan y por la capacidad de compra que dan a la población trabajadora mediante los sueldos y salarios.

Adicionalmente, debemos reconocer que para el desarrollo de las PYMEs en México se tienen diversos aspectos, entre los más sobresalientes resalta la creciente competencia internacional, que ha disminuido la inversión y ha puesto en evidencia la necesidad de ejecutar acciones de apoyo a la competitividad de las empresas a corto, mediano y largo plazo, tales como la eficiencia en las operaciones dentro de cada tipo de empresa, y es por ello que el cuidado de sus inventarios y el potencial de venta que puedan tener, se vuelven fundamentales en esta labor.

Procesos y elementos básicos

La acción de comprar es una de las actividades primordiales para la empresa ya que deberían tener un estricto control de los gastos y al poco acceso al financiamiento por parte de los proveedores. Por ello, debe realizarse con una plena convicción de qué, a quién, cuánto, cuándo y de qué manera hacerlo. Para comprar en “Taller de Troquelados y Adornos”, se reúnen el gerente de producción y los dueños. Allí se determina qué se necesita comprar y para ello se tienen en cuenta las existencias en almacén, las demandas anteriores, los fondos monetarios disponibles y los proveedores que ofrecen los productos necesarios. Después, con la opinión de los responsables directos en la producción, se determina cuál de los proveedores es el que ofrece las mejores condiciones en cuanto a precios, plazos de pago, tiempo de entrega y garantías.

Seleccionado el proveedor con todas sus condiciones, se establecen las cantidades a solicitar por la empresa en el momento requerido por la gente de producción. Esto se realiza con base en la experiencia, ya que la entidad no cuenta con un programa informático que le permita reunir mayor cantidad de información y con ello dar una respuesta más acertada que elimine el error

humano. En la actualidad, sólo cuentan con la papelería indispensable para resguardar información como facturas, hojas de pedidos, hojas de control de almacén, notas de venta; todo ello almacenado en carpetas.

Una vez que el pedido se emite, se procede a la entrega de la materia prima por parte del proveedor a la empresa. La recepción se hace de forma detallada bajo el principio de contar, pesar y estibar la mercancía recibida.

Información referente al proceso de venta y almacenamiento de los herrajes

Cuando un cliente demanda el catálogo de herrajes y visita la empresa para la posible venta, ya sea el dueño o el personal de ventas es el encargado de atenderlo, ofreciéndole el servicio que merece, es decir, le presenta el catálogo con el que cuenta la empresa, le sugiere o recomienda los posibles productos que satisfagan sus requerimientos.

Una vez que el cliente seleccionó su catálogo, la persona que lo atiende debe verificar si el producto requerido se encuentra en existencia en la bodega de la fábrica mediante inspección visual. Una vez que verificó la existencia del material, se procede a la elaboración del pedido, o en otro caso, la emisión de la factura y el proceso de empaquetar el herraje para que finalmente la mercancía se transporte ya sea al lugar que el cliente designe o éste mismo la recoja en la fábrica.

El control del inventario de los herrajes fabricados y resguardados en el almacén, resulta de vital importancia para la empresa, pues no sólo contribuye a la disminución de costos, sino que mediante un adecuado almacenamiento de sus artículos se les puede ofrecer un mayor nivel de satisfacción a los clientes, a través de la variedad de los herrajes, el buen estado de los mismos y la disponibilidad necesaria cuando los soliciten. Para lograr esta satisfacción, es necesario implantar una política de inventarios que defina las cantidades a pedir y a mantener mediante un control matemático e informático de los datos.

El conteo físico del inventario se realiza una vez por bimestre. Dicho conteo se practica al 100% de los herrajes en almacén. Este conteo lo realizan los operarios con base en inspección visual y lo registran en hojas. Una vez concluido el conteo, se conforma el expediente de inventarios, al cual, la empresa lo considera como el control básico de sus inventarios.

En promedio, los herrajes se almacenan por un mes lo que representa un monto en bodega de producto terminado de aproximadamente de \$200,000 (este cálculo se estimó por medio de los tipos de herraje que se tiene y la cantidad y precio de cada uno ya que en la empresa no se cuenta con una información exacta).

De acuerdo con la información proporcionada por el responsable de la empresa, los herrajes que se encuentran dentro de la bodega se clasifican en:

- Herraje bueno: se encuentran en la bodega un máximo de 1 mes, ocupando un 50% del inventario;
- Herraje regular: se encuentran en la bodega de 1 a 2 meses, ocupando un 20% del inventario;
- Herraje malo: se encuentra en la bodega de 2 a 4 meses, ocupando un 30% del inventario. De este porcentaje el 5% ya se considera obsoleto debido al deterioro de los mismos por el transcurso del tiempo.

Situación del mercado

La diversidad de formas y productos de herrajes, crean un mercado potencial, ya que el herraje es utilizado como un accesorio en la venta de todo tipo ropa. La utilización de herrajes busca exhibir la ropa lo mejor posible, y los diferentes tipos de herraje proporcionan las siguientes ventajas, entre muchas otras:

- Exhibir el producto a un bajo costo;
- Mayor impacto visual del producto;
- Versatilidad de diseño;
- Estrategias de ventas.

En general, el herraje proporciona una estrategia de venta agregándole un plus a la venta de ropa a bajo costo, provocando un mayor impacto visual al mercado.

Muchas empresas líderes en la fabricación de ropa, han utilizado los herrajes desde hace muchos años; y un ejemplo de estas industrias son las marcas: Oggi Jeans, Britos, Levis, Geraldino, entre otras.

Maquinaria y equipo

Hay que recordar que en la planta se fabrican diversos productos y la ubicación de la maquinaria debe ser tal, que la mayoría de los productos se vean beneficiados con dicha trayectoria. Debido a la diversa gama de productos, la empresa se ha visto en la necesidad de comprar maquinaria; el problema que se presenta en el proceso productivo es que la fábrica ha tenido diversas expansiones pero sin aplicar una planeación para la misma, lo cual ha traído una mala distribución del proceso de manufactura.

Las máquinas con que cuenta la empresa son:

Etapas	Cantidad de equipo
Troquelado	4
Formado	2
Pulido	3
Acabado	2
Ensamblado	5
Inspección	1
Empacado	3

Figura 1.3 Tabla de la maquinaria con la que cuenta la empresa (Elaboración propia)

División de productos

A continuación se dividen los productos que se fabrican en el Taller de Troquelado de Hebillas y Adornos en 3 grandes grupos:

- Herrajes de lámina: estos productos son fabricados en lámina de diferentes calibres y tamaños requeridos. Consta de dos piezas troqueladas y acabadas de acuerdo a las necesidades del cliente, divididos en 3 categorías
 - Herraje para niña;
 - Herraje para niño;
 - Herraje para dama.

El ciclo de vida del herraje de lámina es largo (3 o más años), con excepción de algunos productos conocidos, constantemente se diseñan nuevos modelos para aprovechar las ventas de lanzamiento y tratar de consolidar en el mercado.

- Herrajes de alambre: estos productos son fabricados con alambre de diferentes calibres y tamaños requeridos. Consta de dos piezas dobladas y acabadas de acuerdo a las necesidades del cliente, divididos en 3 categorías
 - Herraje para niña;
 - Herraje para niño;
 - Herraje para dama.

El ciclo de vida de los herrajes de alambre al igual que los herrajes de lámina, es largo (3 o más años), con excepción de algunos productos conocidos, constantemente se diseñan nuevos modelos para aprovechar las ventas de lanzamiento y tratar de consolidar en el mercado.

- Herrajes de metal fundido: estos productos son fabricados con metal fundido en diferentes tamaños. Consta de una pieza de metal fundido piezas y acabadas de acuerdo a las necesidades del cliente, divididos en 2 categorías
 - Herraje para niña;
 - Herraje para dama.

El ciclo de vida de estos es corto (dos o tres meses), constantemente se diseñan nuevos modelos para tratar de consolidarlos en el mercado.

1.2.3 Descripción de la fabricación de los diferentes tipos de herrajes

Proceso productivo de la empresa para los herrajes de lámina

El proceso de herrajes de lámina se desarrolla en diferentes etapas las cuales se describen a continuación:

- Troquelado: este es el punto inicial en el proceso, aquí se da la forma del herraje que se desea, el proceso se desarrolla mediante una troqueladora. Es importante mencionar que si el producto llega estar mal troquelado se pasa al desecho.



Figura 1.4 Izquierda, Máquina Troqueladora; Derecha Hebilla Troquelada (Fotografías de la empresa)

- Acabado: en este punto se da el terminado al herraje, este terminado consiste en quitar filo al herraje y dar color al mismo dependiendo de las especificaciones por parte del cliente. Si el producto llega a sufrir algún desperfecto por parte del acabado este podría pasar al desecho.



Figura 1.5 Tinas de Acabado (Fotografía de la empresa)

- **Ensamble e inspección:** en este punto del proceso, se ensambla el herraje con el agujijón y se inspecciona el producto terminado, si el producto se acepta se empaca, en caso contrario se rechaza; dependiendo del motivo de rechazo se determina qué acción tomar con el herraje.

Si el producto tiene defecto por parte del acabado, se regresa a ese punto a volver a acabarlo, mismo caso en el ensamble. Si el producto no puede ser arreglado, se pasa al desecho.



Figura 1.6 Hebillas con Recubrimiento Metálico (Fotografía de la empresa)

Proceso productivo de la empresa para los herrajes de alambre

El proceso de herrajes de alambre se desarrolla en diferentes etapas las cuales se describen a continuación:

- **Formado:** este es el punto inicial en el proceso, aquí se da la forma del herraje que se desea, el proceso se desarrolla mediante una máquina llamada *Four Line*. Es importante mencionar que si el producto llega estar mal formado, se pasa al desecho.

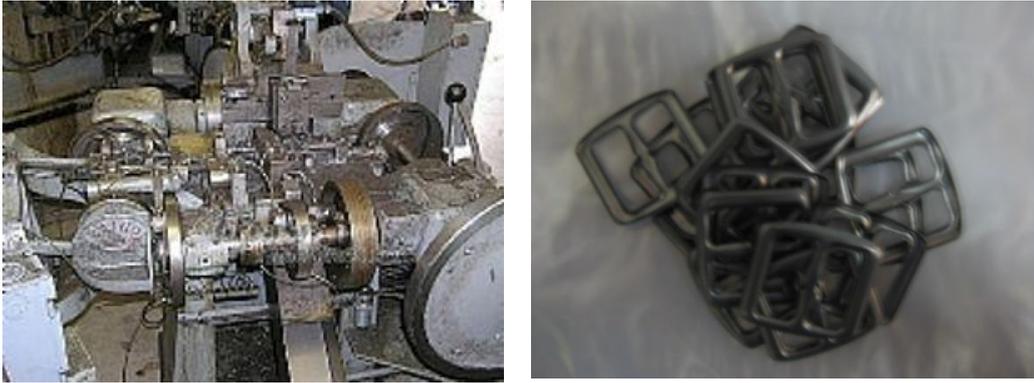


Figura 1.7 Izquierda, Máquina *Four Line*; Derecha Hebilla Procesada (Fotografías de la empresa)

- Acabado: en este punto se da el terminado al herraje, este terminado consiste en dar color al mismo dependiendo de las especificaciones por parte del cliente. Si el producto llega a sufrir algún desperfecto por parte del acabado, este podría pasar al desecho.



Figura 1.8 Tinas de Acabado (Fotografía de la empresa)

- Ensamble e inspección: en este punto del proceso, se ensambla el herraje con el agujón y se inspecciona el producto terminado, si el producto se acepta se empaqueta, en caso contrario se rechaza; dependiendo del motivo de rechazo se determina qué acción tomar con el herraje.
Si el producto tiene defecto por parte del acabado, se regresa a ese punto a volver a acabarlo, mismo caso en el ensamble. Si el producto no puede ser arreglado, se pasa al desecho.



Figura 1.9 Hebillas Con Recubrimiento Metálico (Fotografía de la empresa)

Proceso productivo de la empresa para los herrajes de metal fundido

El proceso de herrajes de metal fundido se desarrolla en diferentes etapas las cuales se describen a continuación:

- **Fundición:** este es el punto inicial en el proceso, aquí se da la forma del herraje que se desea, el proceso se desarrolla mediante un colado de metal fundido. Es importante mencionar que si el producto llega a estar mal fundido, se pasa al desecho.



Figura 1.10 Izquierda, Máquina Centrifuga; Derecha Hebillas Fundidas (Fotografías de la empresa)

- **Acabado:** en este punto se da el terminado al herraje, este terminado consiste en quitar filo al herraje y dar color al mismo dependiendo de las especificaciones por parte del cliente. Si el producto llega a sufrir algún desperfecto por parte del acabado, este podría pasar al desecho.



Figura 1.11 Tinas de Acabado (Fotografías de la empresa)

- **Ensamble e inspección:** en este punto del proceso, se ensambla el herraje con el agujón y se inspecciona el producto terminado, si el producto se acepta se empaca, en caso contrario se rechaza; dependiendo del motivo de rechazo, se determina qué acción tomar con el herraje.

Si el producto tiene defecto por parte del acabado, se regresa a ese punto a volver a acabarlo, mismo caso en el ensamble. Si el producto no puede ser arreglado, se pasa al desecho.



Figura 1.12 Hebilla de fundición con recubrimiento metálico (Fotografías de la empresa)

Proceso productivo general de la empresa

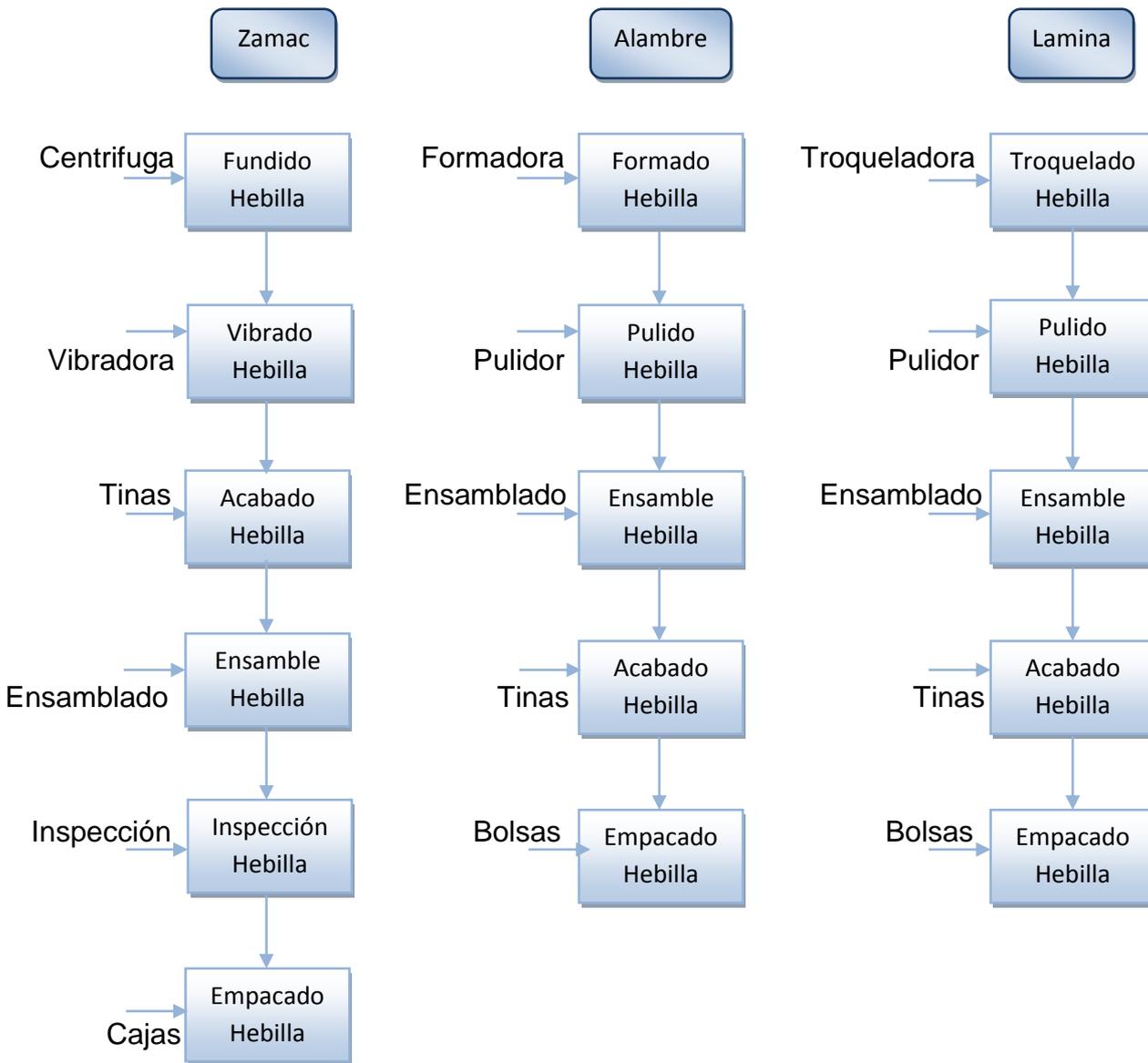


Figura 1.13 Proceso de fabricación del Herraje

En la figura 1.13, se muestra el diagrama que describe todos los procesos así como la maquinaria que se utiliza para lograr que se lleve a cabo la fabricación de los diferentes tipos de herrajes.

1.2.4 Organigrama de la empresa

Con el siguiente organigrama (figura 1.14), se visualizan los niveles de autoridad que conforman esta PyME, esto es de suma importancia debido a que da una idea mucho más clara de la responsabilidad que tiene una persona dentro de la empresa y permite crear una identificación entre los colaboradores, los dueños y los trabajadores.

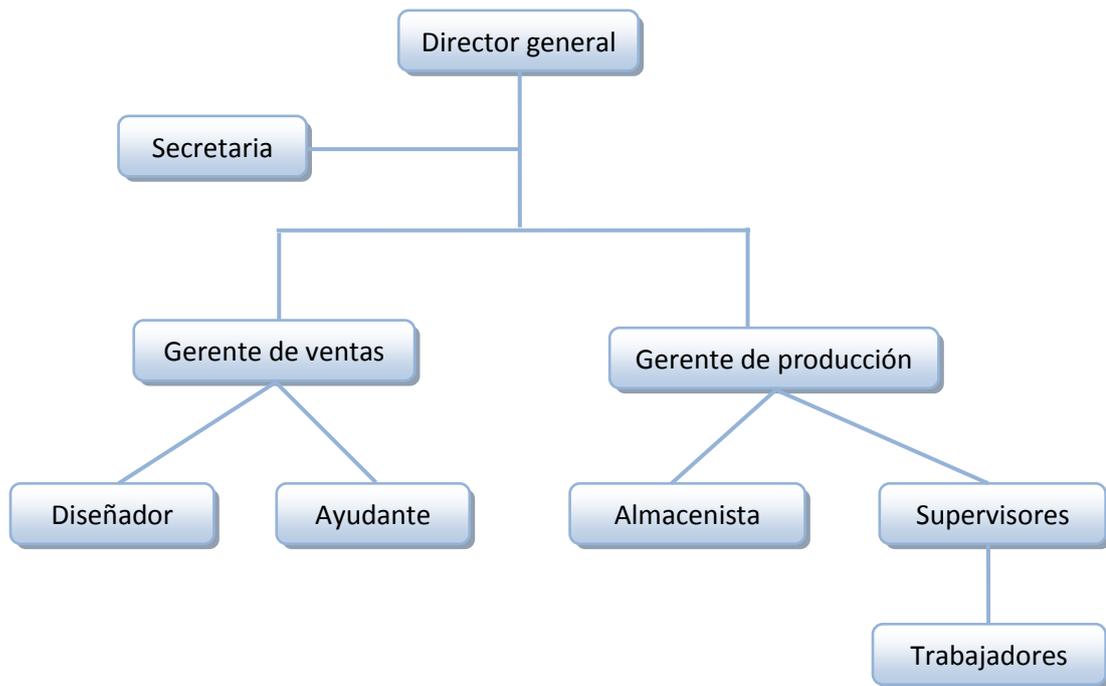


Figura 1.14 Organigrama de la empresa (Elaboración propia)

1.3 Descripción de la problemática actual dentro de “Taller de Troquelados y Adornos”

1.3.1 Problemática actual

La problemática definida para esta empresa es que no cuentan con un modelo eficiente para el manejo de sus recursos y materiales, haciendo que su funcionamiento no sea el óptimo, es decir, el manejo de la empresa se basa principalmente en producir sin tener el conocimiento de que tipo de herraje se necesita, en que cantidades y para qué fecha se debe de entregar. Esta problemática la podemos desglosar en los siguientes problemas:

- La empresa no se conoce con certidumbre la cantidad de herrajes que los clientes solicitarán en los períodos normales de venta y en las temporadas altas.
Este problema se deriva principalmente a que la empresa no cuenta con un registro histórico detallado de la demanda de sus herrajes, por lo cual no se tiene el conocimiento de cuál es su comportamiento;
- La empresa no tiene identificado el comportamiento de la línea de producción de los herrajes, en la cual se llegan a presentar cuellos de botella, los cuales generan retrasos en la fabricación de los herrajes.
Una actividad recurrente en la empresa es la de producir herrajes sin tener un modelo de producción, es decir, se produce sin tener el pleno conocimiento de que herraje se debe fabricar, cuánto se debe fabricar y para que fechas se debe de tener terminado. Este problema se debe a dos factores, el primero es que solo se produce cuando se tiene la materia prima en el almacén, es decir se presentan lapsos en la

empresa con los que no cuenta con materia prima; y el segundo es que la producción se basa de acuerdo a la experiencia del dueño de la empresa, lo cual nos genera el siguiente problema;

- El administrador o el dueño no delega responsabilidades y éste tiene problemas debido a que no puede separarse de la operación, puesto que no confía en sus subordinados y cree que él es el único que puede resolver los problemas de la empresa.
- La empresa no cuenta con una adecuada política de inventario que solucione los problemas de cuánto y cuándo pedir. Esta situación aunada a la poca venta de los productos, ha provocado el aumento de los niveles de inventario de producto terminado.

Con la información proporcionada por la empresa se encontró que la rotación es baja debido a que la mayoría de los herrajes se encuentran hasta por 4 meses en la bodega, lo cual es suficiente para que en fechas posteriores el herraje llegue a tener un costo elevado por el simple hecho de mantenerlo ahí. Además, el 5% de los herrajes están deteriorados, generando costos elevados de almacenamiento (aproximadamente \$50,000). El dinero que se encuentra invertido en estos herrajes, puede ser utilizado en otras partes de la empresa, como el mantenimiento de la misma.

- La empresa no realiza un análisis exhaustivo de los costos de ordenar el pedido y los de almacenamiento a la hora de planificar las compras;
- La empresa no cuenta con una evaluación certera de los distribuidores que ayude a conocer el movimiento de la mercancía.

Estos dos últimos problemas se deben a que la empresa no maneja un modelo de inventarios ya que no tiene el conocimiento de la existencia de estos.

Los dueños de la empresa están conscientes, de que los costos por mantener herrajes en la bodega, por no conocer con exactitud la demanda y por los retrasos generados en la línea de producción son elevados, y más considerando la crisis económica que han aquejado a la empresa en los últimos años, por eso la importancia de un indicador que refleje cuántos herrajes deben tener en la bodega para satisfacer una demanda real, que se conozca con anticipación y con ello resolver los problemas de producción, y de venta de los herrajes. Además, están interesados en tener una mejor rotación de los herrajes, que éstos permanezcan menos tiempo en el almacén sin descuidar el abasto a los clientes anticipándose a lo que éstos van a solicitar.

En la teoría existen muchas herramientas o metodologías para solucionar los problemas organizacionales dentro de una empresa, sin embargo, este trabajo no pretende ampliar el estudio sobre las mismas debido a que es de tipo práctico, es decir, ya se conoce al sistema en interés, se tienen claros los objetivos a abordar así como la problemática a solucionar.

1.3.2 Análisis FODA

A continuación se realiza un análisis FODA para poder entender de mejor manera la situación actual de la empresa, así como los problemas que se presentan; en este análisis se presentan las fortalezas y debilidades que tiene la empresa, así como las oportunidades y amenazas que se pueden presentar.

La importancia de este análisis es la de presentar de manera resumida la situación de la empresa y apoyar a tomar las mejores medidas y decisiones para proponer nuestras políticas de mejora.

ANÁLISIS FODA

Fortalezas	Debilidades
Experiencia en el ramo de la industria (Más de 20 años) Gran variedad de productos Perfecto conocimiento de las necesidades de los clientes Manejo de diferentes tipos de herraje	Poca modernización de la maquinaria No usar un sistema de inventarios para materia prima, productos en proceso y terminados Bajo número de proveedores de materia prima
Oportunidades	Amenazas
Implementación de políticas de inventarios y uso de pronósticos Desarrollo del proceso productivo de manera eficiente Gran diversidad de herrajes	El crecimiento de la competencia Alza de precios de materia prima Proceso obsoleto en la fabricación de herrajes

Figura 1.15 Análisis FODA (Elaboración propia)

De acuerdo a la información de la figura 1.15 se puede observar que a pesar de los problemas presentados anteriormente, la empresa tiene una amplia experiencia en el sector lo cual será de gran ayuda para dar una solución a la problemática, además de que los dueños de la empresa están abiertos al dialogo y que personas externas trabajen por el bien de su negocio.

Capítulo 2.- Instrumentos de análisis

2.1 Objetivos del Capítulo

En este capítulo se presenta la descripción detallada de la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, así como la presentación de los elementos teóricos que se utilizaron; los objetivos que se tienen en el capítulo son:

- Describir el tipo de investigación que se desarrollará de acuerdo a la problemática establecida para obtener la mejor solución al problema que presenta el sistema;
- Detallar los elementos teóricos a utilizar en la investigación que ayuden a plantear y desarrollar una solución a la problemática.

2.2 Metodología de investigación

Con forme al capítulo anterior se observó que la problemática es que la empresa no cuenta con un modelo eficiente para el manejo de sus recursos y materiales, haciendo que su funcionamiento no sea el óptimo; lo cual hace difícil la producción de los herrajes y la distribución de los productos terminados en el tiempo establecido, generando grandes pérdidas económicas y la no satisfacción de sus clientes, esto debido a que las decisiones de cuánto, dónde y cuándo producir se basan únicamente en la experiencia personal de los encargados de la producción (Figura 2.1).



Figura 2.1.- Problemas en el Taller de Herrajes

¿Por qué es importante resolver el problema?

Al resolver el problema, se dejarán de tomar decisiones sólo por juicios personales aislados, ya que se contará con una estrategia basada en elementos de la investigación de operaciones.

Con una estrategia adecuada se tendrán varias ventajas, entre las que destacan:

- Mejorar el servicio al cliente:
Ya que el inventario generará cierta disponibilidad de los herrajes que el cliente solicita y del cual pueden tener altas expectativas de existencia pues generalmente lo requieren para uso inmediato, de esta manera pueden mantener la preferencia e incluso aumentar la clientela.

- Reducir costos:

Evidentemente, la planeación de producción no elimina por completo las fluctuaciones en los niveles de existencia del producto, ya que en este caso, la demanda es una variable aleatoria que puede generar resultados no esperados, sin embargo, sí las reduce de manera importante. Ahora bien, la administración del inventario constante implica otras condiciones, por ejemplo, contar con la información necesaria para el control de la demanda, la cooperación de la dirección de la empresa y de los encargados para poder tener objetivos comunes, el que se den estas condiciones salen del alcance de este trabajo que se limita a establecer una política de inventarios más adecuada según las condiciones del problema.

Como parte del desarrollo de la investigación se decidió organizar los problemas y la relación que tienen estos con la finalidad de poder proponer una metodología de investigación y los elementos teóricos que nos serán de ayuda en el desarrollo de la misma (Figura 2.2).

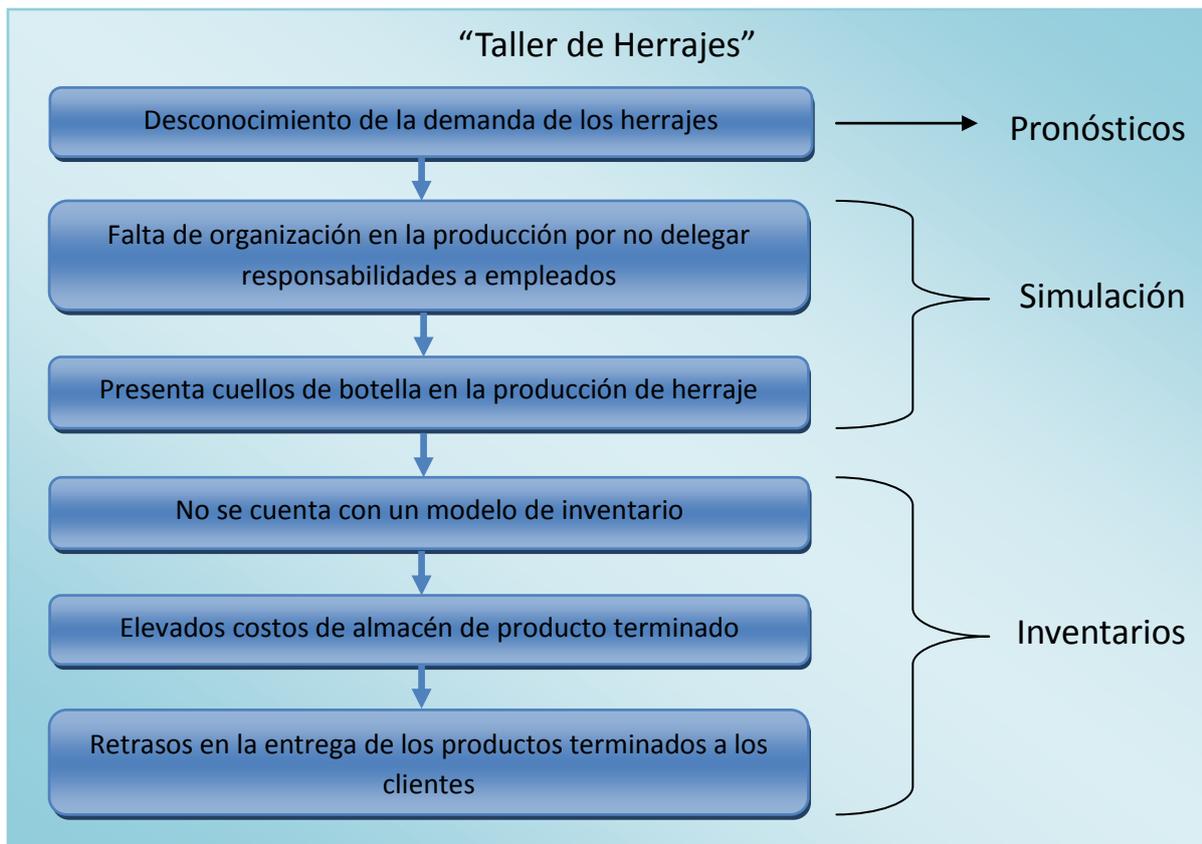


Figura 2.2.- Problemas y elementos teóricos que se utilizarán

Así mismo, la metodología que se utilizó para realizar la investigación se presenta en la figura 2.3

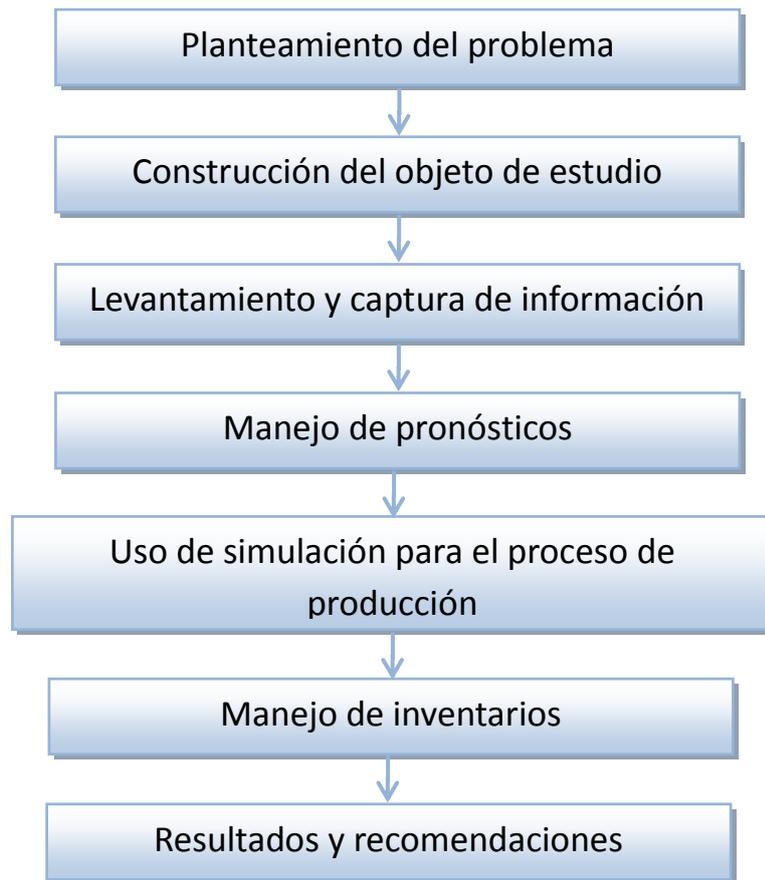


Figura 2.3.- Metodología de investigación

En la metodología propuesta se plantea como primer punto realizar el planteamiento de la problemática así como la construcción del objeto de estudio ya cual incluye la descripción de la empresa y el marco teórico a utilizar. Para posteriormente realizar el levantamiento de datos con los cuales se trabajara en la secciones de pronósticos, simulación e inventarios obteniendo el análisis a detalle de la empresa y por último dando una propuesta para mejorar el funcionamiento de esta.

2.2.1 Planteamiento del problema

Esta investigación partió de la necesidad de resolver la problemática situacional en una PyME dedicada a la manufactura de herrajes para cinturones, derivada de un diagnostico sistémico.

De tal manera el objetivo de este trabajo es hacer una propuesta para el manejo de sus recursos y procesos, para lograr un incremento en la productividad, a través del uso de pronósticos, simulación e inventarios con base en los datos proporcionados durante el primer semestre del año 2011.

Así mismo, los objetivos específicos de este tema de investigación son:

- Describir y calificar la cadena de suministro;
- Analizar la administración y distribución de los inventarios;
- Realizar un pronóstico de la demanda;
- Elaborar un modelo para el proceso de producción a través del uso de la simulación;
- Proponer un método para el manejo de inventarios.

Las preguntas de investigación que surgieron del planteamiento del problema son:

- ¿Cuál es la cadena de suministro de la empresa?
- ¿Cómo se administran los inventarios?
- ¿Qué pronóstico de demanda es el adecuado?
¿Qué beneficios obtendrá la empresa con la propuesta para el proceso de producción?

2.2.2 Justificación de la investigación

La determinación y planeación de la producción resulta ser la actividad fundamental de la organización, ya que esta actividad permite planear, implementar y controlar de manera eficiente el flujo de sus productos y de la información que la empresa genera desde el inicio hasta el final.

La finalidad de la investigación es proponer una política para el manejo de materiales y la producción de herrajes, para mejorar el funcionamiento de la empresa a través del uso de varias herramientas de la investigación de operaciones, tales como la simulación, inventarios, pronósticos, entre otros, que proporcione una solución para la problemática que presenta la empresa en su proceso productivo. Esta problemática surgió a raíz de la falta de planeación y control de la producción ya que no cuenta con un modelo que le permita tener un mejor desempeño en ese aspecto.

La falta de control que tiene la organización sobre sus procesos obedece en gran parte a que es una empresa de tipo familiar, por lo que el personal es mínimo como para controlar todas las actividades de una empresa que está en crecimiento. Por consiguiente, se incurre en errores de planeación que pueden traducirse en grandes pérdidas para la organización, lo que podría ocasionar que en un futuro sea eliminada del ambiente competitivo que exista en el sector.

Por estas razones, surgió la necesidad de realizar un proyecto en el cual se puedan identificar los factores de mayor trascendencia en el sistema productivo, y permitan a la empresa mejorar su funcionamiento eficientemente en el que se administren de manera adecuada los recursos y de esta forma dar más valor a la empresa.

Alcance

- La tesis solo propuso una política para el manejo de materiales y del proceso productivo para la empresa, sin llegar a la implementación.

Limitante

- Sólo se analizó el proceso productivo de la organización durante el primer semestre del 2011, por consiguiente no se llevó a cabo alguna modificación en ese momento.

2.2.3 Recopilación de la información

La captación de la información se realizó por medio de diversos instrumentos. Conforme al estudio que se realizó, esta será la transcripción de los datos de fuentes primarias de información.

En este estudio las principales fuentes de información fueron: publicaciones que proveen estadísticas, documentos personales y expedientes. Dentro del proceso de captación de la información se puso especial atención en las definiciones utilizadas, determinar el proceso en cómo se obtuvo la información y verificar la validez de los datos.

Un problema que frecuentemente se podrá presentar es que los expedientes y demás documentos personales tienen ciertos problemas como:

- El de la credibilidad puesto que su información ha sido reunida por diferentes medios o personas, que quizá emplearon definiciones o métodos diversos.
- Los expedientes han sido elaborados con propósitos ajenos a la investigación, la información requerida o no se registro o se registro parcialmente.

2.2.4 Manejo de pronósticos

Se consideró de gran importancia el uso de pronósticos para poder determinar y conocer el comportamiento que presenta en los últimos meses la demanda de los productos de herraje y así poder proponer uno método que ayude a determinar con gran exactitud la demanda que presentara cada tipo de herraje en un futuro. Los métodos de pronósticos que se utilizaron son:

- Suavizamiento exponencial simple con tendencia;
- Suavizamiento exponencial doble con tendencia;
- Método aditivo de Holt-Winters;
- Método multiplicativo de Holt-Winters.

Con la información histórica de la demanda, se realizó un muestreo aleatorio para analizar los posibles métodos aplicables al caso, de esta manera se estableció el más adecuado y se obtuvo los pronósticos para los siguientes meses, estos pronósticos se utilizaron en el control de la producción.

2.2.5 Control de la producción

A partir de los resultados obtenidos en los pronósticos de la demanda, se procedió a realizar la simulación del funcionamiento de la planta de producción, para poder calificar el funcionamiento de esta y así poder proponer los posibles cambios para mejorar la eficiencia de la misma.

Para esta parte de trabajo se decidió hacer uso de la simulación ya que en esta se presentan el funcionamiento de la empresa de manera más didáctica para los dueños de la empresa, además de que nos permite experimentar en la simulación sin afectar al sistema real y así poder realizar un análisis más a profundidad.

2.2.6 Manejo de inventarios

Ya con la información obtenida a través del pronóstico y la simulación del proceso, se propuso una política para el manejo de inventarios, tanto para la materia prima, como para el producto terminado, como parte de la teoría que se necesita en esta sección, se concluyó en usar los tipos de clasificación de materiales para que se tenga un mejor control sobre los principales productos. Posteriormente se utilizaron los modelos de inventarios para saber cuándo y que cantidades son las óptimas a pedir de cada cosa.

2.3 Pronósticos

Cuando cualquier empresa o individuo, hace una afirmación acerca de la ocurrencia o no ocurrencia de un evento, la fecha en que va a suceder algo, la intensidad de un evento futuro, está realizando un pronóstico. La meta de cualquier sistema de pronóstico es proporcionar esos pronósticos con la exactitud necesaria, a tiempo y a un costo razonable.

Para desarrollar un buen pronóstico es necesario clasificarlo dentro de los siguientes tipos:

- **Métodos cualitativos:** se basan en juicios o en factores relacionados con un producto o servicio en particular. No requieren datos históricos por lo que son útiles para nuevos productos o servicios.
- **Métodos cuantitativos:** se basan en la suposición de que las mismas situaciones que se presentaron en el pasado para generar la demanda, se presentarán para dar origen a una demanda futura.

Los pronósticos que se utilizarán son los cuantitativos, los cuales se basan en datos históricos. Esta información pasada se encontró en forma numérica. Las fuentes que se usaron fueron registros de la propia empresa, la cual sólo ofreció datos no tan profundos, únicamente mostró registros que pueden dar una idea de lo que ellos manejan, en lo que se refiere a pronóstico y a inventarios.

Para aplicar los métodos cuantitativos es preciso convencernos, de que se cumple la llamada Hipótesis de Continuidad. Este supuesto es que los factores externos en los que se dieron los datos históricos no cambiarán en el futuro para el que estamos pronosticando. Estos factores son:

- Economía en general;
- Competencia en el mercado (oferta);
- Estado del mercado (demanda);
- Estado tecnológico del producto (ciclo de vida del producto).

Esta continuidad del ambiente nunca se da en forma perfecta, sino en forma gradual. Se requiere buen juicio para suponer que las violaciones a la continuidad no van a afectar a los resultados de la aplicación del método de pronóstico.

Los pronósticos cualitativos no usan modelos sencillos de establecer. Los pronósticos cuantitativos dependen de la situación en particular. Se desarrollará un enfoque de series de tiempo en dónde los pronósticos comunes que se aplican son constantes, de tendencia lineal y estacional, o combinaciones de estos.

2.3.1 Series de tiempo

Para pronósticos de corto plazo, se usan mucho los métodos de series de tiempo. Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable. El análisis de series de tiempo brinda ciertos patrones. Una vez que el patrón se ha identificado, éste es útil para desarrollar un pronóstico. Los componentes son:

- Tendencia: la orientación que siguen los datos;
- Ciclo: patrón de datos que puede cubrir varios años antes de que se repita;
- Estacionalidad: patrón de datos que se repite cada año o en un periodo más corto;
- Fluctuaciones aleatorias: resultan de variaciones aleatorias o causas desconocidas.

2.3.2 Método de suavizamiento exponencial simple

Con este método, los pesos que se utilizan para calcular el pronóstico se encuentran distribuidos exponencialmente. El pronóstico se encuentra formado por la suma del pronóstico anterior más una porción del error del pronóstico. La ventaja de este enfoque precisamente está, además de que no es necesario guardar los datos individuales.

La fórmula para obtener el pronóstico es:

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

Donde:

$$F_t = \text{pronóstico en el período } t$$

α = es el peso dado a la observación más reciente.

$$A_{t-1} = \text{dato real en el período anterior}$$

$$F_{t-1} = \text{pronóstico en el período anterior}$$

2.3.3 Método de suavizamiento exponencial con tendencia o suavizamiento exponencial doble

Este método se utiliza debido a que si se tuviera que pronosticar un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento, esto porque mientras el modelo se mueva a horizontes medianos de planeación, la tendencia se hace cada vez más importante. En este modelo, los estimados del promedio como el de tendencia se suavizan.

La fórmula para obtener el pronóstico es:

$$FT_t = S_{t-1} + T_{t-1}$$

Donde:

$$FT_t = \text{pronóstico con tendencia en el período } t$$

$$S_{t-1} = \text{promedio en el pronóstico en } t - 1$$

$$T_{t-1} = \text{estimado de la tendencia en } t - 1$$

$$S_t = FT_{t-1} + \alpha (A_t - FT_t) = \text{suavizamiento del promedio}$$

$$T_t = T_{t-1} + \beta (FT_t - FT_{t-1} + T_{t-1}) = \text{suavizamiento de la tendencia}$$

α = constante de suavizamiento exponencial para el promedio

β = constante de suavizamiento exponencial para la tendencia

El método se inicia asumiendo lo siguiente:

$$S_1 = \text{dato real} = A_1$$

$$T_1 = A_2 - A_1$$

$$E_1 = 0$$

$A_t = \text{dato real en } t$

2.3.4 Error en los pronósticos

El error del pronóstico es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico. Utilizar una medición de error en los pronósticos influye en la toma de decisiones de dos maneras: la primera, es que mediante esta evaluación, uno puede elegir entre los dos diferentes tipos de pronósticos; y por último, permite evaluar el éxito o el fracaso de la utilización de dicho pronóstico. La fórmula matemática es:

$$e_t = d_t - F_t$$

Al observar el error en un período aislado no se obtiene información útil. Los errores se observan en toda la historia del sistema de pronósticos. Como se supone que el proceso tiene una componente aleatoria ε_t que sigue una distribución normal con media cero y varianza σ_ε^2 entonces E_T debe de ser cercano a cero sí el pronóstico se comporta apropiadamente. Es decir, algunas veces sobreestima y otras subestima, pero a la larga éstas se cancelan.

$$E_T = \sum_{t=1}^T e_t$$

Aún cuando E_T sea cero, no se garantiza un buen sistema de pronósticos. Por ejemplo, si el error es +10 en períodos impares y -10 en períodos pares, los errores se cancelan y E_T es cero aunque es obvio que los pronósticos son malos. Para contrarrestar esto, se puede usar la desviación absoluta media (MAD).

$$MAD = 1/T \sum_{t=1}^T |e_t|$$

Donde $|e_t|$ es el valor absoluto de e_t . MAD mide la dispersión de los errores y si MAD es pequeña, el promedio debe ser cercano a la demanda real. Los valores grandes de MAD pueden indicar problemas con el sistema de pronósticos.

El pronóstico es una estimación de una variable aleatoria. Se desearía examinar el valor del pronóstico y ver si la probabilidad de que ocurra es razonable. Una señal de seguimiento es el método para verificar la aleatoriedad del error del pronóstico. Intuitivamente, la aleatoriedad de la señal de seguimiento debe de estar relacionada con el ruido del proceso.

La señal de seguimiento se usará con base en E_t , el error acumulado que es una buena manera de evaluar la naturaleza del error. Se necesita encontrar σ_E , su desviación estándar. Bajo las suposiciones de normalidad, σ_E es una función de σ_t y en consecuencia de σ_ε y de los parámetros de la técnica de pronósticos que se está usando. Para suavizamiento exponencial simple, Brown (citado por Sipper, D., 1969) demuestra que,

$$\sigma_E = \sqrt{1/2\alpha} (MAD/0.8)$$

Como la distribución normal es simétrica, los cálculos se reducen, definiendo un intervalo en términos de la desviación estándar, del valor absoluto del error acumulado y del MAD,

$$\frac{|E_T|}{MAD} = (K/0.8)\sqrt{1/2\alpha}$$

En lugar de calcular MAD cada período, se estimará usando suavizamiento exponencial,

$$\Delta_T = \beta|e_T| + (1 - \beta)\Delta_{T-1}$$

Donde β es una constante de suavizamiento adecuada. Definiendo la señal de seguimiento en el tiempo T,

$$\rho_T = \frac{|E_T|}{\Delta_T}$$

Se da un número crítico definido como,

$$\eta = (K/0.8)\sqrt{1/2\alpha}$$

Donde α , es la constante de suavizamiento del modelo de pronósticos y K es un número adecuado de desviaciones estándar. Si $\rho_T \leq \eta$ se dice que el pronóstico está bajo control.

Para suavizamiento exponencial doble se tiene la expresión,

$$\sigma_E^2 = \frac{1}{1 - (1 - \alpha)^4} \sigma_\varepsilon^2$$

Si la señal de seguimiento excede el número crítico, es un indicio de alerta, pero puede ser un evento aleatorio y no un cambio en el proceso. Si dos observaciones consecutivas están fuera de los límites, casi se tiene la seguridad de que algo anda mal.

En general, los pronósticos forman parte de los datos que la empresa usa para determinar su estrategia de negocios. Los sistemas de pronóstico son herramientas indispensables dentro de los sistemas de inventario, ya que para determinar la cantidad Q y el comportamiento de la demanda durante el tiempo de entrega, se necesita de la estimación confiable de la demanda. Es muy posible que los dueños necesiten pronósticos para prever los cambios en precios o costos, o bien, para prepararse para las novedades en materia de mercado, competidores, tecnología o escasez de recursos. En la mayoría de las decisiones de las PyMES se encuentra el reto de pronosticar la demanda del cliente. En realidad, es una tarea difícil porque la demanda de bienes y servicios suele variar considerablemente.

Estos modelos de suavizamiento, tanto exponencial simple como con tendencia, proporcionan de una manera económica, pronósticos “rápidos y fáciles” que requieren de pocos datos históricos. Adicional, para actualizar el pronóstico de un período a otro en estos modelos, sólo se necesita α , la demanda del último periodo y el pronóstico del último período. Es necesario recordar que estos modelos incorporan en el nuevo pronóstico todas las demandas anteriores. Son eficaces, sencillos y fáciles de entender; se pueden computarizar para familias de productos y son de fácil acceso para los integrantes del equipo de manufactura.

2.4 Teoría de colas

La teoría de colas es un área de la investigación de operaciones que estudia los sistemas que tienen que ver con clientes que necesitan un servicio, llegan a las instalaciones físicas donde se brinda ese servicio requerido y esperan mientras son atendidos. Después de recibido el servicio, se marchan de las instalaciones.

2.4.1 Objetivos de la Teoría de Colas

Los objetivos de las teorías de colas dependen del tipo de sistema que se esté estudiando, y de cuál sea el problema que se quiere resolver. Sin embargo, tratando de generalizar se puede decir que la teoría de colas busca determinar los niveles óptimos de servicio que las organizaciones deben brindar, de tal manera que se satisfaga adecuadamente la demanda de servicio de los clientes, y las organizaciones trabajen con los costos más bajos posibles de operación, sin que por ello desmejore la calidad del servicio que prestan.

2.4.2 Componentes de un sistema de colas

En la figura 2.4 se muestran los principales componentes de un sistema de colas.

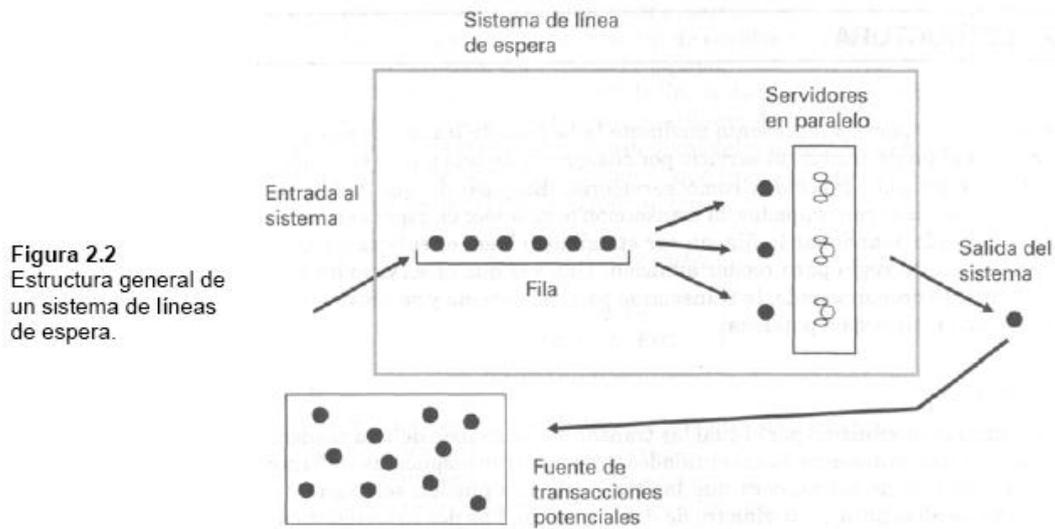


Figura 2.2
Estructura general de un sistema de líneas de espera.

Figura 2.4 Sistema de colas⁶

A continuación se describirán cada uno de los componentes de un sistema de colas:

Población: la población la conforma todos los clientes potenciales del sistema, que más tarde o más temprano requerirán de algún servicio que brinda ese sistema. Su principal característica es su tamaño, el cual puede ser finito o infinito

Cola o línea de espera: está compuesta por todos los clientes que esperan por un servicio dentro de la facilidad. Al igual que para la población, su principal característica es el tamaño, por su tamaño, las colas o líneas de espera pueden ser finitas o infinitas.

Facilidad de servicio: es el componente del sistema de colas que se encarga de brindar el servicio a los clientes que lo requieren. Está compuesta por uno o más canales de servicio o servidores. En la figura 2.5 se muestra los sistemas de un solo servidor o canal simple, como los de varios servidores o de canales múltiples.

⁶ Bu, R. C. (2003). *Simulación, Un Enfoque Práctico*. México: Limusa Noriega Editores.

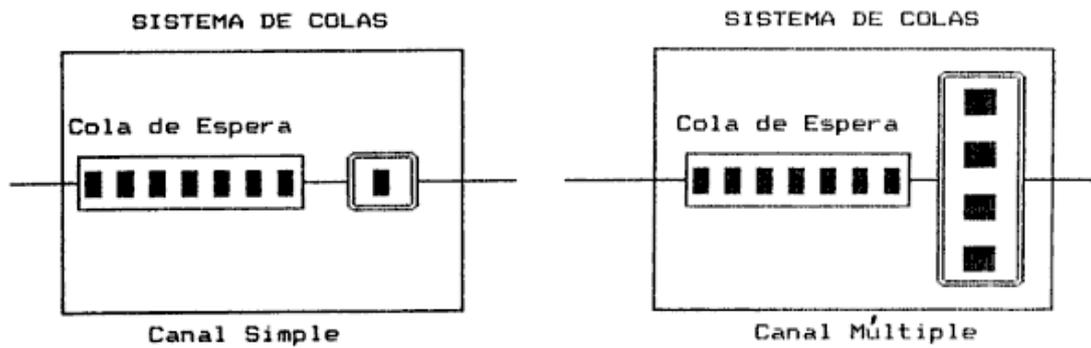


Figura 2.5.- Sistemas de servicios⁷

En conclusión, los modelos matemáticos de colas, se ajustan a las siguientes disposiciones:

- El tiempo entre llegadas sucesivas de clientes al sistema, y el tiempo de servicio
- La facilidad de servicio captura a los clientes según un orden PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas)
- Si la facilidad de servicio es de canal múltiple, los servidores están dispuestos en paralelo

2.4.3 Modelos básicos de teoría de colas

En esta sección estudiaremos dos modelos básicos que se muestran a continuación:

- Modelo de canal simple y canal múltiple con cola infinita y población infinita
- Modelo de canal simple y canal múltiple con cola finita y población infinita

Cada uno de estos modelos proporciona la siguiente información:

- P_u : porcentaje de utilización del sistema
- P_v : fracción de tiempo que el sistema está desocupado
- P_n : fracción de tiempo que en el sistema se encuentran n clientes
- N_s : número de clientes que se encuentran simultáneamente en el sistema. Incluye tanto los que están en la cola, como los que están siendo atendidos
- N_c : número esperado de clientes que se encuentran esperando ser atendidos, es decir en cola
- T_s : tiempo esperado que un cliente permanecerá en el sistema, esperando y siendo atendido
- T_c : tiempo esperado que un cliente permanecerá en la cola de espera

⁷ Bu, R. C. (2003). *Simulación, Un Enfoque Práctico*. México: Limusa Noriega Editores.

Para cada uno de los modelos se han desarrollado un conjunto de fórmulas matemáticas, que permiten determinar el valor de cada uno de estos parámetros. A continuación se estudiarán cada uno de estos modelos:

Modelo básico de cola infinita y población infinita

Este modelo supone que tanto la tasa de llegada como la λ como la tasa de servicio μ son constantes, y no están influidas por el número de clientes que se encuentran simultáneamente dentro del sistema.

El modelo asume que el tiempo de servicio y el tiempo entre llegadas están distribuidos exponencialmente, además de que la disciplina de servicios es PEPS

El modelo matemático para este tipo de sistema está descrito por las siguientes ecuaciones:

CASO 1.- MODELO DE CANAL SIMPLE. UN SERVIDOR

$$P_{us}: \lambda/\mu * 100$$

$$P_n: \mu - \lambda/\mu * P_{us}^n$$

$$N_{cc}: \lambda^2/\mu(\mu - \lambda)$$

$$T_c: \lambda/\mu(\mu - \lambda)$$

$$P_{sv}: \mu - \lambda/\mu$$

$$N_{cs}: \lambda/(\mu - \lambda)$$

$$T_s: 1/\mu - \lambda$$

CASO 2.- MODELO DE CANAL MÚLTIPLE. MÁS DE UN SERVIDOR

Sea K el número de canales de servicio o servidores en paralelo en el sistema de colas $K > 1$

$$P_{us}: \lambda/K * \mu * 100$$

$$P_n: \frac{(\lambda/\mu)^n}{K! K(n - k)} * P_{sv} \text{ para } n \geq K$$

$$N_{cc}: \frac{(\lambda/\mu)^K * P_{us} * P_{sv}}{K! * (1 - P_{us})^2}$$

$$T_c: N_{cc}/\lambda$$

$$P_{sv}: \frac{1}{\sum_{n=0}^{K-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^K}{K!} + \frac{1}{1 - P_{us}}}$$

$$N_{cs}: 1 * (T_c + \lambda/\mu)$$

$$T_s: N_{cs}/\lambda$$

Modelo básico con cola finita y población infinita

Este tipo de modelo de colas se aplica en aquellos sistemas que tienen una capacidad limitada de clientes simultáneos dentro del sistema. es decir, el número de clientes que están en la cola, más los clientes que están siendo atendidos, no pueden exceder a un número máximo C.

Se asume que si el sistema tiene la capacidad de recibir a C clientes simultáneamente, entonces cuando ya se encuentren esos C clientes dentro del sistema de colas, el cliente C+1 que llega, es rebotado por el sistema, y no espera ni dentro ni fuera del sistema, es decir el cliente no entra al sistema.

Para efectos de los modelos de colas, entran al sistema solo aquellos clientes que son atendidos por él. Esto garantiza una condición de equilibrio total del mismo sistema.

A continuación se presentan los modelos matemáticos para uno o varios servidores:

CASO 1.- MODELO DE CANAL SIMPLE. UN SERVIDOR.

$$P_{us} = \frac{\lambda}{\mu} * 100$$

$$P_{sv} = \frac{\mu - \lambda}{\mu * \left[1 - \left(\lambda/\mu \right)^{c+1} \right]}$$

$$P_n = P_{us}^n * P_{sv}$$

$$N_{cs} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{(C + 1) * \lambda^{(C+1)}}{\mu^{(C+1)} - \lambda^{(C+1)}}$$

$$N_{cc} = N_{cs} - (1 - P_{sv})$$

$$Ts = \frac{Ncs}{\lambda p}$$

$$Tp = \frac{Ncc}{\lambda p}$$

$$\lambda p = \lambda * (1 - Pc)$$

CASO 2.- MODELO DE CANAL MULTIPLE. MAS DE UN SERVIDOR.

Sea K: número de canales de servicio o servidores en paralelo en el sistema de colas $K > 1$

$$Pus = \frac{\lambda}{K * \mu} * 100$$

$$Psv = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^K \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^K}{K!} * \sum_{n=k+1}^C P_{us}^{(n-K)}}$$

$$Pn = \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{K! K^{(n-K)}} * Psv & \text{para } n = k, k + 1, \dots, C \\ 0 & \text{para } n > C \end{cases}$$

$$Ncc = \frac{(\lambda/\mu)^K * Pus * Psv}{K! * (1 - Pus)^2} * [1 - Pus^{(C-K)} - (C - k) * Pus^{(C-K)} * (Pus)]$$

$$Ncs = \sum_{n=0}^{K-1} n * Pn + Ncc + K * \left(1 - \sum_{n=0}^{k-1} Pn\right)$$

2.5 Simulación

La simulación es una técnica de investigación o enseñanza, que reproduce de forma semejante o aproximada los eventos reales y los procesa con ciertas condiciones de prueba.

2.5.1 Cuando usar simulación

La simulación es una de las técnicas administrativas más frecuentemente usadas, y todo parece indicar que su popularidad va en aumento. Para analizar las razones de su uso, es interesante explorar las alternativas existentes a la simulación, es decir, los diferentes métodos que pueden usarse para resolver el mismo problema:

- Uso de algún otro tipo de modelo matemático de tipo analítico.
- Experimentación directa con el modelo real o con un prototipo de este.
- Uso de la experimentación y la intuición.

En la mayoría de los casos, la simulación se usa cuando las alternativas matemáticas son pobres, es decir, es el “último recurso”; otra ventaja de la simulación es que se puede experimentar sin exponer a la organización a los perjuicios de errores en el mundo real.

En un modelo de simulación es posible comprimir largos periodos de tiempo y analizar el comportamiento en forma inmediata. También existen los casos en los que el sistema que se quiere analizar ni siquiera existe, de modo que, definitivamente lo ideal será usar la simulación o algún método de tipo cualitativo.

2.5.2 Objetivos de la simulación

El objetivo de la simulación define el propósito o razón para poder conducir el estudio. Este tiene que ser realista y alcanzable dado el tiempo y las restricciones de recursos. Los objetivos de una simulación se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- *Desarrollo de un análisis:* Se refiere a poder responder a preguntas tales como el desempeño del sistema en términos de utilización de recursos, tiempo, tasas de resultados, etc.
- *Análisis de restricciones y capacidad:* Cuando se trabaja hasta el límite, cuál es la capacidad de procesamiento o producción del sistema y dónde se dan los cuellos de botella.
- *Comparación de configuraciones:* ¿Qué tanto permite, la configuración del sistema, alcanzar los objetivos comparada con la de otros sistemas?
- *Optimización:* En cuanto a qué valores para las variables de decisión pueden hacerse mejoras para alcanzar las metas
- *Análisis de sensibilidad:* Se refiere a qué variables de decisión son las más influyentes en las medidas de desempeño y cuánto influyen.
- *Visualización:* Se refiere a cómo se puede visualizar de mejor manera la dinámica del sistema.

Al definir los objetivos para la simulación, se debe considerar el uso que se dará al modelo. Algunos modelos se construyen para usarse una sola vez y después descartarse. Otros se utilizarán para posteriores análisis, algunos otros sólo se diseñan para hacer un análisis estadístico. Hay modelos que se construyen con una animación realista para convencer a un cliente escéptico y algunos cuantos sólo los usará el analista y no se necesita ninguna interface amigable.

2.5.3 Principales elementos de la simulación

Los modelos de simulación son un subconjunto de los modelos matemáticos, con características particulares, como la aleatoriedad y el dinamismo. Es conveniente definir los principales elementos para homogeneizar la nomenclatura utilizada; entre los elementos que se utilizan en la simulación destacan:

- *Ecuaciones*: Un modelo de simulación requiere ecuaciones, que son el lenguaje matemático por excelencia. Estas ecuaciones pueden provenir de alguna definición o pueden estar basadas en la experiencia anterior y el razonamiento. Las ecuaciones están formadas por variables, que a su vez representan distintas partes del sistema, y por operadores, que indican la relación que existe entre los elementos.
- *Variables*: Las variables se pueden clasificar en dos tipos (determinísticas y estocásticas); son determinísticas si pueden predecirse su valor con certeza absoluta, o estocásticas si esto no es posible.
- *Parámetros*: son factores de ponderación dentro de las ecuaciones de un modelo. Pueden representar características esenciales que definen a una población, como la media o la varianza.
- *Estados del sistema*: es la totalidad de las características relevantes del sistema. Por lo general, un sistema puede caracterizarse por un conjunto de atributos de interés, y el estado del sistema será en un momento dado el valor particular de cada uno de ellos.
- *Variables de estado*: son las variables que pueden medir o cuantificar los atributos que caracterizan a un sistema.
- *Variables de decisión*: son las variables que afectan al estado del sistema y son independientes del sistema.

2.6 Inventarios

Los inventarios de una empresa tienen doble carácter, por una parte, son valiosos, ya que sin ellos no podría realizar sus funciones básicas de producción y comercialización, y además son parte de su valor intrínseco al ser parte de su activo. El lado negativo de los inventarios consiste en que absorben el capital, que el capital generalmente es caro y, por lo tanto, generan un costo tanto mayor cuanto mayores son los inventarios. Por todo lo anterior, el manejo correcto de los inventarios es vital para las empresas.

Otro enfoque al tema de los inventarios es:

- El negocio de una empresa está en el flujo o caudal de lo que produce y vende.
- El negocio de las empresas no está en tener inventarios de materias primas, ni de material en proceso, ni de producto terminado.

- Mientras mayor sea el flujo o caudal de lo que produce y vende, mayor es el negocio y las utilidades.
- La estrategia para hacer más negocio es producir y vender lo máximo con el mínimo de inventarios.
- Por lo tanto, la empresa le conviene incrementar al máximo la rotación de inventarios.

2.6.1 Planeación de los inventarios

El descuido en el manejo de los inventarios suele conducir a una situación desastrosa, en la cual se tiene, por un lado, un capital considerable, invertido en inventarios que no se mueven ni se requieren: por otra, se carece de los materiales, componentes, piezas que son indispensables para la operación. Para no llegar a esto, o para salir de esta situación, es indispensable tener una correcta planeación o control efectivo de los mismos.

2.6.2 Control de los inventarios

El control de los inventarios tiene dos aspectos totalmente diferentes, el primero es el del control físico de los bienes que se guardan en las instalaciones de la empresa o fuera de ella, el segundo se refiere al control del nivel de los inventarios.

Control físico de los inventarios, almacenes

El control físico de los inventarios se refiere al cuidado requerido para la conservación y la integridad de las cosas que posee la empresa. Este conjunto de bienes puede estar en las almacenes, en el piso de la fábrica, o siendo trasladado.

Los objetivos del control físico de los inventarios son:

- Evitar las pérdidas o sustracciones no autorizadas
- Evitar el deterioro
- Mantener al día los registros exactos de la existencia de todos y cada uno de los artículos que se llevan en el inventario

Inventarios físicos, inventario perpetuo, inventario por muestreo

Parte del control físico de los inventarios son los inventarios físicos, o sea el recuento que se lleva a cabo para verificar las existencias.

Los procedimientos contables generalmente admitidos obligan a que por lo menos una vez al año se lleve a cabo un inventario físico en los almacenes de la empresa. El objetivo de ese inventario físico es respaldar los estados financieros. El inventario físico con fines contables está perfectamente definido en cuanto sus procedimientos, fechas, duración, recopilación de datos, procesamiento de la información y generación de reportes.

El inventario físico no contable no está sujeto a las mismas reglamentaciones. Puede hacerse en las fechas que se desee y puede ser general o abarcar sólo algunos artículos o familias de artículos. Una variante usual, llamada inventario perpetuo, consiste en dividir los artículos del almacén en tal forma que al hacer el recuento diariamente, se le da la vuelta a todo el almacén en un tiempo determinado, mínimo cada año. Los ajustes resultantes se llevan a cabo de inmediatamente.

Otra variante es la de inventario por muestreo al azar. Con periodicidad determinada, se hace el recuento de cierto número de artículos, que son determinados aleatoriamente. Las diferencias encontradas se reportan con un índice de la exactitud del sistema de control de existencias.

Control del nivel de inventarios

El control efectivo de los inventarios consiste en el equilibrio entre lo que se tiene en inventario y las necesidades de producción y ventas. Si se presentan faltantes para la producción, ésta se interrumpe. Si se tienen faltantes en el inventario de producto terminado, no se puede cumplir con los pedidos de los clientes. Por lo tanto, el control de inventarios involucra la planeación de la producción, las compras y el pronóstico de ventas. Con el fin de evitar los faltantes en los inventarios, y de tener una óptima rotación de los mismos, se han desarrollado técnicas, algunas de las cuales ya han sido mencionadas con respecto a la función de compras.

Rotación de inventarios

Un índice muy útil para evaluar la efectividad del control de inventarios es la rotación. Este índice se expresa como el número de veces que se le da la vuelta durante un tiempo dado, por ejemplo, un año. Este índice puede calcularse en forma global, para el total de los inventarios, o para un almacén en particular, o para un artículo en especial.

La forma de calcularlo es dividir el gasto anual en el inventario entre el nivel medio del inventario, ambos expresados en la misma unidad, pesos o piezas, etc. el resultado es el número de veces o vueltas que dio el inventario. Mientras mayor sea la rotación del inventario, mejor es el desempeño de control de inventarios. Es posible llegar a rotaciones superiores a 12 veces por año.

2.6.3 Modelos matemáticos de inventario

Los modelos matemáticos de inventario, tienen como objetivo determinar cuánto y cuando se debe ordenar un determinado inventario. Este inventario puede ser de materia prima, productos en proceso, productos terminados, repuestos de máquinas, etc.

En una bodega de materiales de un sistema de producción, existen muchas clases de productos, a veces miles de ellos. El analista o encargado de ellos debe de decidir sobre cuáles de esos productos debe de ejercer un estricto control, pues la falta de ellos en cualquier momento, hace que se incurra en costos muy altos para el sistema de producción.

Por lo tanto, antes de estudiar en detalle los modelos de inventario, es necesario conocer algunos métodos de clasificación de materiales, que permitirán saber sobre cuáles de los productos del almacén debe de llevarse un control estricto de sus existencias, y cuáles no deben de controlarse estrictamente.

2.6.4 Clasificación de materiales

Se estudiarán tres criterios de clasificación de materiales, basados en:

- Valor económico
- Grado de criticidad para el proceso
- Criterios 1 y 2 combinados

A continuación se estudiarán en detalle cada uno de los criterios.

Clasificación de materiales con base en el valor económico de los inventarios. Clasificación ABC.

Este método tiene como objetivo determinar cuáles de los materiales, productos, etc., que se mantienen en inventario, tiene un alto valor económico para la compañía, razón por la cual deben de controlarse estrictamente.

Con este criterio de clasificación, se agrupan los inventarios en tres clases o categorías, denominadas A, B y C.

Los materiales clasificados como A, son aquellos cuyo valor económico total representa de un 75 a un 80% del capital invertido en esos inventarios. En número representan entre un 15 y un 20% del total de materiales en existencia. Obviamente que estos materiales deben de controlarse rigurosamente, por su alto valor económico.

Los materiales clasificados como B representan un valor económico alrededor del 15% del capital total invertido en existencias. En número son entre un 30 y un 40% del total de los materiales que componen los inventarios. Este tipo de inventarios, por ser de menor valor económico, no requiere un control tan estricto como los inventarios de clase A.

Los materiales clasificados como C son aquellos artículos de muy poco valor económico. Representan tan solo un 5% de ese valor total de los inventarios, y en cantidad de artículos, son muchos.

El procedimiento para hacer la clasificación A-B-C es el siguiente:

PASO 1. Determinar el valor total de cada material, multiplicando el consumo o demanda total de unidades por período, por su respectivo costo unitario.

$$\text{Valor Total } j = \text{Consumo } j * \text{Precio Unitario } j$$

PASO 2. Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto, con respecto al valor total invertido en los inventarios. Este porcentaje se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{ Valor} = \frac{\text{Valor}}{\text{Inversión Total}}$$

PASO 3. Ordenar la tabla de datos con respecto al valor del inventario, expresado en porcentaje. La columna de porcentaje debe estar ordenada en forma descendente. Una vez que ha sido ordenada, acumule estos porcentajes.

Para la clasificación A-B-C seguir las siguientes reglas:

- a. Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es menor o igual a 80% se clasifican como A
- b. Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es mayor que 80%, pero menor o igual a 95% se clasifican como B
- c. Los restantes productos se clasifican como C

[Clasificación de materiales con base en el valor económico de los inventarios. Clasificación 123.](#)

Este tipo de clasificación agrupa los materiales en orden de importancia para el proceso. Si estos materiales faltaran, para cada producto deben estudiarse los siguientes aspectos, entre otros:

- ¿Se detiene el proceso de producción?
- ¿Se detiene una operación o grupo de operaciones?
- ¿Se puede sustituir el material por otro?
- ¿El material se puede o no conseguir fácilmente?
- ¿Se puede usar otro equipo?
- ¿Los materiales son repuestos o materiales de mantenimiento?

De acuerdo con estos aspectos, los materiales se clasifican en tres clases, denominadas Clase 1, Clase 2 y Clase 3.

En la Clase 1, están clasificados todos los materiales de mucha importancia para el proceso, pues si estos materiales faltaran, se detiene todo el proceso de producción, o bien un grupo de operaciones.

En la Clase 2, están aquellos productos de poca importancia para el proceso, pues si estos materiales faltan, sobre todo si son repuestos o materiales de mantenimiento, lo trabajos se pueden hacer alternativamente en otro u otros equipos.

En la Clase 3, están agrupados todos los materiales, los cuales si llegan a faltar, el proceso no se detiene. En esta categoría están todos los materiales de servicio, o bien los materiales que son fáciles de conseguir. Estos artículos se clasifican como sin importancia para el proceso, y por lo tanto, sin importancia para el control de los inventarios.

De acuerdo con estas categorías, el control estricto de los materiales debe de hacerse sobre aquellos productos clasificados como Clase 1.

Clasificación de materiales α - β - δ .

Combinando los criterios del valor económico, y de criticidad para el proceso, se origina un tercer tipo de clasificación de materiales denominada Clasificación Alfa-Beta-Gamma (α - β - δ).

En el siguiente cuadro se muestra el criterio citado de clasificación:

	Clasificación			
Clasificación		A	B	C
1	α	α	α	α
2	α	α	β	β
3	α	α	β	δ

Con este criterio de clasificación, deben de controlarse rigurosamente los artículos clasificados como Alfa, pues, estos materiales son de muy alto valor económico, o bien muy críticos en el proceso, pues si faltaran, el proceso de producción se detiene.

2.6.5 Modelos de Inventario Determinísticos.

Existen cuatro modelos básicos de inventario de tipo determinístico, es decir, modelos con demanda constante y conocida, y para un solo producto. Estos modelos son:

- a. Modelo de compra sin pedidos pendientes permitidos.
- b. Modelo de compra con pedidos pendientes permitidos.
- c. Modelo de producción con pedidos pendientes permitidos.
- d. Modelo de producción sin pedidos pendientes permitidos.

A continuación, se precederá a estudiar, en detalle, solo los modelos que utilizaremos en la investigación, lo otros modelos se encontraran en el área de anexos para su posible estudio.

Modelos de compra sin pedidos pendientes permitidos.

Antes de estudiar este modelo de inventarios, conviene preguntarse, ¿Cómo realmente funciona un sistema de inventarios en una industria?

La respuesta a esta pregunta es simple: se recibe un pedido, que puede ser de materias primas o de productos terminados, el cual va directamente a la bodega de materias primas o de productos terminados. Cuando se produce una demanda de estos inventarios, la bodega empieza a vaciarse. Cuando la cantidad disponible de inventario ha llegado a cierto nivel, comúnmente llamado punto de reorden, se vuelve a colocar un pedido, que tardara algún tiempo en recibirse. Mientras tanto, se consume el inventario que queda en el almacén, abajo del punto de reorden.

Gráficamente esta situación se visualiza de la siguiente manera (Figura 2.6):

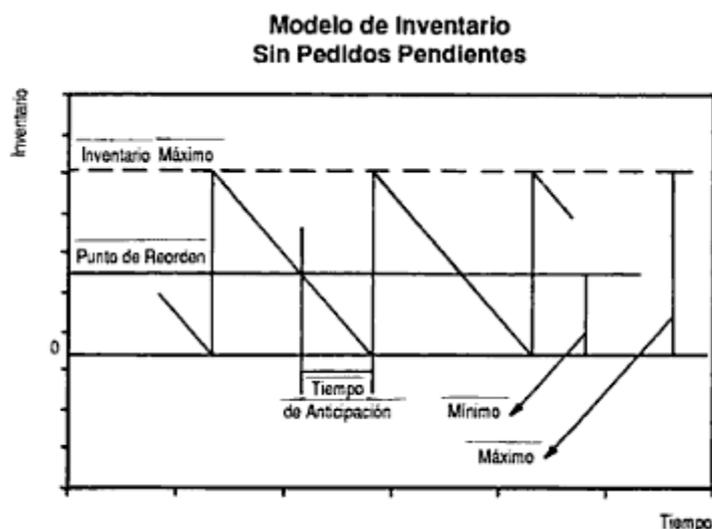


Figura 2.6.- Modelo de Inventario sin pedidos pendientes⁸

Este sistema de inventarios descrito anteriormente de manera gráfica, tiene un costo total. En general, para cualquier sistema de inventarios de este tipo, el costo total anual en que se incurre por mantener el inventario, está dado por la siguiente ecuación matemática.

$$\text{Costo Total} = \text{Costo Total de Ordenar} + \text{Costo Total de llevar Inventario} + \text{Costo Total del Inventario}$$

El costo total de ordenar se calcula multiplicando el costo de ordenar un pedido, por el número de pedidos al año que se hagan.

⁸ *Compras e Inventarios*. (1995). España: Ediciones Díaz de Santos.

En general, si hacer un pedido cuesta C_{pd} colones, existe una demanda anual de D unidades de inventario (materias primas, productos terminados, etc.), y cada vez que se pide se ordenan Q unidades de producto, entonces el costo total de ordenar está dado por la relación:

$$\text{Costo de ordenar} = C_{pd} * \frac{D}{Q}$$

Donde D/Q determina el número de pedidos que se hace por año.

El costo total de llevar inventario se calcula, multiplicando el costo de llevar inventario por unidad de producto por el número promedio de unidades de producto que se mantienen en inventario.

Sea C_i el costo anual de mantener una unidad en inventario. Entonces:

$$C_i * \frac{Q}{2} \text{ representa el costo promedio anual de mantener el inventario}$$

Así, la expresión matemática que representa el costo anual de mantener el inventario está dada por:

$$CTA = C_{pd} * \frac{D}{Q} + C_i * \frac{Q}{2} + C_u * D \quad (*)$$

CTA: Costo Total Anual

C_u : Costo Unitario del inventario

Esta ecuación permite determinar cuántas unidades Q^* se deben pedir cada vez que se hace un pedido de unidades, para reabastecer el inventario, de tal manera que el costo anual de mantener ese inventario sea el mínimo posible.

Existen dos maneras de determinar el valor de Q^* , de ahora en adelante llamado lote económico, porque proporciona el costo total anual mínimo para el sistema de inventarios.

El siguiente procedimiento describe la primera forma de hallar Q^* , conocida como forma tabular. Conocidos los valores de los costos de ordenar C_{pd} , de llevar inventario C_i , de comprar C , y el valor de la demanda anual, el procedimiento es el siguiente:

PASO 1. Hacer $Q = 1$

PASO 2. Determinar CTA_1 , usando la ecuación (*)

PASO 3. Hacer $Q = Q + 1$

PASO 4. Determinar CTA_2 , usando la ecuación (*)

PASO 5. ¿Es $CTA1 < CTA2$?

Si la respuesta es sí: vaya al paso 3

Si la respuesta es no: vaya al paso 6

PASO 6. Suspenda la búsqueda de Q^* , siendo $Q^* = Q - 1$ el valor de Q que produce el menor costo total anual de llevar el inventario

La segunda forma de hallar el valor del lote económico Q^* se conoce como técnica de derivación. Consiste en hallar de una manera analítica el valor de Q^* , a partir de la ecuación de costo total, utilizando el concepto de derivada de una función.

Este procedimiento de cálculo determina el valor de Q^* más rápido que el dado por la forma tabular, por lo que es un método de uso frecuente.

Se definió el costo total de la política de inventarios, de la siguiente manera:

$$CTA = Cpd * \frac{D}{Q} + Ci * \frac{Q}{2} + Cu * D \quad (*)$$

Derivando una vez la ecuación (*) con respecto a Q , e igualando la ecuación resultante a cero, se obtiene:

$$Q^2 = \frac{2 * Cpd * D}{Ci}$$
$$Q = \sqrt{\frac{2 * Cpd * D}{Ci}}$$

Esta ecuación permite determinar el lote económico, con solo sustituir los datos de costo y demanda.

En este modelo de inventario se supone que si el inventario llegó al nivel de cero, cualquier cliente que haga un pedido se le dice que no hay, y su pedido NO queda pendiente de surtirse.

Existe otro sistema de trabajo, en el cual, si al momento de hacerse un pedido no hay existencias disponibles, el pedido queda en espera de surtirse, es decir, queda pendiente.

Los modelos de inventario que trabajan bajo este sistema se conocen como modelos de inventario con déficit o con faltantes permitidos.

Modelos de producción sin déficit o sin pedidos pendientes permitidos.

La ecuación de lote económico Q^* para el modelo de producción con faltantes permitidos, deja ver que cuando el costo de faltantes debido a ventas perdidas aumenta hasta cierto valor, el radical que determina Q^* se vuelve negativo. Esto lo que indica es que cuando el costo por faltantes por concepto de ventas perdidas es muy grande, no es conveniente trabajar con la política de pedidos pendientes.

En la figura 2.6 se ilustra este tipo de inventario:

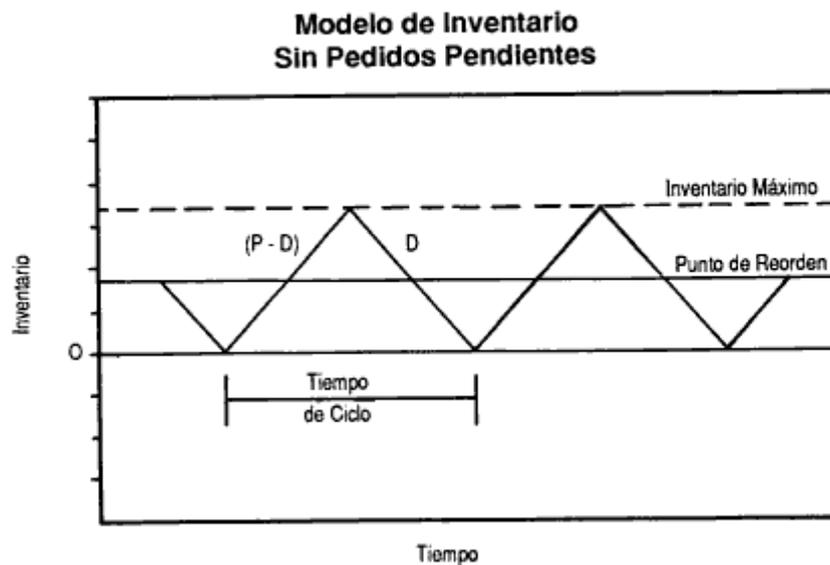


Figura 2.6.- Modelo de Inventario de producción sin pedidos pendientes permitidos⁹

Al no trabajar este modelo con pedidos pendientes, la ecuación de costo total anual queda determinada por:

$$CAT = Cpd * \frac{D}{Q} + Ci * \frac{Q}{2} * \left(1 - \frac{D}{P}\right) + Cu * D$$

Derivando esta ecuación con respecto al tamaño de lote Q , e igualando a cero y despejando para Q , se obtiene el valor para Q^* que produce el costo total anual mínimo para la política de inventarios:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * Cpd * D}{Ci * \left(1 - \frac{D}{P}\right)}}$$

El inventario máximo óptimo para este modelo de inventario está dado por:

$$Im = Q^* * \left(1 - \frac{D}{P}\right)$$

⁹ *Compras e Inventarios*. (1995). España: Ediciones Díaz de Santos.

2.6.6 Modelos de inventarios con Descuento

Generalmente las compañías fabricantes de productos ofrecen descuentos a los compradores mayoristas, si estos adquieren una determinada cantidad de tales inventarios.

Si el lote económico del comprador mayorista es mayor que la cantidad ofrecida por el proveedor, para efectuar el descuento, el comprador lo que recibe es una simple bonificación por la compra. El problema le surge al comprador, cuando el proveedor le hace el descuento si se compra una cantidad más grande que su lote económico. En estos casos, debe estudiarse si conviene comprar esa cantidad de más en el inventario.

Para determinar si conviene aceptar el descuento, deben seguirse los siguientes pasos:

PASO 1. Calcular el costo total anual CAT, si se compra el lote económico Q^*

PASO 2. Calcular el costo total anual CATd, si se compra una cantidad $Q' = K * Q^*$, donde $K > 1$. El costo unitario del inventario sobre el cual se ofrece el descuento es $Cu' = W * Cu$, donde $W > 1$.

PASO 3. Comparar CAT con CATd.

¿Es $CATd < CAT$?

Si la respuesta es sí, "Acepte el descuento"

Si la respuesta es no, "Rechace el descuento"

2.6.7 Cálculo del Punto de Reorden y de las Existencias de Seguridad, por Métodos Probabilísticos.

En las secciones anteriores se menciono que una forma simple de determinar el tamaño de las existencias de seguridad, es tomando como base el máximo faltante permitido fp^*

Igualmente se puede calcular en forma sencilla, el punto de reorden desde un enfoque determinístico. Si se divide la tasa de demanda anual D entre el número de días laborales al año N_{d1} , por el sistema de producción se determina el consumo esperado diario del inventario. Multiplicando este consumo diario por el tiempo de anticipación Ta , se determina el consumo esperado del inventario durante el tiempo de anticipación. Este dato indica el nivel del inventario que debe servir de aviso, para colocar un nuevo pedido de compra o de producción, y se conoce como punto de reorden, que se denotara por Pr . Debe de agregarse a este dato la existencia de seguridad Es , por los imprevistos que pudieran ocurrir.

Matemáticamente el punto de reorden está definido por la ecuación determinística:

$$Pr = \frac{D * Ta}{Nd1} + Es$$

Desde un punto de vista práctico, es conveniente en los sistemas de inventarios, determinar el lote económico por métodos determinísticos, de la forma en que se describió anteriormente. Sin embargo, para el cálculo del punto de reorden y las existencias de seguridad, es mejor usar métodos probabilísticos, para cuantificar los riesgos en el manejo de faltantes.

A continuación, se mencionara cómo hacer el cálculo de estos parámetros por métodos probabilísticos.

Supóngase que se tienen los registros históricos de la demanda que ocurrió durante el tiempo de anticipación, de un cierto inventario; para estos datos se pide calcular el nivel de las existencias y el punto de reorden.

Para calcular las existencias de seguridad y el punto de reorden se usa el siguiente procedimiento.

PASO 1. Calcular la demanda promedio, y la desviación estándar, a partir de los datos históricos, usando las formulas:

$$\mu_d = \frac{\sum_{i=1}^n Di}{n} - \sigma_d = \sqrt{\frac{n * \sum_{i=1}^n x^2 - (\sum_{i=1}^n X)^2}{n * (n - 1)}}$$

PASO 2. Se define el punto de reorden como la suma de la demanda durante el tiempo de anticipación y el nivel de existencia de seguridad.

Considere a la demanda promedio como la demanda que ocurrió durante el tiempo de anticipación. Para calcular las existencias de seguridad, asuma que la demanda promedio durante el tiempo de anticipación está normalmente distribuida, amparándose al teorema del límite central. Así:

$$Es = Z\alpha * \sigma d$$

Donde $Z\alpha$ es el número de desvíos estándares que se deben sumar a la demanda promedio durante el tiempo de anticipación, y depende del nivel de faltantes que se quiere administrar.

El punto de reorden Pr está determinado por la ecuación:

$$Pr = \mu_d + Es$$

$$Pr = \mu_d + Z\alpha * \sigma d$$

Este método es más seguro para el sistema de inventarios debido a que dependiendo de la cantidad de existencias de seguridad que se esté en capacidad de administrar, se puede conocer el riesgo que se tiene de que ocurran faltantes, lo que permite a los responsables de la administración tomar mejores decisiones.

En resumen, se pueden decir que desde un punto de vista práctico, para mantener una política de inventarios se deben seguir los siguientes pasos:

1. Hacer un análisis A-B-C, 1-2-3, α - β - σ , para determinar sobre cuáles productos del inventario debe ejercerse un estricto control.
2. Para aquellos artículos A, que son los de alto valor económico es conveniente seguir una política de inventarios, con el objetivo de producir ahorros, determinando el valor del lote económico por métodos determinísticos.
3. Determinar el punto de reorden y las existencias de seguridad por métodos probabilísticos, para conocer el riesgo de faltante que se tiene, según sea la cantidad de existencias de seguridad que se manejan.
4. Examinar las políticas de descuento, a fin de determinar si conviene o no aceptar estos.

Para los restantes artículos B y C, muchas veces basta con llevar un control permanente de las entradas y salidas de almacén de estos productos, de tal manera que siempre se mantenga actualizada la cantidad de existencias disponibles.

Para aquellos productos que son repuestos o material de mantenimiento, es conveniente realizar un análisis 1-2-3, α - β - σ , de tal manera que no se pare la producción por falta de estos inventarios.

Capítulo 3.- Desarrollo de la investigación

3.1 Objetivos del capítulo

En este capítulo se pretende desarrollar y proponer las mejoras al modelo representativo del sistema utilizando los conceptos básicos de: pronósticos, simulación, balanceo de líneas de producción, e inventarios; que permitan el mejor funcionamiento del sistema, tratando de optimizar sus recursos; los objetivos del capítulo son:

- Obtener y describir los principales componentes que forman parte del sistema;
- Construir un modelo representativo del sistema;
- Determinar la demanda a través del uso de un modelo de pronóstico;
- Analizar por medio de la simulación el actual funcionamiento de la planta de manufactura;
- Desarrollar una solución que tienda a optimizar el funcionamiento del sistema;
- Definir el manejo de materiales a través de los inventarios;
- Dar a conocer los resultados obtenidos y en qué forma se mejora al sistema.

3.2 Introducción

Las propuestas para mejorar el desempeño de la fábrica se dividieron en tres fases:

- Fase I: Determinar la demanda a través de un método de pronóstico;
- Fase II: Diseñar un proceso de producción eficiente y flexible y
- Fase III: Definir el manejo de materiales a través de los inventarios.

Cabe mencionar que estas etapas se dividieron de esta manera, ya que presentan de una manera sencilla y eficiente la planificación de todas las actividades productivas que se llevan a cabo en la empresa.

En la primera etapa se analizaron los datos históricos que presentó la empresa de sus ventas en el año 2011, para posteriormente determinar cuál era el método de pronóstico que se adaptaba mejor a las necesidades de la empresa, para posteriormente determinar la demanda que se presentará en un futuro y así poder planear la producción.

En la segunda fase se estableció un proceso de producción eficiente para la empresa que eliminara los cuellos de botella y ayudara a tener un proceso de producción más limpio y sin retrasos en la entrega del producto final, esto se logró a través del uso de la simulación; y por último en la tercera fase se estableció una política para mejorar el manejo tanto de la materia prima como de los productos terminados.

En la figura 3.1 se representa cada una de las fases que se desarrollaron en este estudio y la relación que tienen entre sí.

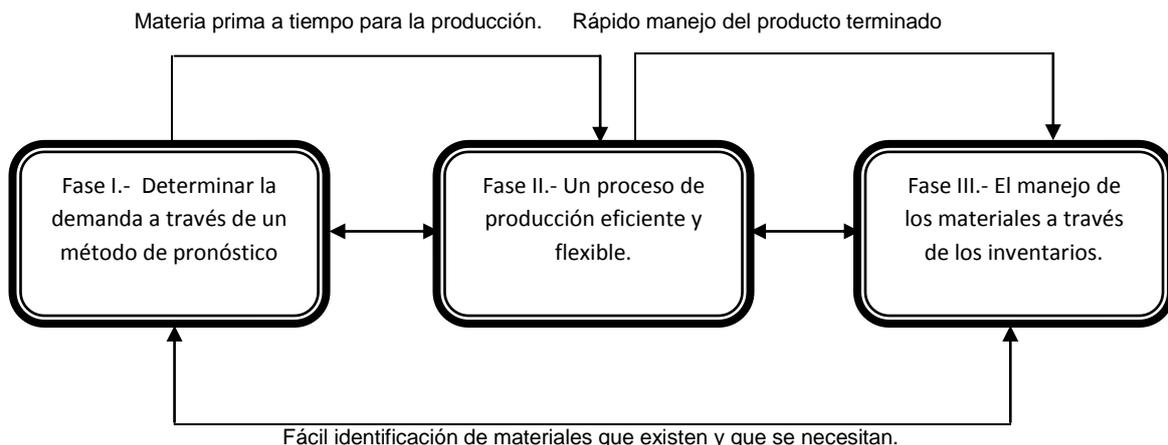


Figura 3.1 Fases del proceso de investigación.

3.3 Fase I.- Importancia de determinar la demanda a través de un método de pronóstico

Cualquier empresa que produzca algo siempre deberá preguntarse, cuanto deberá producir para el siguiente mes, ya que de esto dependerá la cantidad de recursos a utilizar. De lo anterior se observa la necesidad de generar un estimado de esta demanda, que mientras más precisa sea, menos necesidad de capital de trabajo requerirá invertir, así como menos espacio de almacenamiento requerirá. Los pronósticos forman parte de los datos que la empresa usa para determinar su estrategia de negocios.

Dentro de esta primera fase de mejoras, se planteó la determinación de la demanda que presentará la empresa de sus productos durante un periodo de 12 meses. Para poder determinar dicha demanda, se realizó un análisis histórico de las órdenes que realizó la empresa durante un periodo de 24 meses.

A continuación, en la figura 3.2 se muestra la gráfica que indica el comportamiento de las órdenes de materia prima que se produjeron en la PYME durante el periodo de los 24 meses.

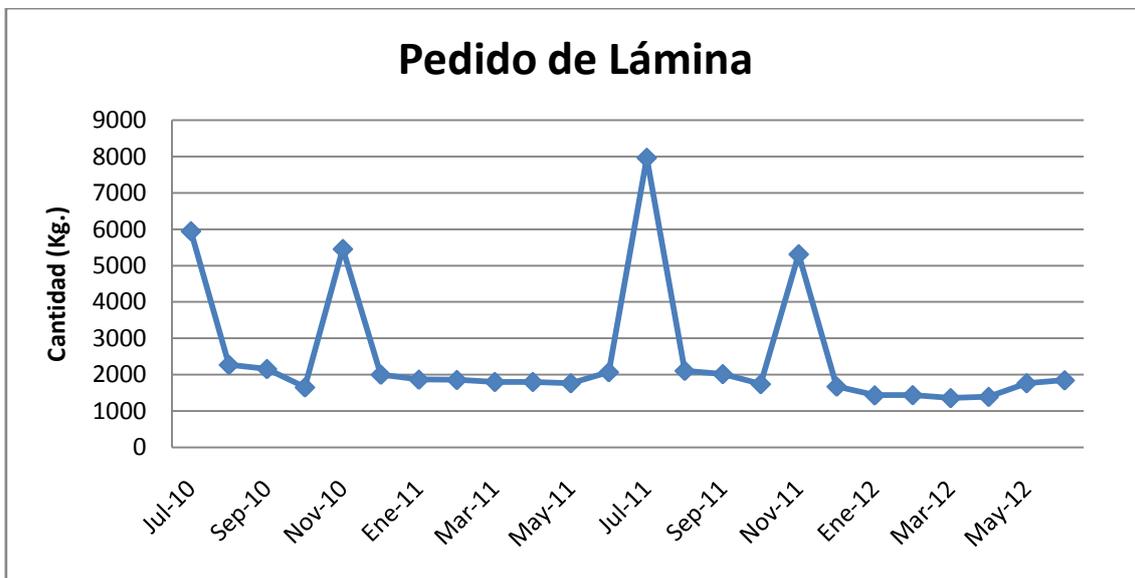


Figura 3.2 Demanda de lámina durante 24 meses.

Observando el comportamiento de dicha gráfica, se identificó que la demanda de lámina presenta por año dos picos, los cuales se identificaron como las ventas por temporadas que se realiza la empresa cada año; el primer pico correspondió a la venta de herrajes para la temporada escolar, mientras que el segundo es para la venta de temporada de fin de año; así mismo se logró establecer que las órdenes que no pertenecen a las de temporada se mantienen constante con un ligero incremento en los últimos meses.

Una vez establecida la tendencia de las órdenes de pedido durante los 24 meses, se procedió a determinar cuál es el método de pronósticos que mejor se adecuaba al comportamiento de la demanda. Para poder determinar esto, se procedió a realizar cuatro diferentes métodos de pronóstico y compararlos para elegir el que más se adaptará a los datos históricos y que menor error tuviera. Los métodos que se decidió utilizar fueron los de:

- Suavizamiento exponencial simple con tendencia;
- Suaviamiento exponencial doble con tendencia;
- Método aditivo de Holt-Winters;
- Método multiplicativo de Holt-Winters.

Para poder desarrollar los diferentes métodos de pronóstico se utilizó el software WinQSB, la razón por la que se usó este software fue que permite obtener de manera fácil y útil el pronóstico, así como, no utiliza un lenguaje complicado lo cual permite que la comprensión y su uso sean cómodos. Los resultados obtenidos fueron:

- Suavizamiento exponencial simple con tendencia.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

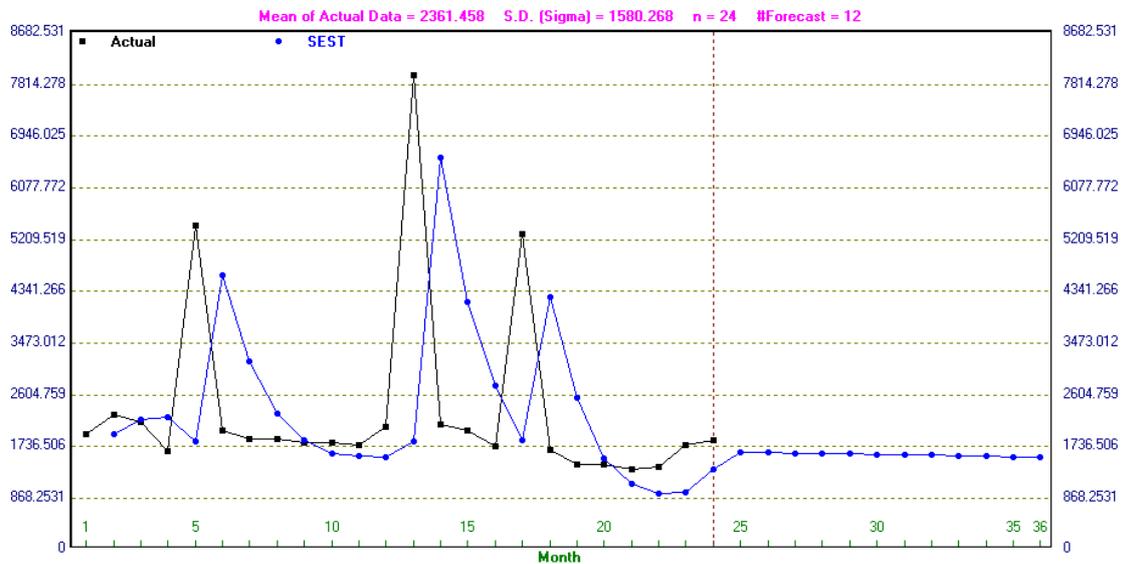


Figura 3.3 Gráfica de resultados aplicando el método de suavizamiento exponencial simple con tendencia

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron aplicando este método de pronóstico se observa que los meses pronosticados presentan la tendencia es lineal negativa en la demanda de los herrajes, la cual nos hace ver que este método de pronóstico no representa el comportamiento de la demanda real.

Los pronósticos que se obtuvieron fueron:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	1640.637
Agosto 2012	1633.559
Septiembre 2012	1626.481
Octubre 2012	1619.403
Noviembre 2012	1612.325
Diciembre 2012	1605.247
Enero 2013	1598.169
Febrero 2013	1591.091
Marzo 2013	1584.014
Abril 2013	1576.936
Mayo 2013	1569.858
Junio 2013	1562.780

- Suavizamiento exponencial doble con tendencia.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

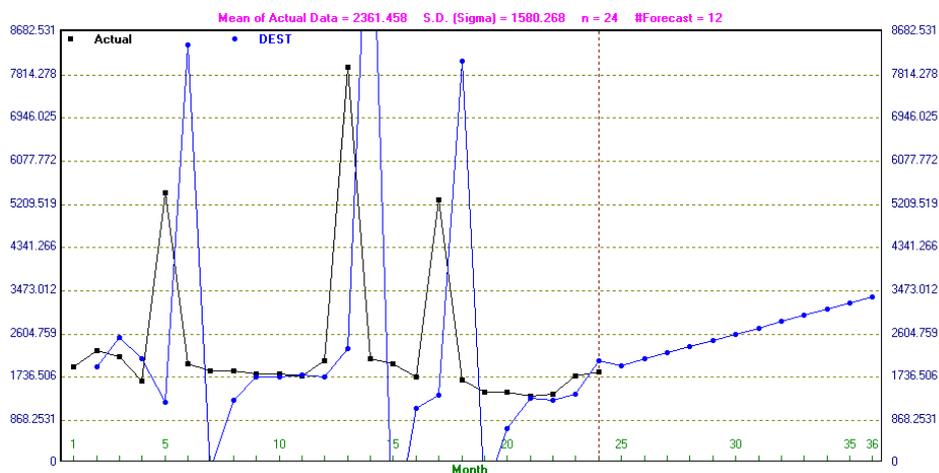


Figura 3.4 Gráfica de resultados aplicando suavizamiento exponencial doble con tendencia

De acuerdo a los resultados obtenidos en este método de pronóstico se observa en la figura 3.4 que los meses que se pronostican presentan una tendencia lineal positiva en la demanda de los herrajes, esta tendencia es deseada pero no representa el comportamiento de la demanda real, en conclusión podemos decir que este método de pronóstico no representa el comportamiento de la demanda.

Los pronósticos que se obtuvieron con este método son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	1973.294
Agosto 2012	2099.356
Septiembre 2012	2225.417
Octubre 2012	2351.479
Noviembre 2012	2477.541
Diciembre 2012	2603.603
Enero 2013	2729.665
Febrero 2013	2855.726
Marzo 2013	2981.788
Abril 2013	3107.850
Mayo 2013	3233.912
Junio 2013	3359.973

- Método aditivo Holt-Winters.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

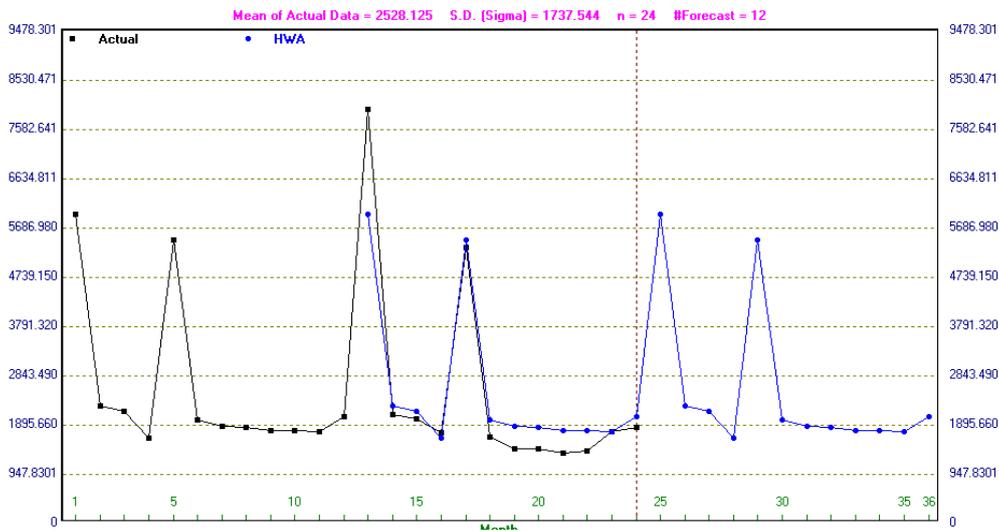


Figura 3.5 Gráfica de resultados aplicando el método aditivo de Holt-Winters

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron aplicando el método aditivo de Holt-Winters se observa que los meses pronosticados se ajustan más a la demanda real, ya que este método si presenta los dos picos que son los que corresponden a las ventas por temporada, en los demás meses se presenta una demanda casi fija, es decir, no cambia en gran medida el pronóstico de un mes a otro.

Los pronósticos que se obtuvieron son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	5945
Agosto 2012	2271
Septiembre 2012	2156
Octubre 2012	1652
Noviembre 2012	5456
Diciembre 2012	2000
Enero 2013	1864
Febrero 2013	1855
Marzo 2013	1800

Abril 2013	1800
Mayo 2013	1765
Junio 2013	2069

- Método multiplicativo Holt-Winters.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

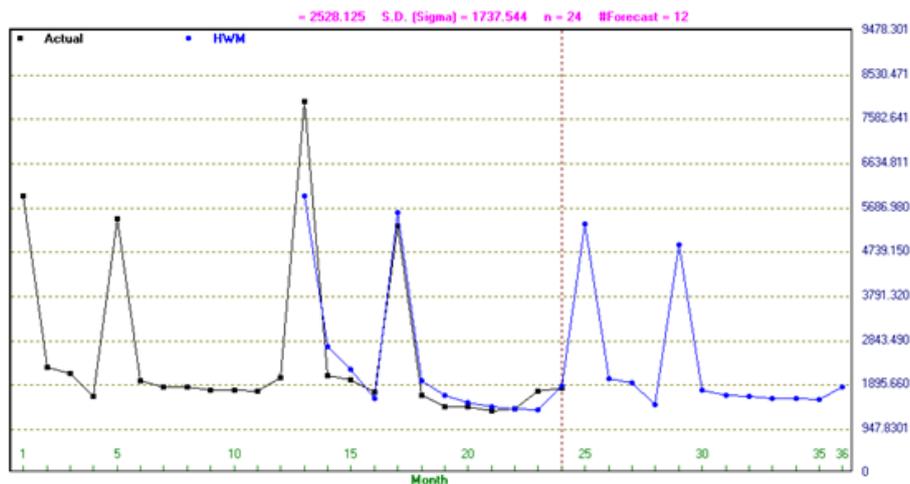


Figura 3.6 Gráfica de resultados aplicando el método multiplicativo de Holt-Winters.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron aplicando este método de pronóstico se observa que los meses se ajustan perfectamente al comportamiento de la demanda, teniendo los dos picos que representan la demanda que se produce de herrajes por la venta de temporada, así como en los demás meses se presenta una tendencia negativa mínima la cual también se observa en los meses anteriores. Los resultados de este método son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	5341.199
Agosto 2012	2040.347
Septiembre 2012	1937.047
Octubre 2012	1484.215
Noviembre 2012	4901.864
Diciembre 2012	1796.871

Enero 2013	1674.684
Febrero 2013	1666.598
Marzo 2013	1617.184
Abril 2013	1617.184
Mayo 2013	1585.739
Junio 2013	1858.863

Analizando los resultados de cada uno de los métodos y junto con la opinión de los representantes de la empresa, se decidió tomar los valores que se proporcionan con el método de pronóstico multiplicativo de Holt-Winters, ya que estos se ajustan más al comportamiento de la demanda y nos proporcionan datos más confiables, dándonos como resultado del pronóstico la siguiente tabla (figura 3.7):

Mes pronosticado	Pronóstico de demanda
Julio 2012	5341.199
Agosto 2012	2040.347
Septiembre 2012	1937.047
Octubre 2012	1484.215
Noviembre 2012	4901.864
Diciembre 2012	1796.871
Enero 2013	1674.684
Febrero 2013	1666.598
Marzo 2013	1617.184
Abril 2013	1617.184
Mayo 2013	1585.739
Junio 2013	1858.863

Figura 3.7 Tabla de resultados de los pronósticos a utilizar

Después de que se obtuvo el pronóstico para las órdenes de lámina, se procedió a realizar el mismo análisis para las órdenes expedidas pero para el material de alambre. En la figura 3.8 se puede observar que la demanda de alambre, al igual que la de lámina, presenta dos picos por año; los cuales se identificaron como las ventas por temporadas que se realizan; el primer pico corresponde a la venta de herrajes correspondiente para la temporada escolar, mientras que el segundo es para la venta de fin de año; así mismo la demanda de alambre presenta una disminución en la producción conforme ha pasado el tiempo, se determino que esta característica se debe al posicionamiento de los productos de lámina, zamac y actualmente de plástico.

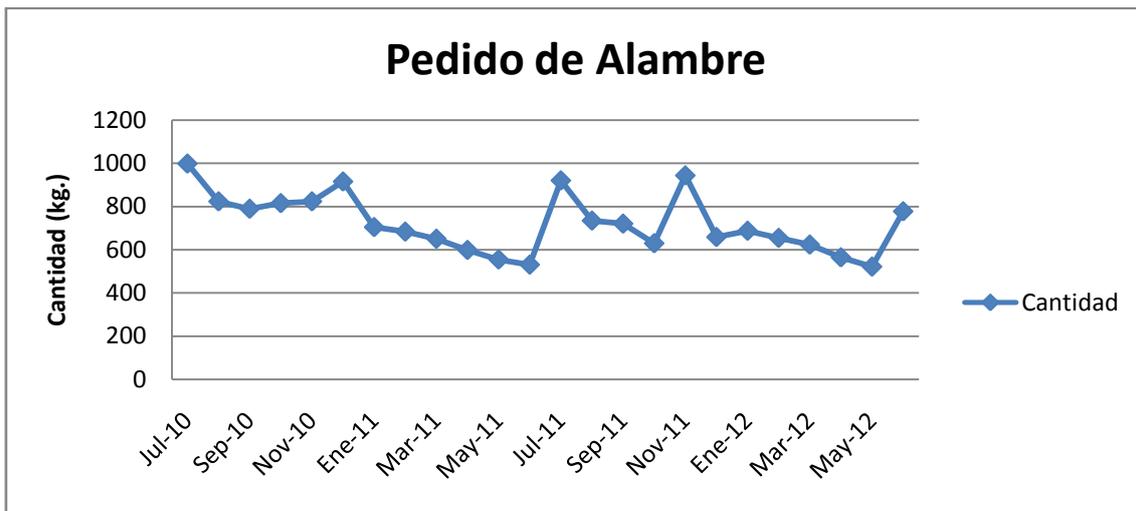


Figura 3.8 Demanda de alambre en 24 meses.

Una vez que se graficaron los datos que se proporcionaron durante los 24 meses, al igual que en las órdenes de lámina, se procedió a determinar cuál era el método de pronósticos que mejor se adecuaba al comportamiento de la demanda; para poder determinar esto, se procedió a realizar cuatro diferentes métodos de pronóstico y compararlos para elegir el que más se adaptará a los datos históricos y que menor error tuviera. Los métodos que se decidió analizar fueron los de:

- Suavizamiento exponencial simple con tendencia;
- Suaviamiento exponencial doble con tendencia;
- Método aditivo de Holt-Winters;
- Método multiplicativo de Holt-Winters.

Para poder desarrollar los diferentes métodos de pronóstico se utilizó nuevamente el software WinQSB y los resultados obtenidos son:

- Suavizamiento exponencial simple con tendencia.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

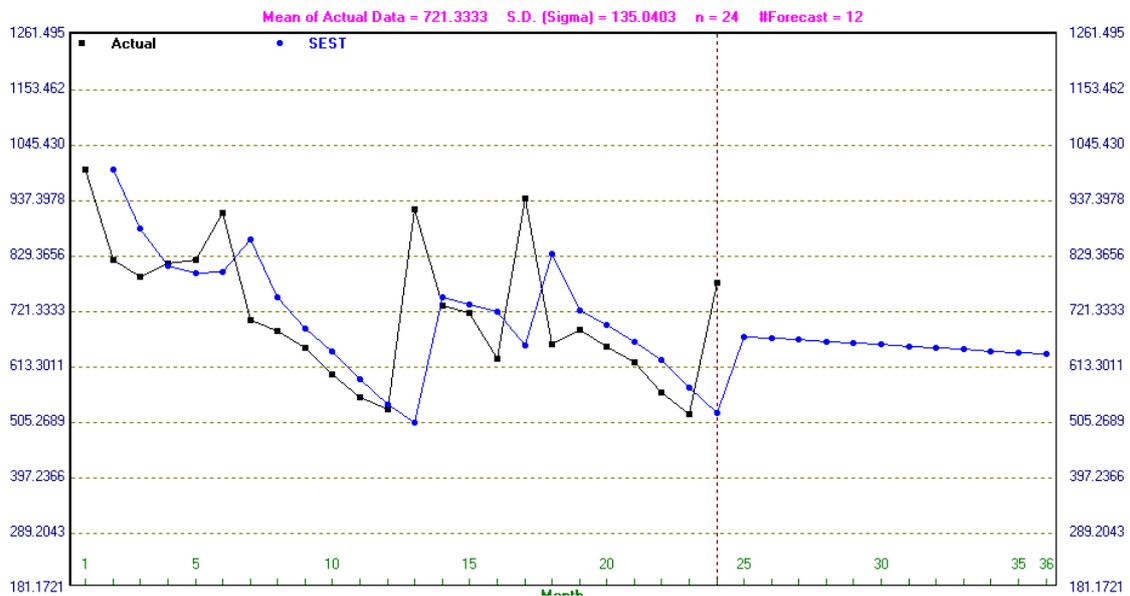


Figura 3.9 Gráfica de resultados aplicando el método de suavizamiento exponencial simple con tendencia

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en este método de pronóstico se observa que los meses pronosticados presentan una tendencia lineal negativa en la demanda de los herrajes además de no considerar los dos picos que se presentan cada año en la venta de herrajes; debido a esto se concluye que este método de pronóstico no representa el comportamiento de la demanda real.

Los pronósticos que se obtuvieron son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	672.6009
Agosto 2012	669.4508
Septiembre 2012	666.3007
Octubre 2012	663.1506
Noviembre 2012	660.0005
Diciembre 2012	656.8505
Enero 2013	653.7004

Febrero 2013	650.5503
Marzo 2013	647.4002
Abril 2013	644.2501
Mayo 2013	641.1000
Junio 2013	637.9500

- Suavizamiento exponencial doble con tendencia.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

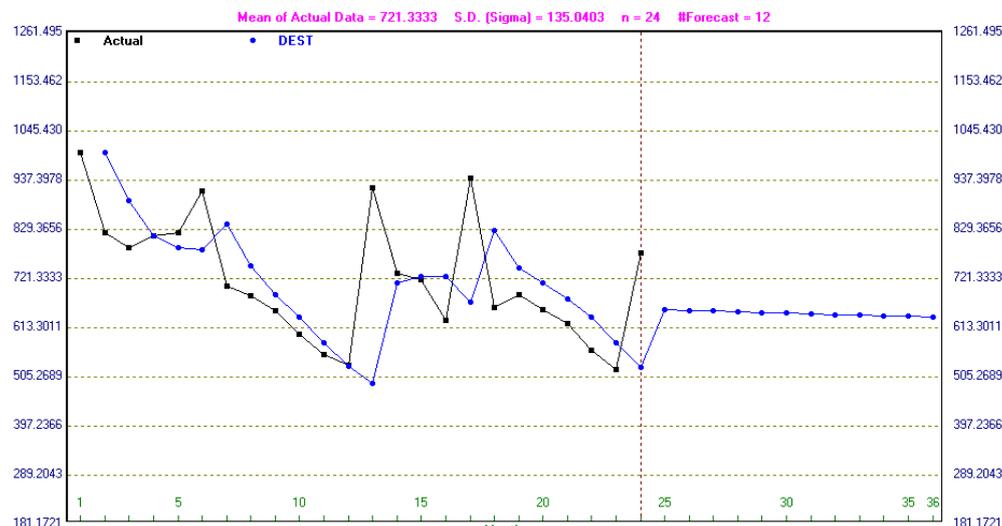


Figura 3.10 Gráfica de resultados aplicando el método de suavizamiento exponencial doble con tendencia

Analizando los resultados que se obtuvieron aplicando este método de pronóstico se observa que los meses pronosticados presentan una tendencia negativa mínima en la demanda de los herrajes, además de no tener los dos incrementos en la demanda por la venta de temporada; en conclusión podemos decir que este método de pronóstico no logra ajustarse al comportamiento de la demanda. Los pronósticos que se obtuvieron son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	652.6905
Agosto 2012	651.2126
Septiembre 2012	649.7347

Octubre 2012	648.2568
Noviembre 2012	646.7789
Diciembre 2012	645.301
Enero 2013	643.8231
Febrero 2013	642.3452
Marzo 2013	640.8672
Abril 2013	639.3893
Mayo 2013	637.9114
Junio 2013	636.4335

- Método aditivo Holt-Winters.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

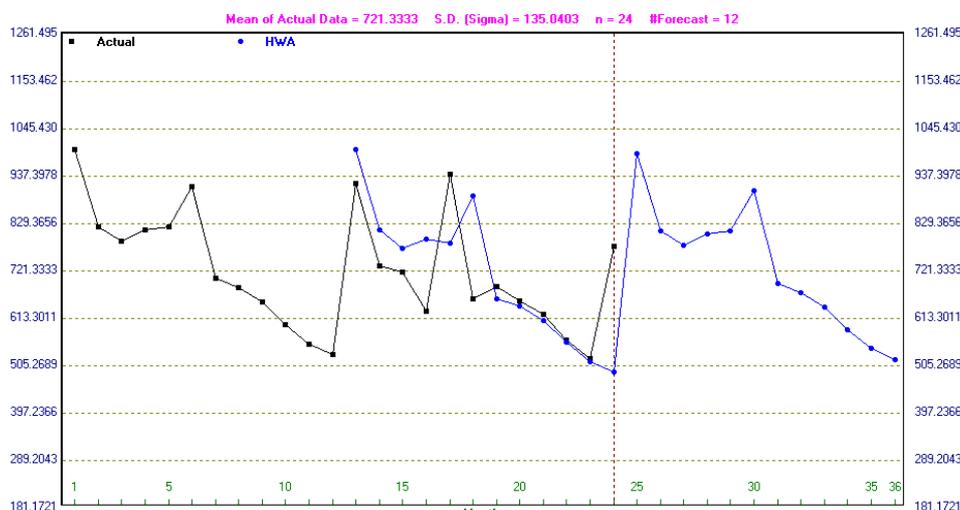


Figura 3.11 Gráfica de resultados aplicando el método aditivo de Holt-Winters

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron aplicando el método de pronóstico se observa que en los meses pronosticados si se considera los dos picos correspondientes a la venta de temporada además de mantener la tendencia de los meses anteriores; todo esto nos hace ver que este método de pronóstico si se ajusta al comportamiento de la demanda real. Los pronósticos que se obtenidos son:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	987.9519
Agosto 2012	812.9519
Septiembre 2012	778.9519
Octubre 2012	804.9519
Noviembre 2012	812.9519
Diciembre 2012	904.9519
Enero 2013	693.9519
Febrero 2013	672.9519
Marzo 2013	639.9519
Abril 2013	587.9519
Mayo 2013	543.9519
Junio 2013	519.9519

- Método multiplicativo Holt-Winters.

Aplicando el método se obtuvo como resultado:

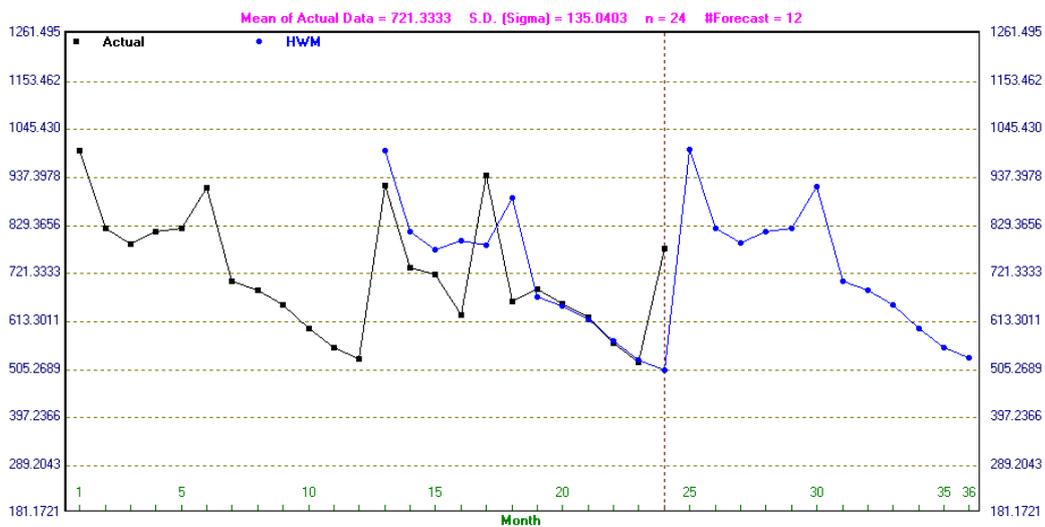


Figura 3.12 Gráfica de resultados aplicando el método multiplicativo de Holt-Winters.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este método de pronóstico se observa que en los meses pronosticados se presentan los dos picos que corresponden a la venta de temporada además de tener la tendencia de los anteriores meses. En conclusión podemos decir que este método de pronóstico se ajusta perfectamente al comportamiento de la demanda.

Los resultados que se obtuvieron fueron:

Mes	Pronóstico
Julio 2012	1000.005
Agosto 2012	824.6535
Septiembre 2012	790.5853
Octubre 2012	816.6375
Noviembre 2012	824.6535
Diciembre 2012	916.8384
Enero 2013	705.4145
Febrero 2013	684.3723
Marzo 2013	651.306
Abril 2013	599.2015
Mayo 2013	555.113
Junio 2013	531.0649

Una vez que se concluyó con el estudio de cada método de pronóstico y junto con la opinión de los representantes de la empresa, se decidió tomar los valores que se proporcionan con el método de pronóstico multiplicativo de Holt-Winters, ya que estos se ajustan más al comportamiento de la demanda, nos proporcionan datos más confiables y nos generan menor error de acuerdo a los datos que se tienen, en conclusión el resultado de este pronóstico es (figura 3.13):

Mes pronosticado	Pronóstico de demanda
Julio 2012	1000.005
Agosto 2012	824.6535
Septiembre 2012	790.5853
Octubre 2012	816.6375
Noviembre 2012	824.6535
Diciembre 2012	916.8384
Enero 2013	705.4145
Febrero 2013	684.3723
Marzo 2013	651.306
Abril 2013	599.2015
Mayo 2013	555.113
Junio 2013	531.0649

Figura 3.13 Tabla de resultados de los pronósticos a utilizar

Concluyendo el análisis de los métodos de pronósticos se puede decir que, observando los resultados y en conjunto con los encargados de la empresa, se decidió que el método de pronóstico que más se adapta al accionar de la empresa es el método multiplicativo de Holt-Winters para los dos tipos de materia prima.

3.3 Fase II.- Un proceso de Producción Eficiente y flexible

Una vez que se concluyó el estudio de la demanda por medio de los métodos de pronóstico, se procedió a analizar el proceso productivo de la empresa para poder determinar su funcionamiento, y en caso de ser necesarias, proponer las respectivas mejoras; este proceso se realizó a través del uso de la simulación.

Como primer punto, en esta parte del trabajo se procedió a delinear la metodología que se utilizó para poder desarrollar la simulación del sistema de producción de la empresa, para que está fuera representativa y así poder tomar las mejores decisiones para el bienestar de la fábrica.

La metodología¹⁰ que se utilizó se describe a continuación (Figura 3.14):

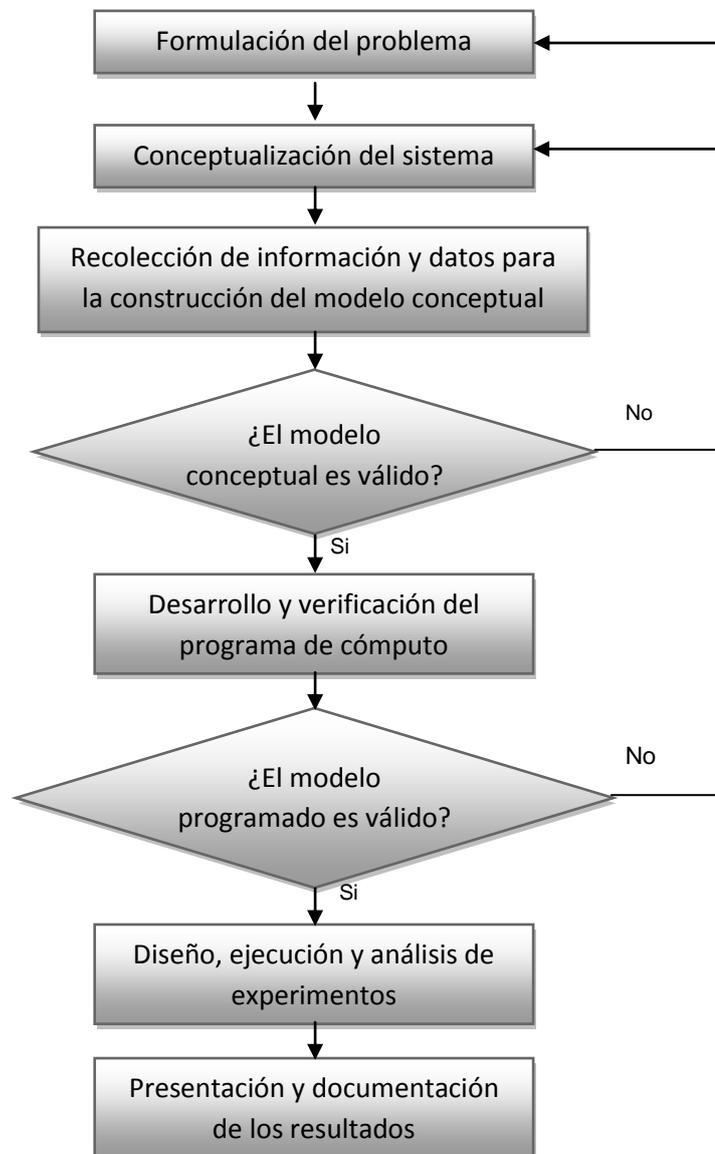


Figura 3.14 Metodología de simulación.

¹⁰ Apuntes de simulación (2006). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. Mayra Elizondo Cortés, Idalia Flores de la Mota

Basándonos en esta metodología, el estudio que se desarrolló se muestra a continuación.

3.3.1 Formulación del problema

La empresa seleccionada se encuentra con una situación muy común en todas las empresas manufactureras, la necesidad de tener un proceso eficiente en el cual no se generen cuellos de botella y no tenga retrasos en la producción y en los tiempos de entrega.

La dirección de manufactura considera que hay parte del proceso que es más lento o no se tiene el suficiente equipo para poder desarrollar el proceso eficientemente. Debido a esto, se planteó la necesidad de evaluar el funcionamiento del área de manufactura encargada de producir los diferentes tipos de herraje.

Después de evaluar las diferentes alternativas para evaluar el funcionamiento real del sistema, se propuso que se realizará un proyecto construyendo un modelo de simulación estocástico de eventos discretos, con el cual se pretenden conseguir los siguientes objetivos:

- Determinar el estado actual del sistema con base en las siguientes variables:
 - Productividad real de las líneas de producción;
 - Tiempo real de funcionamiento de las máquinas así como;
 - Tiempo ocioso de producción de cada una de las líneas de producción.
- Determinar las acciones idóneas para mejorar el funcionamiento del sistema.

3.3.2 Conceptualización del sistema

El área en cuestión se dedica a producir herrajes la cual cuenta con tres líneas, cada una tiene cierta velocidad de producción; así como una cierta cantidad de personas que trabajan en dicha línea, por un período de aproximadamente ocho horas por turno. La mecánica de dicho proceso funciona de la siguiente manera (Figura 3.15):

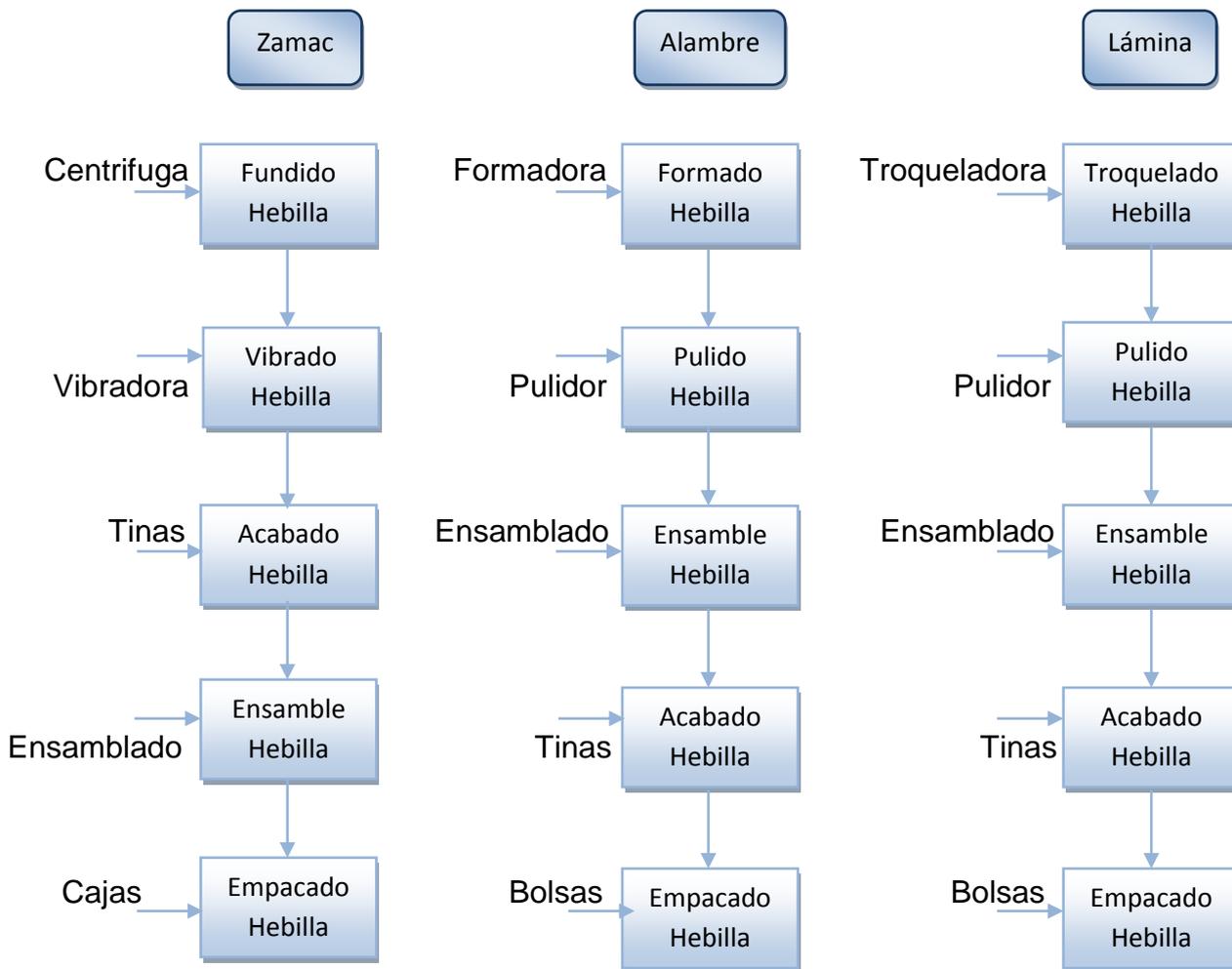


Figura 3.15 Proceso de fabricación del Herraje

3.3.3 Recolección de información, datos para la construcción y validación del modelo conceptual

Debido a que la empresa no cuenta con registros sobre el proceso de producción, se analizó el estudio con 1000 piezas para poder determinar las probabilidades de ocurrencia de los estados, es decir estudiar el comportamiento de cada una de las máquinas y procesos que se siguen para obtener el producto terminado; así mismo, se desarrollaron entrevistas con las personas encargadas del proceso y manejo de maquinaria.

También, se observó la cantidad de equipo con que cuenta la empresa para realizar el proceso de transformación de su materia prima en producto terminado por cada tipo de herraje, esta información se describe en los diagramas 3.16, 3.17 y 3.18; este análisis nos ayudó para que al momento de realizar la simulación esta fuera representativa del sistema.

Etapa	Cantidad de equipo
Troquelado	4
Pulido	3
Acabado	2
Ensamblado	5
Inspección	1
Empacado	3

Figura 3.16 Tabla de la maquinaria para el proceso de lámina (Elaboración propia)

Etapa	Cantidad de equipo
Formado	2
Pulido	3
Acabado	2
Ensamblado	5
Inspección	1
Empacado	3

Figura 3.17 Tabla de la maquinaria para el proceso de Alambre (Elaboración propia)

Etapa	Cantidad de equipo
Fundición	2
Pulido	3
Acabado	2
Inspección	1
Ensamblado	5
Empacado	3

Figura 3.18 Tabla de la maquinaria para el proceso de fundición (Elaboración propia)

Cabe destacar que hay equipos que se utilizan para más de un tipo de herraje; los procesos que utilizan la misma maquinaria son el pulido, acabado, ensamblado y empaclado.

Una vez que quedó determinado el equipo que se necesita para realizar el proceso de manufactura, se procedió a tomar una muestra de 50 datos para los procesos de troquelado, formado, fundición y ensamblado (Ver Anexo) para poder establecer el comportamiento que tiene cada una de estas etapas del proceso y así poder simularlo. Con esta muestra se realizaron pruebas de bondad de ajuste con el programa Best-Fit, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Troquelado

Como la máquina troqueladora obtiene 67 piezas por golpe, se tomó el tiempo en que se tienen estas piezas, por lo cual la media de la función normal significa que se obtienen 67 piezas en 0.88 minutos.

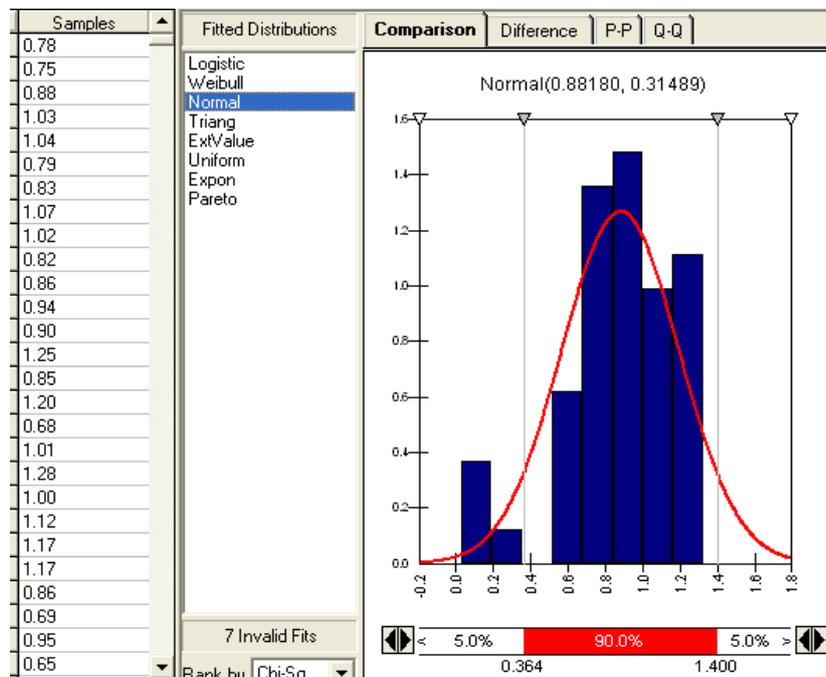


Figura 3.19 Tabla de resultados del análisis de las observaciones para el proceso de troquelado.

Para esta parte del proceso se tomó una distribución Normal con los parámetros de (0.88, 0.31).

Formado

Para el proceso de formado se contaron las piezas que se cortaban en un minuto.

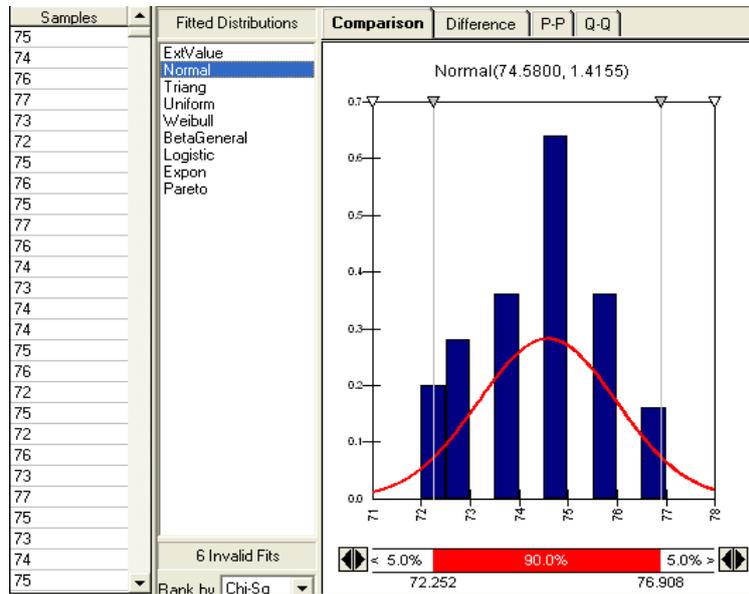


Figura 3.20 Tabla de resultados del análisis de las observaciones para el proceso de formado.

Se tomó la distribución Normal con parámetros de (74.58, 1.41).

Fundición

Para el proceso de fundición se tiene que se producen 15 piezas por cada molde, por lo cual se tomó el tiempo en el que se tienen esas 15 piezas para hacer el ajuste de datos.

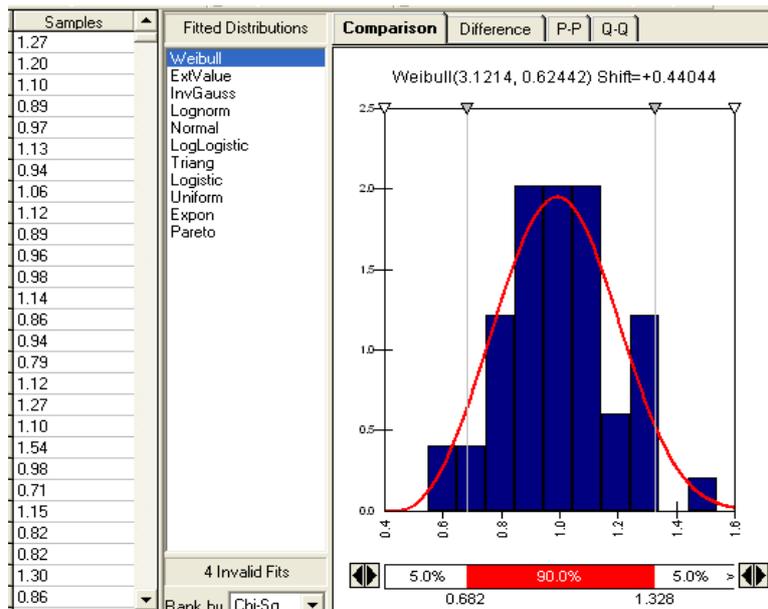


Figura 3.21 Tabla de resultados del análisis de las observaciones para el proceso de fundición.

Se tomó la distribución Weibull con parámetros de (3.12, 0.62).

Ensamble

En este proceso se tomó el tiempo de una sola persona, por lo cual la simulación puede variar ligeramente debido a que no todas las personas tienen la misma habilidad para realizar el trabajo, el dato que se tomó fue la cantidad de ensambles realizados en un minuto.

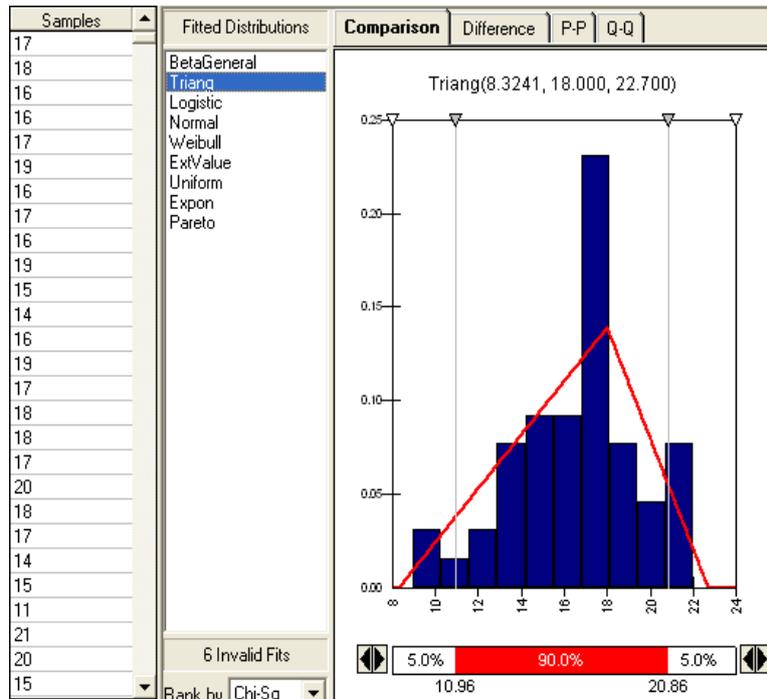


Figura 3.22 Tabla de resultados del análisis de las observaciones para el proceso de ensamble.

La distribución que se tomó para la simulación fue la triangular con los siguientes parámetros (8.32, 18.00, 22.70).

Una vez que se terminó con las pruebas de bondad de ajuste, se tomaron los tiempos de los otros procesos, los cuales se decidieron dejar como fijos ya que estos son controlados por el trabajador y se mantienen constantes, es decir, para estos procesos siempre se emplea el mismo tiempo para su elaboración; los tiempos que se dejaron fijos son: el tiempo que dejan las piezas en el acabado, con ligeras variaciones, y el tiempo del pulido. Los tiempos que se obtuvieron fueron los siguientes:

- Pulido hebilla de lámina 10000 piezas por hora;
- Acabado hebillas de lámina 3000 piezas cada dos horas;
- Pulido hebilla de alambre 5000 piezas por hora;
- Acabado hebillas de alambre 3000 piezas cada dos horas;
- Pulido hebilla de metal 3000 piezas por hora;
- Acabado hebillas de metal 3000 piezas cada dos horas.

Un dato adicional fue que, para poder simular el proceso, se utilizaron locaciones auxiliares debido a que algunas partes del proceso requieren del agrupamiento de material. Las localidades auxiliares que se manejaron en la simulación son:

Entidades

- Lámina
- Alambre
- Metal
- Hebilla de Lámina
- Hebilla de Alambre
- Hebilla de Metal

Locaciones

- Almacén de materia prima (3)
- Troqueladora (4)
- Formado (2)
- Fundición (2)
- Pulido (3)
- Acabado (2)
- Ensamble (5)
- Inspección (1)
- Empacado (3)

3.3.4 Desarrollo, verificación y validación del programa de cómputo

Teniendo los datos anteriormente descritos se procedió a realizar la simulación. Para realizar ésta, se utilizó el programa Promodel ya es muy amigable con el usuario para poder hacer cambios con facilidad y así poder evaluar la línea de producción de diferentes configuraciones; además, se consideró el uso de este programa por su fácil manejo para que en un futuro la empresa lo use como una herramienta en la toma de decisiones.

Durante el desarrollo de la simulación, se decidió incluir a personas de la empresa para que pudieran apoyar en el proceso de validación de la simulación y así poder obtener datos que verdaderamente ayudaran a la empresa.

El modelo de simulación que se desarrolló con el software quedó de la siguiente manera (figura 3.23):

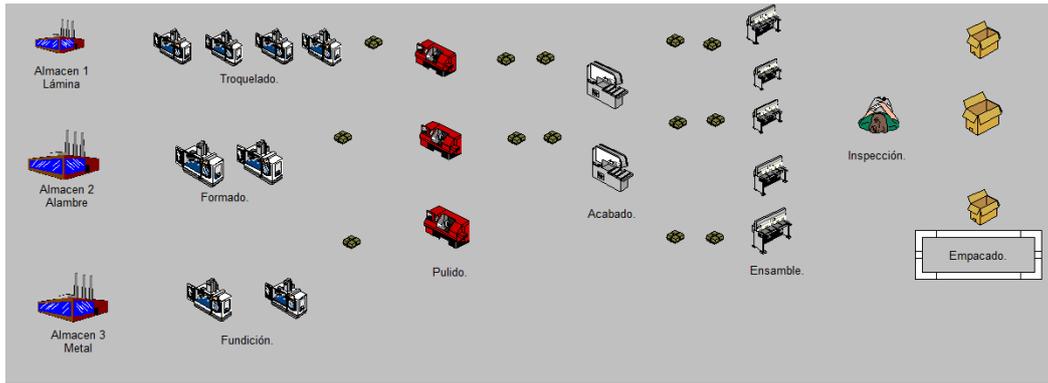


Figura 3.23 Diagrama del modelo de simulación del proceso productivo utilizando Promodel.

En el modelo se puede observar que la simulación inicia en los almacenes de materia prima, se considero iniciar la simulación desde este punto porque ahí es donde se inicia el trabajo con la toma de la materia prima para la fabricación de los herrajes; después se continuo hacia la primera etapa del proceso, que está conformada por las cuatro máquinas de troquelado para la materia prima de lámina, las dos formadoras para el alambre y las dos máquinas de fundición para el Zamac; de aquí se pasa a la etapa de agrupación de los herrajes para posteriormente pasar al proceso de pulido que cuenta con tres máquinas.

Terminando de pulir el material, se procede a dar el recubrimiento metálico, para este paso se cuenta con dos máquinas (acabado); una vez terminado el acabado se procede a realizar el ensamblado de la hebilla y el agujón, esta parte del proceso lo realizan en cinco unidades de trabajo para posteriormente pasar a un punto de inspección y por último al área de empacado.

3.3.3 Diseño, ejecución y análisis de experimentos

Para la simulación del modelo se utilizó un periodo de 48 horas lo que equivale a una jornada de trabajo de una semana, así mismo se realizaron 52 corridas para obtener un año de trabajo.

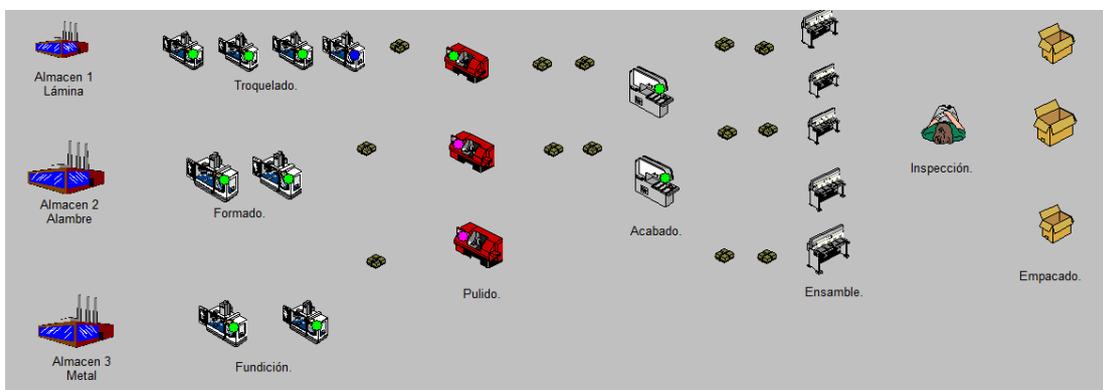


Figura 3.24 Diagrama del modelo de simulación del proceso productivo en funcionamiento.

Con los datos anteriormente descritos se procedió a simular, obteniendo los siguientes resultados (figura 3.25):

- El proceso de pulido está bloqueado (rosa) el 72.5% del tiempo, esto se debe a que el proceso que le sigue, que es el de acabado tarda de 2 a 3.5 horas en terminarse, con lo cual nos podemos dar una idea de cuáles serán algunas recomendaciones para balancear la línea.
- El proceso de troquelado, formado y fundición están sobre cargados (verde), esto se debe a que se puede obtener el mismo producto final con una menor cantidad de máquinas, por ejemplo en el proceso de troquelado se producen arriba de 700 mil piezas y solo se ensamblan cerca de 90 mil, observando esto concluimos que se puede disminuir el número de troqueles; lo mismo pasa con los otros dos casos.
- Por último, otro ajuste que se puede hacer es incrementar el número de personas que se dedican al ensamble, ya que la ocupación de este proceso está por arriba del 90% (no es del 100% debido a que cuando inicia el sistema por las condiciones iniciales de cero, las personas que se encuentran en ensamble tienen que esperar hasta que les llega el material, eso es un tiempo muerto (azul)).

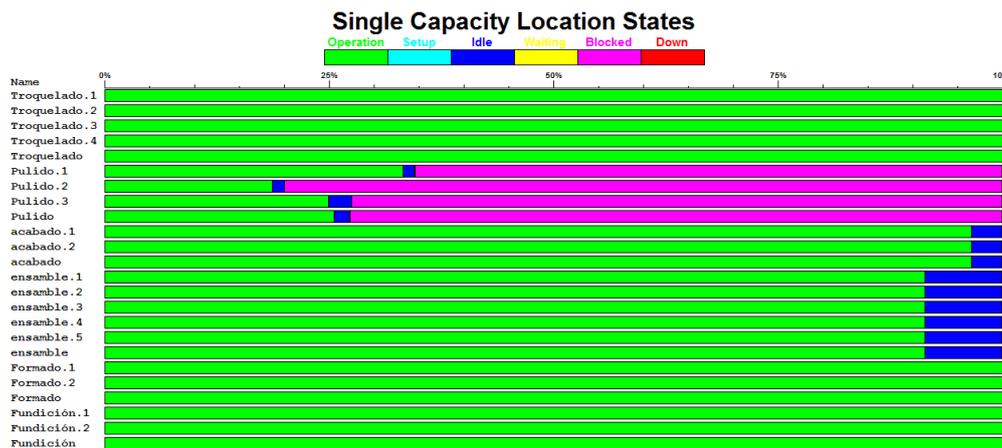


Figura 3.25 Diagrama de los resultados obtenidos del modelo de simulación del proceso productivo.

3.3.4 Propuesta de mejora

Realizando los ajustes en el modelo (balanceo) y con la ayuda de los responsables de la empresa se tiene que (figura 3.26):

- Se necesita implantar más puntos de ensamble para incrementar de manera sustancial la producción total.
- Se debe considerar el no poner a trabajar todas las máquinas de troquelado, formado y fundido, ya que crece la producción de materia prima que se queda en el proceso.
- Se debe de disminuir una máquina de pulido, ya que con esto se evita el bloqueo de la misma y se sigue cumpliendo con las órdenes de entrega.

- Así mismo, se recomendó realizar más simulaciones para poder observar el comportamiento del sistema con y sin las observaciones antes mencionadas.

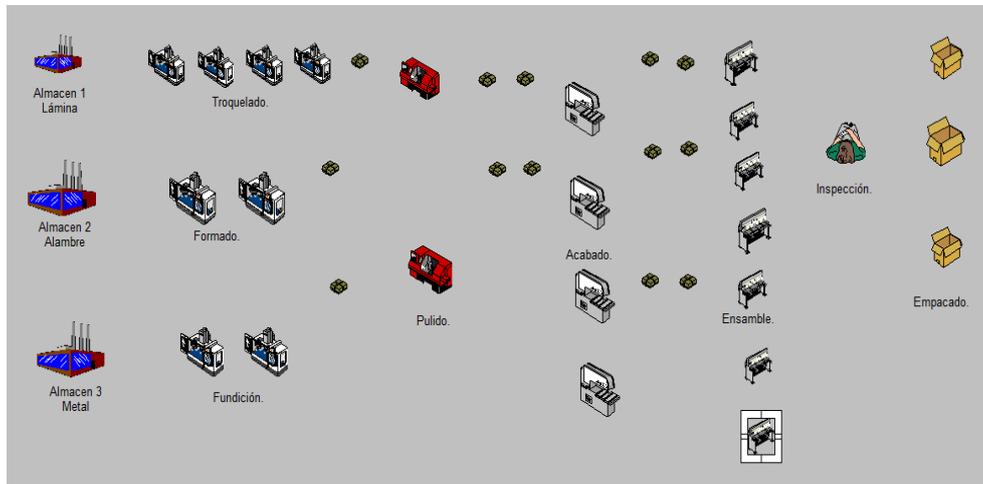


Figura 3.26 Diagrama del modelo de simulación del proceso productivo con las modificaciones propuestas.

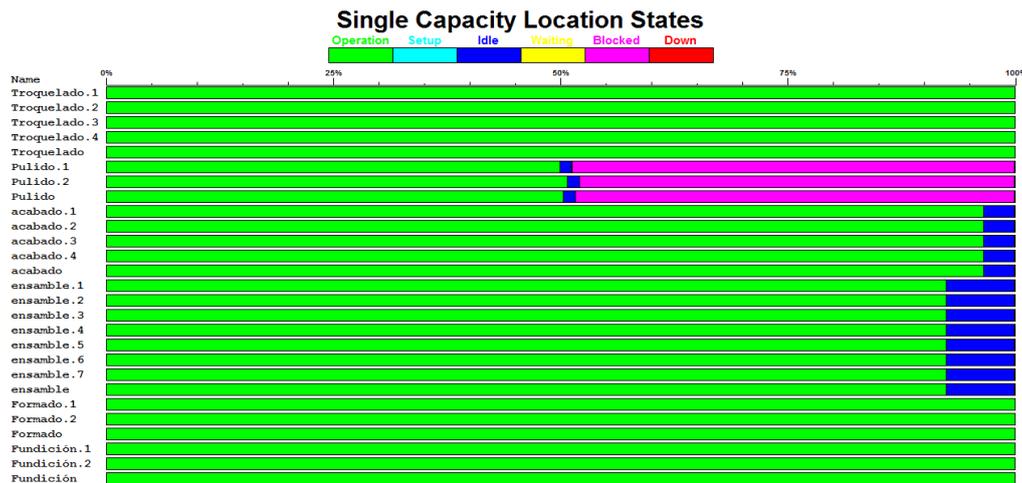


Figura 3.27 Diagrama de los resultados obtenidos del modelo de simulación del proceso productivo con las modificaciones propuestas.

Realizando ajustes en el modelo (balanceo) y probando diferentes escenarios se tiene que si se agregan 2 personas más a ensamble, así como dos máquinas más al proceso de acabado que es el que presenta el mayor retardo y se elimina una máquina de pulido en el proceso se obtienen que la producción total se incrementa en un 41.6 % y el bloqueo del proceso de pulido disminuye al 48%.

3.4 Fase III.-Manejo de materiales a través de los inventarios

Una vez estimado el pronóstico de demanda, así como propuestas las mejoras para el eficiente funcionamiento de la línea de producción, se pasó a determinar cuál podría ser el mejor sistema de manejo de inventarios que se puede emplear en la PYME.

Este proceso consistió en tres puntos:

1. Determinar cuál es el método que se empleará para la clasificación de los materiales;
2. Establecer el modelo de inventarios que mejor se adecue a la empresa;
3. Calcular el punto de Reorden que se utilizará en los inventarios.

3.4.1 Clasificación de los materiales

En el primer punto se determinó cuál era la clasificación de materiales que puede utilizar la PYME en sus procesos; la determinación sobre qué método utilizar consistió en tres aspectos:

- Valor económico de los materiales;
- Grado de criticidad en el proceso ;
- La combinación de los dos anteriores.

Para el manejo de los materiales de la empresa, se realizó el análisis por separado, es decir, uno para la materia prima y otro para el producto terminado.

Materia prima

Para la materia prima se determinó utilizar la clasificación α - β - δ (alfa-beta-gamma) debido a que presentan un alto valor económico, así como que son de mucha importancia para el proceso productivo, por lo cual se considera que se debe tener mayor control sobre estos.

Desarrollando la metodología descrita en el capítulo anterior se obtuvieron los siguientes resultados (figura 3.28) (Ver anexo):

Artículo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje	Clase ABC	Clase 123	Clase $\alpha\beta\delta$
Lámina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	63	A	1	α
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	24	A	1	α
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	7	B	1	α

Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	5	C	1	α
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.3	C	2	β
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.06	C	2	β
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.05	C	3	δ
Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.03	C	2	β
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.03	C	3	δ

Figura 3.28 Tabla de los resultados obtenidos de la clasificación de la materia prima.

Observando la tabla, se determinó que las principales materias primas y a las cuales la empresa debe manejar con mayor cuidado son: lámina con un valor total de \$99,000, alambre con un valor de \$37,200, químicos para el recubrimiento metálico con el valor de \$11,250 y el zamac con un valor de \$7500.

Producto terminado

Para el producto terminado, se propuso utilizar la clasificación A-B-C debido a que estos artículos aunque son de gran importancia en el proceso y tienen un alto valor económico, no son críticos para el desarrollo del proceso.

Al igual que la materia prima, realizando la metodología para esta clasificación (Ver anexo) se obtuvo que:

- El 80% del valor de los productos terminados se encuentran en 12 productos que fabrica la empresa, los cuales se nombraron como productos A.
- El otro 15% del valor de los productos se encuentra distribuido entre otros 16 productos de la empresa; a estos productos se les llamó productos B.
- Y el restante 5% del valor de los productos se encuentra distribuido entre 12 productos, a los cuales se les llamó productos C.

En la figura 3.29 se muestran los productos en lo que recae el 80% del valor de todos los productos terminados, estos productos son los llamados productos estrella de la empresa ya que son a los que se les dedica la mayor parte del tiempo en la empresa.

Artículo	Tipo de material	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	% valor
75-25	Lámina	Millar	\$195.00	800	\$156,000	42.83

Grapa grande	Lámina	Millar	\$1400.00	20	\$28,000	7.69
Grapa mediana	Lámina	Millar	\$910.00	20	\$18,200	5.00
Grapa chica	Lámina	Millar	\$764.00	20	\$15,280	4.20
Flor 1" S/G	Lámina	Millar	\$380.00	30	\$11,400	3.13
75-19	Lámina	Millar	\$195.00	50	\$9,750	2.68
Ojillo 11Z	Lámina	Millar	\$23.00	400	\$9,200	2.53
Flor 1"	Lámina	Millar	\$400.00	20	\$8,000	2.20
Cuadro 22	Alambre	Millar	\$240.00	30	\$7,200	1.98
2 casas 30	Lámina	Millar	\$350.00	20	\$7,000	1.92
Botón Estrella Mágica	Lámina	Millar	\$150.00	40	\$6,000	1.65
Rodillo 32	Alambre	Millar	\$550.00	10	\$5,500	1.51
Botón Ferlug	Lámina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Yaircito	Lámina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Estrellitas	Lámina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Ferluchito	Lámina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24

Figura 3.29 Tabla de los resultados obtenidos de la clasificación de producto terminado.

3.4.2 Modelo de inventarios

Una vez determinada la clasificación de los materiales, se procedió a establecer cuál era el modelo de inventarios que más se ajustaba al proceso productivo. Para esto, se determinó solo usar un modelo de inventario en la materia prima, ya que desde ésta se basan todas las actividades de la empresa.

En este estudio no se decidió realizar un modelo de inventario para los productos terminados, ya que debido al pronóstico de demanda y a las mejoras al proceso productivo, se dio por hecho que todo lo que se producirá será vendido.

Materias primas

El modelo de inventarios que se propuso para el manejo de la materia prima es el “Modelo de compra sin pedidos pendientes”; cuya principal característica consiste en que cuando se recibe una orden de pedido ésta se dirige a la bodega donde se permite el uso de la materia prima para realizar producción. Después de un tiempo de producción, la bodega comienza a vaciarse llegando a un cierto nivel llamado Punto de Reorden, en el cual se coloca una orden de pedido a los proveedores por el material que ya se utilizó, y así volver a llenar la bodega de materia prima; mientras esta orden tarda en surtirse, se utiliza el material restante que queda en la bodega.

A este tipo de inventarios se le determina un costo total expresado por la siguiente ecuación:

$$CTA = Cpd * \frac{D}{Q} + Ci * \frac{Q}{2} + Cu * D$$

Y una cantidad de pedido determinada por:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * Cpd * D}{Ci}}$$

Donde:

CTA: Costo total anual

Cpd: Costo de levantar una orden de pedido

D: Demanda Anual

Ci: Costo anual de mantener una unidad en inventario

Cu: Costo unitario de inventario

Q: Cantidad a pedir

Utilizando estas dos formulas para nuestro sistema en estudio, los datos proporcionados durante la investigación y el software WinQSB para la resolución del problema, se obtuvo:

Materia prima (Lamina)

$$C_{pd} = \$50.00$$

$$D = 30000 \text{ kilos}$$

$$C_i = \$1.00 \text{ por kilogramo}$$

$$C_u = \$20.00 \text{ por kilogramo}$$

Tiempo en surtir una orden = 10 Días

	Input Data	Value	Economic Order Analysis	Value
1	Demand per year	30000	Order quantity	1732.051
2	Order (setup) cost	\$50.0000	Maximum inventory	1732.051
3	Unit holding cost per year	\$1.0000	Maximum backorder	0
4	Unit shortage cost		Order interval in year	0.0577
5	per year	M	Reorder point	355.2148
6	Unit shortage cost			
7	independent of time	\$20.0000	Total setup or ordering cost	\$866.0254
8	Replenishment/production		Total holding cost	\$866.0254
9	rate per year	M	Total shortage cost	0
10	Lead time in year	10	Subtotal of above	\$1732.0510
11	Unit acquisition cost	0		
12			Total material cost	0
13				
14			Grand total cost	\$1732.0510

Figura 3.30 Tabla de los resultados obtenidos para las órdenes de lámina.

Con los resultados obtenidos (figura 3.30), se determinó que la cantidad a ordenar para lámina será de 1732.051 kilogramos con un costo de total de \$601,732; el punto de reorden será cuando en el inventario haya 355.2148 kilogramos de material (figura 3.31).

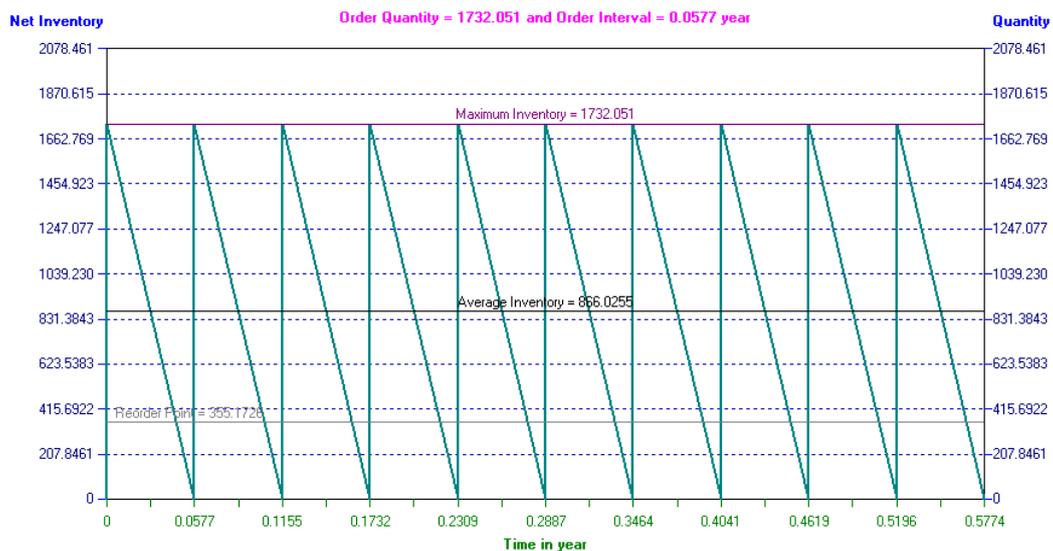


Figura 3.31 Gráfica de resultados para el punto de reorden de la lámina.

Materia prima (Alambre)

$$C_{pd} = \$50.00$$

$$D = 12000 \text{ kilos}$$

$$C_i = \$1.00 \text{ por kilogramo}$$

$$C_u = \$20.00 \text{ por kilogramo}$$

$$\text{Tiempo en surtir una orden} = 5 \text{ Días}$$

	Input Data	Value	Economic Order Analysis	Value
1	Demand per year	12000	Order quantity	1095.445
2	Order (setup) cost	\$50.0000	Maximum inventory	1095.445
3	Unit holding cost per year	\$1.0000	Maximum backorder	0
4	Unit shortage cost		Order interval in year	0.0913
5	per year	M	Reorder point	845.9663
6	Unit shortage cost			
7	independent of time	\$20.0000	Total setup or ordering cost	\$547.7226
8	Replenishment/production		Total holding cost	\$547.7225
9	rate per year	M	Total shortage cost	0
10	Lead time in year	5	Subtotal of above	\$1095.4450
11	Unit acquisition cost	0		
12			Total material cost	0
13				
14			Grand total cost	\$1095.4450

Figura 3.32 Tabla de los resultados obtenidos para las órdenes de alambre.

Para el alambre se obtuvo que la cantidad a pedir será de 1095.5 kilogramos con un costo total de \$241.095.50 (Figura 3.32), así como el punto de reorden será cuando se tenga 845.9663 kilogramos en el almacén (figura 3.33).



Figura 3.33 Gráfica de resultados para el punto de reorden del alambre.

Con el desarrollo de la tesis y los resultados obtenidos se concluyó que se puede dar una solución a los problemas que se presenta la empresa y que han sido descritos anteriormente. Así, también se recomienda dar seguimiento en la implementación de las diferentes estrategias a usar para que estas proporcionen el resultado esperado.

Esta tesis sólo es presenta una parte de las mejoras que se pueden hacer en la empresa, puesto que dentro de una identidad tan compleja como lo es una organización en donde intervienen diferentes agentes internos y externos bajo un clima constante de cambio y un mercado exigente, existen prácticas, que son susceptibles de mejora. Entre estas prácticas se encuentran:

- Automatización de procesos;
- Reorganización en la distribución de la planta (Lay Out);
- Estudio de tiempos y movimientos;
- Evaluación de nuevos nichos de mercado;
- Evaluación de nuevos productos;
- Planeación y control de la producción (programación de actividades);
- Mercadotecnia (Promoción y publicidad de productos);
- Estandarización de procesos;
- Políticas de administración.

Conclusiones y recomendaciones

Cabe resaltar que el trabajo realizado en esta tesis se logró completar gracias al aprendizaje obtenido durante los dos años de la maestría sobre el enfoque sistémico y el enfoque de la Investigación de Operaciones, ya que estos nos ayudaron a:

- Estudiar la empresa para comprender aspectos de la realidad, teniendo en cuenta cada una de sus partes o componentes como uno solo, es decir sin desarmarlo.
- Comprender cada uno de sus elementos, ya sean estructurales (elementos o componentes, límites y canales de flujo de energía, materia o información) ó funcionales (flujos de energía, materia o información, transformadores).
- Estructurar la situación de la empresa como un modelo matemático, logrando una abstracción de los elementos esenciales para que pueda buscarse una solución que concuerde con los objetivos planteados al inicio de la tesis.
- Desarrollar una solución, que nos lleve al valor óptimo del desarrollo de la investigación, no sólo tratar de mejorar el estado de las cosas, la meta fue identificar el mejor curso de acción posible.

Así mismo, con base en los resultados de la investigación realizada y en el diseño de la metodología propuesta para el desarrollo de las mejoras sugeridas, se logró generar un modelo de producción que mejora el funcionamiento de la planta de producción.

Las aportaciones de este trabajo representan la mejora de una de las prácticas de negocio relevantes de las empresas en este ramo industrial, que contribuyen al incremento de la productividad y competitividad de las empresas al satisfacer las expectativas del mercado, y por lo tanto, asegurar una mejor posición y crecimiento dentro del mismo.

Por lo tanto, los objetivos planteados al inicio de esta investigación fueron cumplidos exitosamente:

- Se propuso una metodología que ayudó al control y planeación de actividades, así como a la administración de recursos y materia prima de la empresa en estudio, resolviendo la problemática que esta presenta.
- La metodología integrada en este trabajo ofrece una mejor precisión que la manera en que actualmente se maneja la empresa, lo que contribuye al control y disminución del abastecimiento excesivo de productos que generalmente se presenta y por lo tanto, en los costos relacionados con su almacenamiento.
- La metodología desarrollada se dividió en tres principales rubros; el primero fue el de proponer un método de pronóstico que ayudaría a la

empresa a planificar cuánta materia prima necesitará para la producción de herrajes; el segundo, proponer mejoras en el sistema productivo de la empresa para tratar de eliminar los cuellos de botella y tercero, crear una política de inventarios para el manejo tanto de materia prima como de producto terminado.

A partir de la metodología propuesta, la administración podrá mejorar su planeación de recursos como es la compra de materia prima, materiales de empaque y pago de horas extras al personal para solventar las necesidades de producción estimada, mejorando con esto los costos de mantener inventarios excesivos, desembolsos por pago de horas extras y sobre todo, mantener la satisfacción y preferencia del cliente al asegurar que los productos se encontrarán disponibles en las cantidades y tiempo adecuado.

Del mismo modo, los flujos de efectivo podrán mejorar al disminuir la cantidad de inversión que se tiene resguardada en productos de almacén, aprovechando la oportunidad de invertir en nuevos proyectos que fomenten la mejora continua de los procesos de la empresa.

Bibliografía

Antonio Salas, L. D. (1984). *Organización de Almacenes y Control de Inventarios*. Costa Rica: Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola.

Bu, R. C. (2003). *Simulación, Un Enfoque Práctico*. México: Limusa Noriega Editores.

Compras e Inventarios. (1995). España: Ediciones Díaz de Santos.

Ignacio Méndez Ramírez, D. N. (2009). *Protocolo de Investigación*. México: Editorial Trillas.

Javier, M. N. (1999). *Investigación de Operaciones, Control de Inventarios y Teoría de Colas*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

John E. Hanke, D. W. (2006). *Pronósticos en los negocios*. México: Pearson Education.

Norman Gaither, G. F. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. México: International Thomson Editores.

Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.

Torre, J. O. (1999). *Conceptos Generales de Productividad, Sistema, Normalización y Competitividad para la pequeña y mediana empresa*. México: Universidad Iberoamericana.

Anexos

Anexo 1.- Formato de la entrevista realizada a los directivos de la PYME

Entrevista a los directivos de la PYME

1. ¿Qué cargo ocupa dentro de la empresa?

2. ¿Manejan algún sistema de pronósticos de ventas?

3. ¿Considera que la forma en que se pronostican las ventas es la adecuada?

4. ¿Cuál es el método que se usa para determinar la orden de pedido de materia prima?

5. ¿Los proveedores con que se cuentan son suficientes para el buen accionar de la empresa?

6. ¿El tiempo de respuesta de los proveedores es dentro del tiempo programado?

7. ¿El manejo que se da a los productos es el adecuado?

8. ¿Manejan algún método de inventarios?

9. ¿El proceso productivo de la empresa es eficiente?

10. ¿Qué mejoraría con respecto al manejo de la empresa?

Anexo 2.- Modelos de pronóstico.

Método	Descripción	Aplicaciones	Costo	Necesario
Métodos causales de pronóstico				
Análisis de regresión	Pronóstico explicativo: supone una relación de causa y efecto entre la información introducida en el sistema y la información que resulta de éste.	Pronósticos de corto y mediano plazos de los productos y servicios existentes; estrategias de marketing, producción, contratación de personal y planeación de instalaciones	De bajo a medio	Usualmente
Regresión múltiple	Pronóstico explicativo: supone una relación de causa y efecto entre más de una información introducida en el sistema y la información que resulta de éste.	Pronósticos de corto y mediano plazos de los productos y servicios existentes; estrategias de marketing, producción, contratación de personal y planeación de instalaciones	De bajo a medio	Sí
Modelos de pronóstico de las series de tiempo				
Método de descomposición	Pronóstico explicativo: supone una relación de causa y efecto entre el tiempo y la información resultante del sistema; el sistema se descompone en sus elementos	Pronóstico de mediano plazo para una planta nueva y planeación del equipo, financiamiento, desarrollo de productos nuevos y métodos	De bajo a medio	Sí

		novedosos de ensamblaje; pronóstico de corto plazo para el personal; publicidad, inventario, financiamiento y planeación de la producción		
Promedios móviles	Para eliminar el factor aleatorio en la serie de tiempo, pronóstico basado en los datos de la serie de tiempo suavizados mediante un promedio móvil	Pronósticos de corto plazo para operaciones como inventario, programación, control, fijación de precios y coordinación de promociones especiales; se usa para calcular los componentes tanto cíclicos como estacionales del método de descomposición a corto plazo	Bajo	No
Suavizamiento exponencial	Similar a los promedios móviles pero con valores ponderados exponencialmente al dar mayor peso a las observaciones recientes	Pronósticos de corto plazo para operaciones como inventario, programación, control, fijación de precios y promociones especiales de temporada	Bajo	Sí
Modelos autorregresivo	Empleado con variables económicas para considerar las relaciones entre las observaciones adyacentes en una	Pronósticos de corto y mediano plazos para los datos económicos ordenados en una serie de	Medio	Sí

	serie de tiempo	tiempo: precios, inventarios, producción, almacenamiento y ventas		
Técnicas Box-Jenkins	No supone un patrón especial en los datos históricos de la serie que se pronosticará; utiliza un método iterativo para identificar y ajustar un modelo útil a partir de una clase general de modelos	Pronósticos de corto y mediano plazos para los datos económicos ordenados en una serie de tiempo: precios, inventarios, producción, almacenamiento y ventas	Elevado	Sí
Redes neuronales	Utiliza equipo sofisticado de cómputo para asimilar los datos relevantes y reconocer los patrones por medio del “aprendizaje” como lo hacen las personas	Su uso ésta en aumento en una variedad de aplicaciones de pronóstico; está en fase de desarrollo	Elevado	Sí

Anexo 3.- Modelos de inventarios

Modelos de compra con faltantes o con pedidos pendientes permitidos.

Este modelo funciona de manera similar al modelo de compra sin faltante. La diferencia está, en que ahora es necesario introducir dos nuevos costos. El primero es el costo del déficit o pedido pendiente, que se denotara como Cd. Este costo está expresado en colones por unidad por tiempo, normalmente en colones por unidad por año, y es el costo en que se incurre durante el período en que se no se tiene existencias disponibles.

El segundo es el costo por ventas perdidas, que se origina cuando se le dice a un cliente que no hay existencias disponibles para surtirle el pedido, por lo que se pierde este cliente, dado que no se espera y recurre a la competencia para surtir su pedido. Este costo se denotará como Cvp, y está expresado en colones por unidad.

En el diagrama 3.4, se muestra el funcionamiento de un sistema de inventario de compra con faltante permitido.

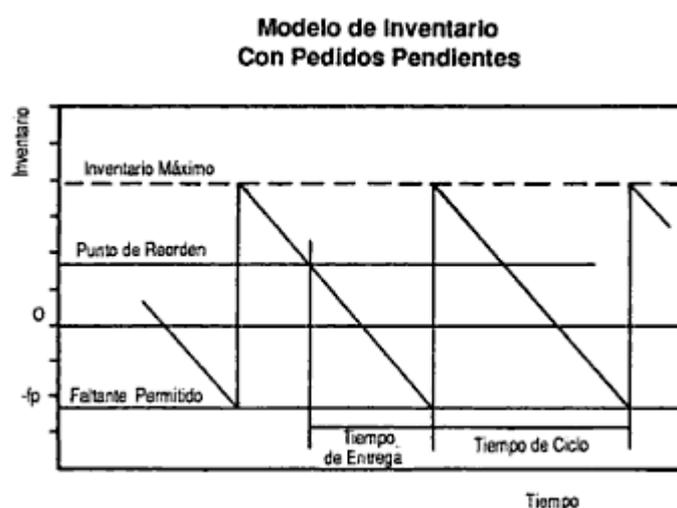


Diagrama 3.3.- Modelo de Inventario con pedidos pendientes

La ecuación matemática para el costo total de mantener este sistema de inventarios está dada por:

$$CTA = Cpd * \frac{D}{Q} + \frac{C_i * (Q - f_p)^2}{2 * Q} + \frac{(2 * Cvp * D * fp + Cp * fp^2)}{2 * Q} + Cu * D$$

Donde fp denota el máximo faltante permitido por el sistema de inventarios. Así se obtiene:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * Cpd * D}{Ci} - \frac{(Cvp * D)^2}{Ci(Ci + Cd)}} \sqrt{\frac{Ci + Cd}{Cd}}$$

$$fp = \frac{Ci * Q^* - (Cvp * D)}{Ci + Cd}$$

Modelos de producción con faltantes o con pedidos pendientes permitidos.

El funcionamiento de este sistema de inventario es el siguiente: el usuario del inventario hace un pedido, pero se le dice que “No hay existencias disponibles”. Sin embargo, el usuario se espera hasta que las existencias estén disponibles, es decir hasta que se produzcan, quedando el pedido pendiente de surtir. Una vez que el inventario se haya producido, se entrega el pedido.

En el diagrama 3.4 se ilustra este modelo de inventario

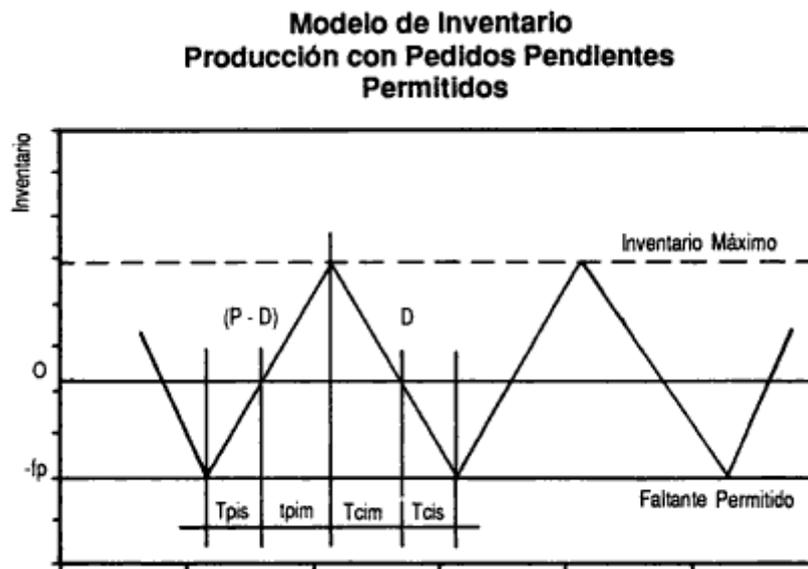


Diagrama 3.4.- Modelo de Inventario de producción con pedidos pendientes permitidos

La información que este modelo de inventario proporciona es la siguiente:

- Im: Inventario Máximo Óptimo
- Q*: Lote Óptimo de Producción
- fp*: Faltante Óptimo Permitido
- tpim: Tiempo óptimo para producir el inventario máximo
- tcim: Tiempo óptimo para consumir el inventario máximo
- tpis: Tiempo óptimo para producir el inventario de seguridad
- tcis: Tiempo óptimo para consumir el inventario de seguridad

- tp: Tiempo durante el cual hay producción
- CTA* Costo Total Anual Mínimo

Las siguientes formulas determinan los valores para cada uno de los rubros anteriormente anunciados:

$$I_m = Q^* * (1 - D/p) - fp^*$$

donde P: es la tasa anual de producción

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * Cdp * D}{Ci * (1 - D/p)} - \frac{(Cvp * D)^2}{Ci * (Ci + Cd)}} \sqrt{\frac{Ci + Cd}{Cd}}$$

$$fp^* = \frac{\{Ci * Q^* - (Cvp * D)\} * (1 - D/p)}{Ci + Cd}$$

$$t_{pim} = \frac{I_m}{(P - D)}$$

$$t_{cim} = \frac{I_n}{D}$$

$$t_{pis} = \frac{fp^*}{(P - D)}$$

$$t_{cis} = \frac{In^*}{D}$$

$$tp = t_{pim} + t_{pis}$$

$$tp = Q/p$$

$$CAT^* = \frac{Cp * D}{Q^*} + \frac{Ci * \{Q^* (1 - D/p) - fp^*\}^2}{2 * Q^* * (1 - D/p)} + \frac{(Cd * fp^* * 2)}{2 * Q^* * (1 - D/p)} + \frac{Cvp * D * fp^*}{Q^*} + Cu * D$$

Anexo 4.- Datos históricos de Producción

Ordenes de Pedido Materia Prima “Lamina” correspondiente al segundo semestre del 2011

Mes	Cantidad
Junio	2069
Julio	7964
Agosto	2107
Septiembre	2017
Octubre	1741
Noviembre	5312
Diciembre	1674

Ordenes de Pedido Materia Prima “Alambre” correspondiente al segundo semestre del 2011

Mes	Cantidad
Junio	529.55
Julio	920.35
Agosto	734.27
Septiembre	720.05
Octubre	629.79
Noviembre	777.00
Diciembre	843.52

Anexo 5.- Datos recolectados de los diferentes procesos

Lamina

Etapa	Tiempo	Cantidad de equipo
Troquelado	67 por minuto	4
Pulido	10000 piezas cada hora	4
Acabado	3000 cada 2 horas	3
Ensamblado	17 por minuto	5
Empacado	10000 piezas cada 20 minutos	2
Almacén	10000 piezas cada 5 minutos	1

Iteración	Troquelado	Ensamblado	Empacado
1	67	18	1018
2	66	19	957
3	66	18	1060
4	68	19	1005
5	65	17	1069
6	68	18	998
7	68	16	1007
8	65	17	1073
9	66	18	987
10	69	18	1057
11	65	16	1007

12	70	16	1030
13	65	19	992
14	67	16	1002
15	69	18	1095
16	65	19	1031
17	69	19	975
18	66	19	1012
19	66	18	999
20	66	16	1035
21	66	16	980
22	69	19	1100
23	68	16	1075
24	66	16	964
25	70	16	1081
26	67	19	1090
27	69	17	1013
28	67	17	1028
29	65	19	958
30	67	18	1061
31	69	18	1037
32	69	18	1024
33	70	17	1098
34	68	18	1059
35	67	16	1036

36	69	16	968
37	67	19	1055
38	68	19	1023
39	69	18	1082
40	70	17	990
41	66	17	965
42	66	18	1049
43	69	19	988
44	69	19	999
45	68	16	993
46	68	18	952
47	68	18	1020
48	70	19	1018
49	65	16	1034
50	68	17	1082

Alambre

Etapa	Tiempo	Cantidad de equipo
Formado	75 por minuto	2
Pulido	5000 piezas cada hora	4
Acabado	3000 cada 2 horas	3
Ensamblado	17 por minuto	5
Empacado	6500 piezas cada 20 minutos	2
Almacén	8000 piezas cada 5	1

	minutos	
--	---------	--

Iteración	Formado	Ensamblado	Empacado
1	72	18	6616
2	76	17	6908
3	76	18	6638
4	75	16	6579
5	72	16	6925
6	73	17	6963
7	73	18	6485
8	75	16	6391
9	72	16	6271
10	76	16	6718
11	73	16	6890
12	74	16	6352
13	72	16	6901
14	76	16	6456
15	76	16	6159
16	74	16	6719
17	73	18	6637
18	73	18	6958
19	73	18	6453
20	76	17	6682
21	74	18	6942

22	76	16	6122
23	73	18	6361
24	74	16	6692
25	74	17	6840
26	73	17	6893
27	75	16	6678
28	74	18	6725
29	74	16	6192
30	75	17	6918
31	74	17	6823
32	74	17	6385
33	74	17	6442
34	75	18	6094
35	72	16	6684
36	75	18	6828
37	75	18	6097
38	73	18	6416
39	76	18	6012
40	75	17	6923
41	72	17	6805
42	76	18	6687
43	74	17	6631
44	72	16	6348
45	72	18	6344

46	74	18	6130
47	75	16	6120
48	74	17	6791
49	72	16	6648
50	75	18	6918

Metal fundido

Etapa	Tiempo	Cantidad de equipo
Fundición	15 por minuto	2
Pulido	3000 piezas cada hora	4
Acabado	3000 cada 3.5 horas	3
Inspección	4000 cada hora	1
Ensamblado	17 por minuto	5
Empacado	4500 piezas cada 20 minutos	2
Almacén	4000 piezas cada 5 minutos	1

Iteración	Fundición	Ensamblado	Empacado
1	17	16	4552
2	17	15	4445
3	16	16	4531
4	18	15	4400
5	17	15	4437
6	15	17	4519

7	18	15	4485
8	15	17	4568
9	15	16	4427
10	16	17	4469
11	14	15	4587
12	14	16	4455
13	17	17	4519
14	15	17	4432
15	14	17	4584
16	18	17	4403
17	16	16	4477
18	15	15	4591
19	15	16	4441
20	18	17	4586
21	16	15	4487
22	17	17	4550
23	15	16	4504
24	18	16	4577
25	18	17	4426
26	16	16	4497
27	15	16	4501
28	15	16	4417
29	15	16	4517
30	14	16	4418

31	18	17	4513
32	17	16	4477
33	17	17	4472
34	18	17	4487
35	14	15	4504
36	14	17	4588
37	16	16	4600
38	15	15	4437
39	18	17	4413
40	15	15	4407
41	15	15	4435
42	18	16	4576
43	14	17	4592
44	15	15	4593
45	18	15	4564
46	17	15	4410
47	17	16	4505
48	15	15	4501
49	16	16	4459
50	17	15	4589

Anexo 6.- Clasificación de inventarios

Materia prima

Para estos se propone utilizar la clasificación α - β - δ debido a que presentan un alto valor económico, así como son de mucha importancia para el proceso productivo.

Los pasos para desarrollar esta clasificación son:

PASO 1: Determina el valor total de cada material.

Articulo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200
Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500
Aceite	L	\$20.00	5	\$100
Grasa	L	\$15.00	3	\$45
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500

PASO 2: Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto, con respecto al valor total invertido.

Valor total invertido: \$155,720

Articulo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	0.63
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	0.24

Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	0.05
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.0006
Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.0003
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.0003
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	0.07
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.0005
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.003

PASO 3: Ordenar la tabla de datos con respecto al valor del inventario, expresado en porcentaje. La columna de porcentaje debe de estar ordenada en forma descendente.

Articulo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	63
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	24
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	7
Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	5
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.3
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.06
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.05
Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.03
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.03

Para hacer la clasificación A-B-C se siguen las siguientes reglas:

- Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es menor o igual a 85%

se clasifican como A

- Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es mayor que 85%, pero menor o igual a 95% se clasifican como B
- Los restantes se clasifican como C

Articulo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje	Clase ABC
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	63	A
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	24	A
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	7	B
Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	5	C
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.3	C
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.06	C
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.05	C
Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.03	C
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.03	C

PASO 4: para realizar la clasificación 1-2-3 se siguen los siguientes pasos:

- En la clase 1 se clasifican todos los materiales que son de mucha importancia para el proceso.
- En la clase 2 se clasifican los materiales de poca importancia para el proceso
- En la clase 3 se encuentran los materiales sin importancia para el proceso

De acuerdo a la tabla de materiales presentada, la clasificación quedaría:

Articulo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje	Clase ABC	Clase 123
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	63	A	1
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	24	A	1

Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	7	B	1
Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	5	C	1
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.3	C	2
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.06	C	2
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.05	C	3
Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.03	C	2
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.03	C	3

PASO 5: Combinando los dos anteriores criterios se origina la clasificación α - β - δ en el cual su criterio de clasificación se expresa en la siguiente tabla:

	Clasificación			
Clasificación		A	B	C
	1	α	α	α
	2	α	β	β
	3	α	β	δ

De acuerdo a este criterio nuestra tabla quedaría:

Artículo	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	Porcentaje	Clase ABC	Clase 123	Clase $\alpha\beta\delta$
Lamina	Kg	\$19.80	5000	\$99,000	63	A	1	α
Alambre	Kg	\$18.60	2000	\$37,200	24	A	1	α
Químicos (acabado)	L	\$75.00	150	\$11,250	7	B	1	α
Zamac	Kg	\$25.00	300	\$7,500	5	C	1	α
Aceros	Kg	\$50.00	10	\$500	0.3	C	2	β
Aceite	L	\$20.00	5	\$100	0.06	C	2	β
Brocas	Pzas	\$5.00	15	\$75	0.05	C	3	δ

Grasa	L	\$15.00	3	\$45	0.03	C	2	β
Tornillos	Pzas	\$1.00	50	\$50	0.03	C	3	δ

Producto terminado

Para estos se propone utilizar la clasificación A-B-C debido a que estos artículos son de gran importancia en el proceso y tienen un alto valor económico, pero no son críticos para este.

Los pasos para desarrollar esta clasificación son:

PASO 1: Determina el valor total de cada material.

Artículo	Tipo de material	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total
75-25	Lamina	Millar	\$195.00	800	\$156,000
2 casas 30	Lamina	Millar	\$350.00	20	\$7,000
2 casas 38	Lamina	Millar	\$500.00	5	\$2,500
2 casas 30 gruesa	Lamina	Millar	\$460.00	5	\$2,300
2 casas 38 gruesa	Lamina	Millar	\$600.00	5	\$3,000
75-19	Lamina	Millar	\$195.00	50	\$9,750
R-3825	Lamina	Millar	\$380.00	5	\$1,900
R-38	Lamina	Millar	\$600.00	2	\$1,200
Flor 1" S/G	Lamina	Millar	\$380.00	30	\$11,400
Flor 1"	Lamina	Millar	\$400.00	20	\$8,000
Reguilete	Lamina	Millar	\$400.00	10	\$4,000
Corazón	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000
Fresa	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000
Flor 1 ¼"	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950

Grapa chica	Lamina	Millar	\$764.00	20	\$15,280
Grapa mediana	Lamina	Millar	\$910.00	20	\$18,200
Grapa grande	Lamina	Millar	\$1400.00	20	\$28,000
Corona 38	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950
Corona 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900
Charra 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900
Cuadro 22	Alambre	Millar	\$240.00	30	\$7,200
Cuadro 25	Alambre	Millar	\$250.00	15	\$3,750
Cuadro 32	Alambre	Millar	\$380.00	10	\$3,800
Rodillo 22	Alambre	Millar	\$400.00	5	\$2,000
Rodillo 25	Alambre	Millar	\$420.00	5	\$2,100
Rodillo 32	Alambre	Millar	\$550.00	10	\$5,500
½ Luna 22	Alambre	Millar	\$240.00	15	\$3,600
½ Luna 25	Alambre	Millar	\$260.00	2	\$520
Argolla 13	Alambre	Millar	\$70.00	20	\$1,400
Argolla 16	Alambre	Millar	\$90.00	15	\$1,350
½ Argolla 13	Alambre	Millar	\$50.00	15	\$750
½ Argolla 16	Alambre	Millar	\$70.00	15	\$1,050
Botón Estrella Mágica	Lamina	Millar	\$150.00	40	\$6,000
Botón Ferlug	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500

Botón Ferluchito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500
Botón jeans	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000
Botón jeans cerrado	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500
Botón Yaircito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500
Botón Polito	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000
Botón Kikitos	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000
Botón Estrellitas	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500
Botón Vaquero	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500
Botoncito	Lamina	Millar	\$140.00	30	\$4,200
Remache chiche	Lamina	Millar	\$80.00	40	\$3,200
Poste Aluminio	Alambre	Millar	\$25.00	15	\$375
Ojillo 11Z	Lamina	Millar	\$23.00	400	\$9,200

PASO 2: Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto, con respecto al valor total invertido.

Valor total invertido: \$364,225

Articulo	Tipo de material	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	% valor
75-25	Lamina	Millar	\$195.00	800	\$156,000	42.83
2 casas 30	Lamina	Millar	\$350.00	20	\$7,000	1.92

2 casas 38	Lamina	Millar	\$500.00	5	\$2,500	0.69
2 casas 30 gruesa	Lamina	Millar	\$460.00	5	\$2,300	0.63
2 casas 38 gruesa	Lamina	Millar	\$600.00	5	\$3,000	0.82
75-19	Lamina	Millar	\$195.00	50	\$9,750	2.68
R-3825	Lamina	Millar	\$380.00	5	\$1,900	0.52
R-38	Lamina	Millar	\$600.00	2	\$1,200	0.33
Flor 1" S/G	Lamina	Millar	\$380.00	30	\$11,400	3.13
Flor 1"	Lamina	Millar	\$400.00	20	\$8,000	2.20
Reguilete	Lamina	Millar	\$400.00	10	\$4,000	1.10
Corazón	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Fresa	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Flor 1 ¼"	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54
Grapa chica	Lamina	Millar	\$764.00	20	\$15,280	4.20
Grapa mediana	Lamina	Millar	\$910.00	20	\$18,200	5.00
Grapa grande	Lamina	Millar	\$1400.00	20	\$28,000	7.69
Corona 38	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54
Corona 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
Charra 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
Cuadro 22	Alambre	Millar	\$240.00	30	\$7,200	1.98
Cuadro 25	Alambre	Millar	\$250.00	15	\$3,750	1.03
Cuadro 32	Alambre	Millar	\$380.00	10	\$3,800	1.04

Rodillo 22	Alambre	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Rodillo 25	Alambre	Millar	\$420.00	5	\$2,100	0.58
Rodillo 32	Alambre	Millar	\$550.00	10	\$5,500	1.51
½ Luna 22	Alambre	Millar	\$240.00	15	\$3,600	0.99
½ Luna 25	Alambre	Millar	\$260.00	2	\$520	0.14
Argolla 13	Alambre	Millar	\$70.00	20	\$1,400	0.38
Argolla 16	Alambre	Millar	\$90.00	15	\$1,350	0.37
½ Argolla 13	Alambre	Millar	\$50.00	15	\$750	0.21
½ Argolla 16	Alambre	Millar	\$70.00	15	\$1,050	0.29
Botón Estrella Mágica	Lamina	Millar	\$150.00	40	\$6,000	1.65
Botón Ferlug	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Ferluchito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón jeans	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón jeans cerrado	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Botón Yaircito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Polito	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón Kikitos	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82

Botón Estrellitas	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Vaquero	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Botoncito	Lamina	Millar	\$140.00	30	\$4,200	1.15
Remache chiche	Lamina	Millar	\$80.00	40	\$3,200	0.88
Poste Aluminio	Alambre	Millar	\$25.00	15	\$375	0.10
Ojillo 11Z	Lamina	Millar	\$23.00	400	\$9,200	2.53

PASO 3: Ordenar la tabla de datos con respecto al valor del inventario, expresado en porcentaje. La columna de porcentaje debe de estar ordenada en forma descendente.

Articulo	Tipo de material	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	% valor
75-25	Lamina	Millar	\$195.00	800	\$156,000	42.83
Grapa grande	Lamina	Millar	\$1400.00	20	\$28,000	7.69
Grapa mediana	Lamina	Millar	\$910.00	20	\$18,200	5.00
Grapa chica	Lamina	Millar	\$764.00	20	\$15,280	4.20
Flor 1" S/G	Lamina	Millar	\$380.00	30	\$11,400	3.13
75-19	Lamina	Millar	\$195.00	50	\$9,750	2.68
Ojillo 11Z	Lamina	Millar	\$23.00	400	\$9,200	2.53
Flor 1"	Lamina	Millar	\$400.00	20	\$8,000	2.20
Cuadro 22	Alambre	Millar	\$240.00	30	\$7,200	1.98
2 casas 30	Lamina	Millar	\$350.00	20	\$7,000	1.92

Botón Estrella Mágica	Lamina	Millar	\$150.00	40	\$6,000	1.65
Rodillo 32	Alambre	Millar	\$550.00	10	\$5,500	1.51
Botón Ferlug	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Yaircito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Estrellitas	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Ferluchito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botoncito	Lamina	Millar	\$140.00	30	\$4,200	1.15
Reguilete	Lamina	Millar	\$400.00	10	\$4,000	1.10
Cuadro 32	Alambre	Millar	\$380.00	10	\$3,800	1.04
Cuadro 25	Alambre	Millar	\$250.00	15	\$3,750	1.03
½ Luna 22	Alambre	Millar	\$240.00	15	\$3,600	0.99
Remache chiche	Lamina	Millar	\$80.00	40	\$3,200	0.88
Botón Polito	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón Kikitos	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón jeans	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
2 casas 38 gruesa	Lamina	Millar	\$600.00	5	\$3,000	0.82
2 casas 38	Lamina	Millar	\$500.00	5	\$2,500	0.69
2 casas 30	Lamina	Millar	\$460.00	5	\$2,300	0.63

gruesa						
Rodillo 25	Alambre	Millar	\$420.00	5	\$2,100	0.58
Corazón	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Fresa	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Rodillo 22	Alambre	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Flor 1 ¼"	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54
Corona 38	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54
R-3825	Lamina	Millar	\$380.00	5	\$1,900	0.52
Botón jeans cerrado	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Botón Vaquero	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Argolla 13	Alambre	Millar	\$70.00	20	\$1,400	0.38
Argolla 16	Alambre	Millar	\$90.00	15	\$1,350	0.37
R-38	Lamina	Millar	\$600.00	2	\$1,200	0.33
½ Argolla 16	Alambre	Millar	\$70.00	15	\$1,050	0.29
Corona 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
Charra 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
½ Argolla 13	Alambre	Millar	\$50.00	15	\$750	0.21
½ Luna 25	Alambre	Millar	\$260.00	2	\$520	0.14
Poste Aluminio	Alambre	Millar	\$25.00	15	\$375	0.10

Para hacer la clasificación A-B-C se siguen las siguientes reglas:

- Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es menor o igual a 80% se clasifican como A
- Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es mayor que 80%, pero menor o igual a 95% se clasifican como B
- Los restantes se clasifican como C

Artículo	Tipo de material	Unidad	Precio unitario	Demanda	Valor total	% valor
75-25	Lamina	Millar	\$195.00	800	\$156,000	42.83
Grapa grande	Lamina	Millar	\$1400.00	20	\$28,000	7.69
Grapa mediana	Lamina	Millar	\$910.00	20	\$18,200	5.00
Grapa chica	Lamina	Millar	\$764.00	20	\$15,280	4.20
Flor 1" S/G	Lamina	Millar	\$380.00	30	\$11,400	3.13
75-19	Lamina	Millar	\$195.00	50	\$9,750	2.68
Ojillo 11Z	Lamina	Millar	\$23.00	400	\$9,200	2.53
Flor 1"	Lamina	Millar	\$400.00	20	\$8,000	2.20
Cuadro 22	Alambre	Millar	\$240.00	30	\$7,200	1.98
2 casas 30	Lamina	Millar	\$350.00	20	\$7,000	1.92
Botón Estrella Mágica	Lamina	Millar	\$150.00	40	\$6,000	1.65
Rodillo 32	Alambre	Millar	\$550.00	10	\$5,500	1.51
Botón Ferlug	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Yaircito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24

Botón Estrellitas	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botón Ferluchito	Lamina	Millar	\$150.00	30	\$4,500	1.24
Botoncito	Lamina	Millar	\$140.00	30	\$4,200	1.15
Reguilete	Lamina	Millar	\$400.00	10	\$4,000	1.10
Cuadro 32	Alambre	Millar	\$380.00	10	\$3,800	1.04
Cuadro 25	Alambre	Millar	\$250.00	15	\$3,750	1.03
½ Luna 22	Alambre	Millar	\$240.00	15	\$3,600	0.99
Remache chiche	Lamina	Millar	\$80.00	40	\$3,200	0.88
Botón Polito	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón Kikitos	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
Botón jeans	Lamina	Millar	\$150.00	20	\$3,000	0.82
2 casas 38 gruesa	Lamina	Millar	\$600.00	5	\$3,000	0.82
2 casas 38	Lamina	Millar	\$500.00	5	\$2,500	0.69
2 casas 30 gruesa	Lamina	Millar	\$460.00	5	\$2,300	0.63
Rodillo 25	Alambre	Millar	\$420.00	5	\$2,100	0.58
Corazón	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Fresa	Lamina	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Rodillo 22	Alambre	Millar	\$400.00	5	\$2,000	0.55
Flor 1 ¼"	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54
Corona 38	Lamina	Millar	\$650.00	3	\$1,950	0.54

R-3825	Lamina	Millar	\$380.00	5	\$1,900	0.52
Botón jeans cerrado	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Botón Vaquero	Lamina	Millar	\$150.00	10	\$1,500	0.41
Argolla 13	Alambre	Millar	\$70.00	20	\$1,400	0.38
Argolla 16	Alambre	Millar	\$90.00	15	\$1,350	0.37
R-38	Lamina	Millar	\$600.00	2	\$1,200	0.33
½ Argolla 16	Alambre	Millar	\$70.00	15	\$1,050	0.29
Corona 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
Charra 30	Lamina	Millar	\$450.00	2	\$900	0.25
½ Argolla 13	Alambre	Millar	\$50.00	15	\$750	0.21
½ Luna 25	Alambre	Millar	\$260.00	2	\$520	0.14
Poste Aluminio	Alambre	Millar	\$25.00	15	\$375	0.10