



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADO EN
LA PROGRAMACION LINEAL EN UNA INDUSTRIA DE
FABRICACIÓN DE CAJAS DE SEGURIDAD**

Miguel Antonio Ortiz Berger

Asesorado por el Ingeniero William Abel Antonio Aguilar Vásquez

Guatemala, marzo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADO EN
LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN UNA INDUSTRIA DE
FABRICACIÓN DE CAJAS DE SEGURIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MIGUEL ANTONIO ORTÍZ BERGER

ASESORADO POR EL ING. WILLIAM ABEL ANTONIO AGUILAR VÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2007

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establecen la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADO EN LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE CAJAS DE SEGURIDAD,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha julio de 2006

Miguel Antonio Ortiz Berger

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Mendez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS NUESTRO SEÑOR	Quien todo lo hace posible.
NUESTRA MADRE	La Virgen María.
MI ESPOSA	Rossana Odette Bonilla De La Cruz De Ortíz.
MIS PADRES	Miguel Antonio Ortíz Saenz De Tejada y Marylise Berger Andreu De Ortíz.
MIS HERMANOS	Maria Elisa, Mario Fernando, Carlos René y Luis Pedro.
MI ABUELITA	Elvira Saenz De Tejada De Ortíz (Q.E.P.D.)
MIS SOBRINOS	José Fernando, María Andrea, Carlos Eduardo, Beatriz, Luis Diego, Paola, Virginia, Gabriela, José Pablo.
MIS TÍOS	Mario Roberto González (Q.E.P.D.) y Patricia Ortíz De González.
MIS PRIMOS	Mario, Juan Carlos y Alejandro.
LA FAMILIA	Bonilla De La Cruz, en especial Thelma De La Cruz De Bonilla (Q.E.P.D.)
MIS SOBRINOS POLÍTICOS	
LA FACULTAD DE INGENIERÍA	
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
MI PATRIA GUATEMALA	

AGRADECIMIENTOS A:

- ASESOR** William Abel Aguilar Vázquez
Por la asesoría
- AL INGENIERO** Jose Roberto Betancourt Lara
Por permitirme hacer el trabajo de graduación
en la fábrica de cajas de seguridad.
- MIS PAPAS** Miguel Ortíz y Marylise de Ortíz
Por creer en mí y apoyarme en los momentos difíciles.
- MI ABUELITA** Elvira de Ortíz (Q.E.P.D.)
Por sus consejos y ayuda incondicional.
- MI ESPOSA** Rossana Odette Bonilla De Ortíz
Por apoyo y paciencia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	
1.1 Generalidades de la empresa	1
1.1.1 Antecedentes históricos	1
1.1.2 Productos manufacturados	2
1.1.2.1 Cajas de seguridad	2
1.1.2.2 Puertas de seguridad	3
1.1.2.3 Ventanas blindadas	3
1.1.2.4 Archivos de seguridad	3
1.1.2.5 Cofres de seguridad	4
1.1.3 Posicionamiento en el mercado	5
1.2 Proceso de extracción del acero	6
1.3 Producción de acero	6
1.3.1 Materia prima	6
1.3.2 Hornos para la conversión de arrabio	7
1.3.2.1 Horno de oxígeno básico	7
1.3.2.2 Horno eléctrico	7
1.3.2.3 Horno de hogar abierto	8
1.3.2.4 Horno de cubilote	8

1.4	Aspectos generales del proceso de producción de lámina y de perfiles de acero	9
1.4.1	Laminado en caliente	9
1.4.2	Laminado en frío	9
1.5	Descripción de una caja de seguridad	10
1.6	Capacidad de producción	11
1.6.1	Capacidad de operación	12
1.6.2	Medida de la capacidad de producción	13
1.6.3	Capacidad instalada de producción	13
1.7	Programación lineal de la capacidad de producción	14
1.8	Método simplex	16
1.8.1	Función objetivo	17
1.8.2	Restricciones	17
1.8.3	Variables de holgura	18
1.8.4	Variables básicas	18
1.8.5	Variables no básicas	15
1.8.6	Solución del modelo	16

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

2.1	Localización de la planta	21
2.2	Descripción del edificio	21
2.2.1	Techos	22
2.2.2	Iluminación	23
2.2.3	Piso	24
2.2.4	Paredes	25
2.2.5	Ventilación	26
2.3	Herramienta y equipo	27
2.3.1	Descripción de herramienta	27
2.3.2	Descripción de equipo	29
2.4	Distribución de la planta	31

2.5	Fases del proceso de producción de cajas de seguridad	33
2.5.1	Fase de trazado	33
2.5.2	Fase de corte y dobléz de lámina	33
2.5.3	Fase de ensamble	34
2.5.4	Fase de acabados y pintura	34
2.5.5	Fase de armado	35
2.5.6	Fase de empaque	35
2.6	Producción actual de cajas de seguridad	35
2.6.1	Producción estándar	36
2.6.2	Producción de equipo bajo pedido	37
2.7	Diagrama de operación	38

3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE SATISFAGA LA DEMANDA DE CAJAS DE SEGURIDAD

3.1	Análisis de las necesidades de capacidad requerida	51
3.1.1	Demanda	51
3.1.1.1	Demanda de la empresa	52
3.1.1.2	Demanda del mercado	52
3.1.1.2.1	Competencia	52
3.1.1.2.2	Productos sustitutos	53
3.2	Pronóstico de venta	53
3.2.1	Definición de pronóstico	54
3.2.2	Objetivo del pronóstico	54
3.2.3	Tipo de pronóstico	54
3.3	Evaluación del pronóstico de cajas de seguridad	55
3.4	Capacidad de producción de cajas de seguridad	71
3.5	Comparación entre ventas y capacidad de producción	74
3.6	Propuesta de alternativas para modificar la capacidad de producción	75

3.6.1	Jornada ordinaria diurna con horas extras	76
3.6.2	Dos jornadas de trabajo sin horas extras	78
3.6.3	Aumento de personal de producción	81
3.6.4	Introducción de nueva tecnología	82
4.	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL SOBRE LA BASE DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	
4.1	Programación lineal de la capacidad de producción de la	85
4.1.1	Creación del modelo de programación lineal	85
4.1.2	Planteo y solución del modelo de programación lineal	86
4.1.2.1	Planteamiento	87
4.1.2.2	Función objetivo	87
4.1.2.3	Restricciones	88
4.1.2.4	Modelo de programación lineal	90
4.2	Programación lineal entera	93
4.3	Costo de mano de obra directa para una producción óptima	94
4.3.1	Fase de trazado	95
4.3.2	Fase de corte y dobleces de lámina	95
4.3.3	Fase de ensamble	96
4.3.4	Fase de acabados y pintura	96
4.3.5	Fase de armado	97
4.3.6	Fase de empaque	97
4.4	Utilidad neta	98
4.5	Investigación de operaciones en las fases de producción	99
4.6	Evaluación de la capacidad de producción instalada con pronóstico de ventas de cajas de seguridad	101
4.6.1	Pronóstico de ventas de cajas de seguridad de enero a diciembre	101

4.6.2	Capacidad de producción de cajas de seguridad de enero a diciembre	102
4.6.3	Nivel de <i>stock</i>	104
4.6.4	Nivel de <i>stock</i> de cajas de seguridad de enero a diciembre	104
4.7	Evaluación técnica financiera y económica de las opciones	107
4.8	Análisis de alternativas propuestas	114
4.8.1	Jornada ordinaria diurna con horas extras	114
4.8.1.1	Ventajas	115
4.8.1.2	Desventajas	115
4.8.2	Dos jornadas de trabajo sin horas extras	115
4.8.2.1	Ventajas	115
4.8.2.2	Desventajas	116
4.8.3	Aumento de personal de producción	116
4.8.3.1	Ventajas	116
4.8.3.2	Desventajas	117
4.8.4	Introducción de nueva tecnología	118
4.8.4.1	Ventajas	118
4.8.4.2	Desventajas	119
4.9	Selección de la alternativa adecuada	119
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	
5.1	Seguimiento	121
5.1.1	Formatos de control	121
5.1.1.1	Tarjeta de producción	121
5.1.1.2	Hoja de producción	123
5.1.1.3	Hoja de comparación	125
5.1.1.3.1	Producción real	125
5.1.1.3.2	Pronóstico de producción	125
5.1.1.3.3	Diferencias	126

5.1.2	Evaluación del desempeño	127
5.1.2.1	Hoja personal por operario	127
5.2	Mejora continua	128
5.2.1	Actualizar el consumo de materia prima cada tres meses	129
5.2.2	Evaluar diferencia entre el pronóstico de producción y la producción real cada tres meses	129
5.2.3	Evaluar el desempeño de cada fase del proceso cada seis meses	130
CONCLUSIONES		131
RECOMENDACIONES		133
BIBLIOGRAFÍA		135
APÉNDICE		137
ANEXO		149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Cajas de seguridad	2
2	Archivos de seguridad	4
3	Cofres de seguridad	5
4	Diagrama	10
5	Vista exterior del edificio de la planta de producción	22
6	Techo de la planta de producción	23
7	Iluminación de la planta de producción	24
8	Piso	25
9	Vista de la ventilación natural de la planta de producción	26
10	Máquina para doblar lámina	29
11	Soldadora MIG	30
12	Compresor	30
13	Plano de la planta de producción	32
14	Diagrama de operaciones de la caja 90SS	39
15	Diagrama de operaciones de la caja 39SS	43
16	Flujograma del proceso	47
17	Curva de ventas caja de seguridad modelo 90SS	57
18	Curva de ventas caja de seguridad modelo 39SS	57
19	Pronóstico de riesgo de cajas de seguridad modelo 90SS	70
20	Pronóstico de riesgo de cajas de seguridad modelo 39SS	70
21	Tarjeta de producción	122
22	Hoja de producción	124
23	Formato de hoja de comparación	126
24	Hoja personal por operario	128

TABLAS

I	Herramienta básica para un operario	28
II	Diferentes modelos de cajas de seguridad estándar	36
III	Ventas reales de cajas de seguridad	56
IV	Pronóstico con el método de la línea recta	59
V	Pronóstico con el método geométrico	60
VI	Pronóstico con el método semilogarítmico exponencial	61
VII	Pronóstico con el método logarítmico inverso	61
VIII	Pronóstico con el método hiperbólico	62
IX	Pronóstico con el método hiperbólico inverso	63
X	Pronóstico con el método logarítmico	64
XI	Pronóstico con el método logaritmo exponencial	64
XII	Pronóstico con el método mínimos cuadrados	65
XIII	Pronóstico con el método semilogarítmico	66
XIV	Pronóstico con el método cíclico	67
XV	Pronóstico con el método Combinado	69
XVI	Pronóstico de riesgo para los primeros 6 meses de 2006	69
XVII	Horas disponibles para la producción de cajas de seguridad	72
XVIII	Horas requeridas para producir una unidad cajas de seguridad modelo 39SS y 90SS	72
XIX	Horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad modelo 39SS	73
XX	Horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad modelo 90SS	73
XXI	Total de horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad modelo 39SS y 90SS	74
XXII	Tabla de comparación de las horas requeridas y la capacidad de producción	75

XXIII	Número de horas extras disponibles	76
XXIV	Horas extras utilizadas	77
XXV	Número de horas disponibles en la segunda jornada	78
XXVI	Número de horas no utilizadas en la segunda jornada	79
XXVII	Costo de mano de obra en cada fase del proceso	86
XXVIII	Requerimiento de tiempo de producción	88
XXIX	Horas efectivas de trabajo	89
XXX	Tiempo total en horas de producción , para maximizar la utilidad	99
XXXI	Horas de holgura	100
XXXII	Proyección de ventas de enero a diciembre de 2006	102
XXXIII	Nivel de <i>Stock</i> en unidades de caja de seguridad 39SS	104
XXXIV	Nivel de <i>Stock</i> en unidades de caja de seguridad 90SS	105
XXXV	Diferencia entre el costo por hora extra y el costo por hora ordinaria	108
XXXVI	Costo adicional, al implementar el uso de horas extras	109
XXXVII	Diferencia entre el costo por hora en la jornada ordinaria mixta y el costo por hora en la jornada ordinaria diurna	110
XXXVIII	Costo adicional , al implementar la segunda jornada mixta	111
XXXIX	Costo incurrido al aumentar el personal de producción	112
XXXX	Costo incurrido al implantar el uso de nueva tecnología	113

GLOSARIO

Algoritmo	Secuencia ordenada de pasos para solucionar un problema.
Arrabio	Material que se obtiene al fundir el mineral de hierro en un alto horno.
Blindado	Material recubierto con blindaje, o protegido exteriormente con un material resistente a los impactos de bala.
Bóveda	Construcción especial construida con materiales blindados, que se utiliza para almacenar valores.
Caliza	Roca formada en su totalidad, o en su mayor parte, por carbonatos de cal.
Capacidad instalada	Es la capacidad potencial de una empresa, en función de la mano de obra y maquinaria, traducida en unidades de producción.
Coque	Material que se usa como combustible en un horno para fundir el mineral de hierro.
Competencia	Es el conjunto de empresas que ofrecen productos similares o sustitutos para satisfacer una necesidad.
Costos	Es la erogación de dinero hecha esperando una remuneración.

Demanda	Conjunto de productos que los consumidores estan dispuestos a adquirir.
Diagrama	Es la representación gráfica de un procedimiento, utilizado para solucionar un problema.
Estándar	Es la fabricación siguiendo un patrón determinado en dimensiones y calidad.
Jornada extraordinaria	Horas trabajadas adicionalmente a las contempladas en la jornada ordinaria.
Jornada ordinaria	Horas trabajadas dentro de la jornada establecida en el código de trabajo de la republica de Guatemala.
Holgura	Anchura, amplitud o sobrante de una cosa, en el presente trabajo se refiere a sobrante de horas hombre.
Inventario	Es la cantidad almacenada de materia prima y productos terminados, que se utilizan para satisfacer la demanda del consumidor.
Maximizar	Por medio de un modelo se planifica la cantidad de productos a fabricar para obtener el máximo de beneficio o ingresos.
Materia prima	Bienes empleados en la producción de otros productos, que es económicamente viable medirlos como unidad de consumo.

Modelo	Expresión matemática por medio de la que estudia un problema o una situación de la vida real.
Planeación	Todas aquellas actividades que tienen como objeto el desarrollo de un curso de acción y sirven de guía en el proceso de toma de decisiones.
Programación	Secuencia de eventos sobre una escala de tiempo.
Pronóstico	Es La proyección de las ventas de un producto, que se espera producir o vender durante un periodo de tiempo.
Pronóstico de evaluación	Es un proceso de estimación de ventas a futuro, proyectando datos del pasado.
Pronóstico de riesgo	Serie de datos obtenidos al aplicar el método de pronóstico con el menor error acumulado, a un historial de ventas.
Proyección de ventas	Serie de datos, para un periodo, por medio del cual se planifica y programa la producción.
Oferta	Cantidad de productos disponibles para vender a un precio determinado.
Restricciones	Sistema de inecuaciones del modelo de programación lineal , se asocia con recursos productivos limitados, tales como maquinaria, operarios, jornadas de trabajo, materia prima y productos en proceso.

Stock	Nivel de inventario que determina la mejor utilización.
Utilidad	Margen económico que produce un artículo al ser vendido.
Utilidad bruta	Margen económico que produce un artículo al ser vendido, tomando en cuenta sólo el costo de producción.
Utilidad neta	Margen económico que produce un artículo al ser vendido, tomando en cuenta el costo de producción, los gastos de venta y administrativos, es común nombrarla como la utilidad antes de pagar impuestos.

RESUMEN

La fabricación de cajas de seguridad en Guatemala es relativamente reciente, pues éstas se han importado de otros países. Debido a que la necesidad de utilizar las a aumentado considerablemente, se desarrolla una industria que se dedica a fabricar cajas de seguridad, de diferentes tamaños. Este estudio se limita a los modelos con más demanda en la actualidad: la caja de seguridad modelo 90SS de tamaño mediano y la caja de seguridad modelo 39SS para uso residencial y pequeños negocios.

Una caja de seguridad es un mueble blindado que permite almacenar de manera segura, documentos y valores, es manufacturada a partir de láminas de acero roladas en caliente, soldadas, y materiales cerámicos resistentes al calor.

El proceso de producción de cajas de seguridad, actualmente es por lotes y bajo pedido, éste se subdivide en seis fases.

La capacidad instalada, ya no es suficiente para producir las unidades requeridas por el mercado, por lo que se realizó un estudio tomando en cuenta el pronóstico de venta para el año 2006, con esta información, se presentan y analizan cuatro alternativas que permiten aumentar la capacidad instalada, siendo la primera la implementación de horas extras, con lo que a corto plazo se pueden producir las unidades requeridas; sin embargo a largo plazo no es suficiente, por lo que se considera la alternativa de implementar dos jornadas de trabajo, teniendo el inconveniente de que la mano de obra para este proceso es altamente calificada, requiriendo capacitación y entrenamiento, por ser un proceso semi artesanal.

La alternativa de implementar nueva tecnología, permite aumentar considerablemente la producción por operario; asimismo, se plantea la posibilidad de diseñar un nuevo proceso, que no requiera mano de obra calificada en todas sus fases.

Se creó un modelo de programación lineal, usando el método simplex ; así, se determinó la cantidad de cajas de seguridad modelo 39SS y 90SS, que hay que producir para obtener una utilidad máxima, con la capacidad instalada actual.

Se proponen formatos de control y de seguimiento del proceso propuesto, con el objetivo de evaluar y monitorear su evolución, proponiendo la mejora continua del proceso.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer un sistema de producción basado en la programación lineal en una industria de fabricación de cajas de seguridad.

ESPECÍFICOS

1. Conocer el proceso de producción de cajas de seguridad.
2. Evaluar la situación actual de la planta de producción de cajas de seguridad.
3. Determinar la cantidad óptima de cajas de seguridad a manufacturar para maximizar los ingresos de la fábrica.
4. Determinar la capacidad instalada actual de la planta de producción.
5. Estimar las necesidades de capacidad futura, por medio de la demanda actual y la proyección de ventas de cajas de seguridad en la fábrica.
6. Realizar un estudio técnico financiero de las opciones que permitan cubrir las necesidades de capacidad futura.
7. Realizar un plan de seguimiento y mejora continua del proceso de producción de cajas de seguridad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se ha hecho necesaria la planificación de las operaciones a corto, mediano y largo plazo en la industria de Guatemala, esto es muy importante ya que por la globalización se compite con empresas de todo el mundo, que ofrecen sus productos en el mercado nacional. En nuestro medio muchas empresas no planifican, por lo que toman decisiones sobre la marcha cuando se presenta un pedido, esto, algunas veces, ocasiona costos y gastos que se podrían evitar. Además genera atraso en las fechas de entrega; esto se puede corregir usando las técnicas y métodos de planificación adecuados, que permitan programar la producción, maximizar los ingresos, y optimizar los recursos con los que se cuenta.

Al usar el método simplex de programación lineal se planifica la cantidad de productos que permiten maximizar los ingresos de una empresa. La capacidad instalada en una empresa, se refiere a los recursos que permiten transformar la materia prima en productos terminados.

Conocer el comportamiento de la demanda permite planificar la producción en el presente y en el futuro, por lo que es muy importante aplicar métodos que permitan pronosticar el volumen de ventas esperado.

La capacidad de producción se modifica por medio de opciones, lo que permiten cumplir con las fechas de entrega; una opción a corto plazo se propone cuando la capacidad de producción es insuficiente, se mantiene constante o es restringida, de esta manera se incrementan los recursos de producción.

Las opciones se evalúan para cuantificar la inversión económica necesaria para implementar los cambios propuestos. Cuando se evalúan las opciones se debe identificar la más factible; esto es, la que permita optimizar los recursos productivos, y lograr su implementación.

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Generalidades de la empresa

Esta empresa está enfocada al suministro de cajas de seguridad, equipos blindados y aparatos electrónicos, utilizados por el sistema bancario de Guatemala. Es pionera en la fabricación de equipos blindados, siendo la más antigua e importante de las compañías que actualmente se dedican a manufacturar estos equipos, es reconocida en El Salvador, Honduras y Nicaragua.

1.1.1 Antecedentes históricos

En junio de mil novecientos cuarenta y tres el fundador de la empresa ve una oportunidad en la oferta de artículos de oficina, por lo que inicia un negocio enfocado al suministro de éstos. Al principio funcionó como una papelería, más tarde se establece como representante de compañías suecas dedicadas a la fabricación de sumadoras y máquinas registradoras. En mil novecientos cincuenta y tres distribuye cajas de seguridad, de una prestigiosa marca norte americana, lo que le sirve de experiencia para que en el año de mil novecientos ochenta y seis inicia la fabricación de cajas de seguridad y equipos blindados.

Las cajas de seguridad tal las conocemos actualmente, se comenzaron a fabricar en el siglo diecinueve, y han sufrido pocos cambios.

1.1.2 Productos manufacturados

Se manufacturan cajas de seguridad de una puerta, desde 0.39 m de alto , que es un modelo adecuado para residencias y negocios pequeños , hasta cajas de 1500 lib. con 1.80 m de alto utilizadas por instituciones bancarias; puertas de bóveda que pesan 1200 lib. , que se utilizan en las agencias grandes de los bancos; ventanas blindadas para garita y para atención al público; archivos de seguridad que brindan protección contra la violencia , pero cuya función principal es proteger los documentos contra el fuego; y , cofres de seguridad para empotrar en el suelo o en la pared.

1.1.2.1 Cajas de seguridad

Éstas se fabrican para resistir al fuego y a la violencia, existen de una y de dos puertas, además se hay variedad de tamaños y pesos. (ver figura 1)

Figura 1. Cajas de seguridad



Fuente: catálogo de la fábrica

1.1.2.2 Puertas de bóveda

Son fabricadas, principalmente para las agencias bancarias; protegen contra la violencia y contra el fuego, son más resistentes que las cajas de seguridad. Éstas pueden ser fabricadas en acero inoxidable, su peso varía de media tonelada hasta ocho toneladas, las que pesan más de una tonelada se importan de Estados Unidos, pues no se cuenta en Guatemala con la tecnología para fabricarlas.

1.1.2.3 Ventanas blindadas

Éstas tienen dos componentes: el marco y el vidrio blindado. El vidrio blindado es una combinación de poli carbonato y vidrio laminado que puede ser de cuatro diferentes clases, puede soportar impactos con proyectiles de armas cortas (clase 1) hasta de fusiles militares (clase 4). El marco puede ser fabricado en acero pintado o en acero inoxidable.

1.1.2.4 Archivo de seguridad

Son similares a los archivos utilizados normalmente, con un blindaje que los protege de la violencia y del fuego, se fabrican con cuatro gavetas, tres gavetas y dos gavetas (ver figura 2). Cuentan con las mismas características de las cajas de seguridad, tienen rodos para moverlos en la oficina.

Figura 2. Archivos de seguridad



Fuente: catálogo de la fábrica

1.1.2.5 Cofres de seguridad

Los cofres de seguridad se caracterizan por ofrecer una alta protección a la violencia, pero muy poca protección al fuego. Éstos se pueden fabricar para sobreponer y para empotrar en el piso o pared. (ver figura 3) , también se fabrican para instalar en vehículos de reparto soldados al chasis . Su tamaño varia de 0.30 m hasta 1.00 m de altura, dependiendo de las necesidades del cliente, sus sistema de sierre cuenta con una chapa de llave de alta seguridad con llaves especiales que no se pueden copiar .

Figura 3. Cofres de seguridad



Fuente: catálogo de la fábrica

1.1.3 Posicionamiento en el mercado

La compañía es líder en estos momentos de las empresas dedicadas a la fabricación y distribución de equipos de seguridad, esto debido a que cuenta con producción local, lo cual permite al cliente realizar pedidos de equipo estándar o realizar variaciones del mismo, sin afectar el periodo de entrega. Además se encarga de otorgar mantenimiento preventivo y correctivo de equipo propio y extranjero, debido al alto nivel de calificación de su mano de obra. Por lo que se estima que en porcentajes de clientes posee el 90% de la banca a nivel nacional y un 25% del mercado centroamericano, esto a pesar de tener una fuerte competencia con equipo importado, principalmente de origen Chino.

Por otra parte, posee la representación de compañías Comco Systems y American Vault, que fabrican equipos para autobancos y puertas para bóveda.

1.2 Proceso de extracción del acero

El acero no es un mineral que se encuentra puro en la corteza terrestre, éste se elabora con hierro reducido con monóxido de carbono. El hierro representa el 5% de la corteza terrestre, pero en las minas ricas en este metal la proporción es de hasta el 50 %. El mineral de hierro se extrae por medios mecánicos se separa de la ganga o tierra inservible, quedando listo para su reducción y transformación a hierro y acero.

1.3 Producción de acero

El proceso inicia en el alto horno, para cargar el mineral, el coque y la caliza, se emplean vagonetas especiales que vuelcan en la parte superior del horno. El coque es utilizado como combustible y además contribuye en la reducción del mineral. La piedra caliza se combina con la ganga del mineral y la ceniza del coque, que sirve para formar escoria de baja fusión que es muy fácil de eliminar, el producto terminado del alto horno es el arrabio, que todavía no es acero.

1.3.1 Materia prima

La materia prima principal para alimentar un horno es: el arrabio líquido, chatarra de acero y caliza. En Guatemala existe una planta de transformación de chatarra, donde se producen lingotes de acero a partir de chatarra, la chatarra se utiliza pues es más económica que el arrabio.

1.3.2 Hornos para la conversión de arrabio

Existen diferentes tipos de horno para procesar el arrabio o la chatarra, entre los más utilizados se tienen los hornos de oxígeno básico, los hornos eléctricos, los de hogar abierto y los de cubilote, cada uno es utilizado de acuerdo a las posibilidades de la planta de transformación,.

1.3.2.1 Horno de oxígeno básico

Éste produce acero de alta calidad, pues utiliza directamente el oxígeno en la fabricación del hierro y el acero. Se cargan en el horno la chatarra, el arrabio líquido y los materiales formadores de escoria, después se hace pasar una corriente de oxígeno por encima de la superficie del baño. La mayoría de impurezas se oxidan directamente, mientras otras se eliminan por medio de la escoria reactiva que en este proceso se forma rápidamente. Es considerado como el sistema más eficiente para la producción de acero de alta calidad. Este horno fue inventado por Sir Henry Bessemer a mediados de 1800.

1.3.2.2 Horno eléctrico

Éste produce acero de alta calidad, éstos funcionan exponiendo el arrabio líquido, la chatarra y la caliza a un arco eléctrico, el uso de la energía eléctrica permite un control adecuado de la temperatura. Éstos tienen capacidad de hasta cien toneladas. El alto costo de operación de estos hornos limita su aplicación a la fabricación de aceros de alta calidad y aceros de alta aleación que no pueden ser fabricados en los otros tipos de horno.

1.3.2.3 Horno de hogar abierto

Es uno de los hornos más populares en los procesos de producción del acero. Un horno de este tipo puede contener entre 10 y 540 toneladas de metal en su interior. Tiene un fondo poco profundo y la flama da directamente sobre la carga, por lo que es considerado como un horno de reverbero. Su combustible puede ser gas, brea o petróleo, por lo regular estos hornos tienen chimeneas laterales las que además de expulsar los gases sirven para calentar el aire y el combustible, por lo que se consideran como hornos regenerativos.

1.3.2.4 Horno de cubilote

Equipos muy económicos y de poco mantenimiento, se utilizan para hacer fundición de hierros colados. Consisten en un tubo de más de 4 metros de longitud y pueden tener desde 0.8 m a 1.4 m de diámetro, se cargan por la parte superior con camas de chatarra de hierro, coque y piedra caliza. Para la combustión del coque se inyecta aire con unos ventiladores de alta presión, éste accede al interior por unas toberas ubicadas en la parte inferior del horno.

Los hornos de cubilote pueden producir colados de hasta 20 toneladas cada tres horas. Este tipo de equipo es muy parecido al alto horno, sólo sus dimensiones disminuyen notablemente. El mayor problema de estos hornos es que el equipo para el control de emisiones contaminantes es más costoso que el propio horno, por lo que ya casi no se utiliza.

1.4 Aspectos generales del proceso de producción de lámina y de perfiles de acero

El proceso más eficiente para producir lámina y perfiles, es el laminado o rolado, que consiste en hacer pasar el lingote de acero a través de un juego de rodillos para disminuir su espesor, estirarlo y aumentar su superficie. Este proceso se efectúa desde el siglo diecinueve con la invención de tren de laminado. Éste puede ser en caliente o en frío, dependiendo lo que se quiere como producto terminado.

1.4.1 Laminado en caliente

Por laminado o rolado en caliente se entiende el proceso por el cual el metal se calienta en el grado suficiente para que alcance una condición plástica y trabajable. Los perfiles y láminas utilizados en la fabricación de cajas fuertes son elaborados a través de este procedimiento.

Este proceso es más económico que el rolado en frío, ya que al estar el material caliente y en condición plástica es más fácil rolarlo, requiere un tren de laminado con menor potencia. La desventaja es que las láminas y perfiles obtenidos tienen una baja precisión en forma y en medidas.

1.4.2 Laminado en frío

Por laminado o rolado en frío se entiende el proceso en el cual el metal se calienta pero no al grado que alcance una condición plástica. La lámina de

acero inoxidable utilizada en partes de las cajas de seguridad, es rolada por este procedimiento.

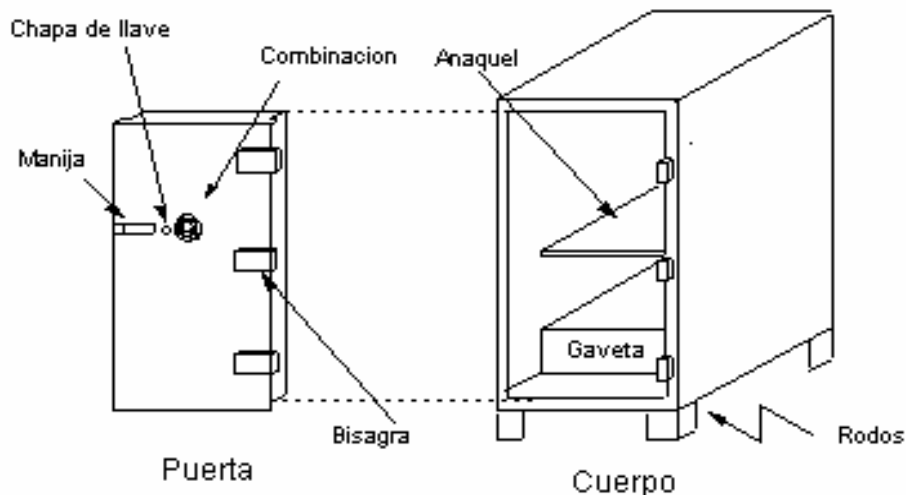
Este proceso es más caro que el rolado en caliente, requiere un tren de laminado con mucha potencia. La ventaja es que las láminas obtenidas tienen una alta precisión en forma y en medidas.

1.5 Descripción de una caja de seguridad

Una caja de seguridad, se puede definir como un mueble que es utilizado para almacenar dinero en efectivo, joyas y papeles importantes. Existen diferentes diseños y tamaños, dependiendo del uso que se le quiera dar.

Éstas tienen dos componentes claramente distinguibles, siendo éstos la puerta y el cuerpo, algunas tienen rodos y otras patas de metal, que sirven para fijarlas al piso.

Figura 4. Diagrama



Fuente: El autor

El cuerpo de la caja es una cajuela de acero rolado en caliente, compuesta por una combinación de materiales, la parte externa es de lámina de acero con un espesor de 1.6 mm en las cajas de menor resistencia, hasta las de máxima seguridad, que pueden tener una lámina de acero de 25 mm, luego sigue una fundición de material cerámico de 600 mm de espesor, que es una mezcla de cemento refractario y arcilla refractaria, reforzada con una armadura de hierro angular de 317 mm por 317 mm por 3.2 mm de espesor, la parte interior es de lámina de 1.6 mm. dentro del cuerpo hay una gaveta con chapa de llave y un anaquel en las cajas más pequeñas, hasta seis en las cajas más grandes, éstos se pueden remover de la caja si fuera necesario.

La hoja de la puerta integrada por una lámina de 3.2 mm en las de menor resistencia hasta 250 mm en las más resistentes, luego sigue una fundición de material cerámico de 600 mm de espesor, que es una mezcla de cemento refractario y arcilla refractaria, reforzada con una armadura de hierro angular de 500 mm por 500 mm por 3.2 mm de espesor, tapando esta con lámina de 3.2

mm , luego el área de mecanismo de cierre que incluye una chapa de combinación cambiable y una chapa de llave, estas activan pasadores de acero inoxidable de 25 mm de diámetro, en el área de chapas hay un blindaje de lámina de acero con un alto porcentaje de manganeso, que la protege contra las perforaciones con herramientas de corte.

1.6 Capacidad de producción

Capacidad es la tasa máxima de producción de la que dispone una organización o también es la conversión de las operaciones en un proceso productivo que involucra el concepto en los parámetros donde se conciben las operaciones. En algunas situaciones no se logra obtener una medida real de la capacidad de producción debido a la variación que se tiene diariamente, tales como: los operarios se retrasan en llegar al lugar de trabajo y se ausentan en ocasiones, se programan las vacaciones del personal, los equipos fallan por desperfectos mecánicos, se atrasa la fecha de entrega de la materia prima, se requiere suspender el trabajo para realizar cambios en una línea de producción, las condiciones ambientales también influyen, así como la falta de servicios públicos y muchas veces aunque se trate del problema menos importante éste afecta la producción; precisamente debido a éstas incertidumbres y variaciones se tiene como resultado que la verdadera capacidad varía eventualmente.

Todas estas situaciones se consideran y se deben tomar las medidas correctivas para los estimativos que se hagan de la capacidad. Puede verse entonces que la capacidad de una instalación se mide en términos precisos. Dentro de un proceso productivo se toman en cuenta las jornadas de trabajo de los operarios y las horas en que se utiliza la maquinaria. Un aspecto muy importante dentro de estos factores es cuantificar el porcentaje de utilidad que genera el proceso productivo para medir la rentabilidad de la inversión.

1.6.1 Capacidad de operación

Es el volumen o la cantidad de unidades que se producen en un periodo determinado de tiempo, además son todos los recursos disponibles en un proceso de producción. Entre los diferentes procedimientos dentro del sistema de producción existen diferencias de conceptos, por lo que el término de capacidad instalada se define tomando en cuenta los niveles de actividad en la producción.

1.6.2 Medida de la capacidad de producción

La capacidad de producción se mide por el número de horas –maquina disponibles, el número de hora-hombre disponibles en cada fase del proceso. En el caso actual se usa una jornada ordinaria diurna, por lo que en la fase de trazado hay 58 horas-hombre, para la fase de corte y dobléz 58 horas-hombre, en la fase de ensamble 698 horas-hombre, en la fase de acabados y pintura se tienen 348 horas-hombre, en la fase de armado 58 horas-hombre y en la fase de empaque 58 horas-hombre.

1.6.3 Capacidad instalada de producción

Es la capacidad de producción máxima, menos las interrupciones ordinarias de las operaciones. La capacidad instalada representa la utilización de los recursos e insumos productivos sin tomar en cuenta la demanda de los productos. Hay que tomar en cuenta las interrupciones en las operaciones

como: el tiempo perdido en las reparaciones y en el mantenimiento preventivo de la maquinaria, los materiales defectuosos, atraso en la entrega de materia prima por parte de los proveedores, cambios en los pedidos de producción, y ausencias no previstas de los operarios.

La capacidad instalada se basa en la utilización planificada de los recursos disponibles en el proceso, que permitan poder cumplir con las ventas para un periodo de tiempo. Estas proyecciones se obtienen a través de la correcta utilización de los métodos de pronósticos de venta.

1.7 Programación lineal de la capacidad de producción

En la capacidad instalada de producción se pueden presentar situaciones que hacen que los recursos de la empresa no se utilicen eficientemente, esto se da en los siguientes casos:

A) Capacidad instalada máxima

Se da cuando se planifica la producción, utilizando la capacidad instalada máxima, que considera que se trabaja todas las horas de la jornada sin interrupción, sin tomar en cuenta los posibles atrasos, por lo que si por cualquier motivo no se cumple a cabalidad el programa de producción, no se podrá cumplir con la demanda.

B) Capacidad instalada ociosa

Es la parte que no se utiliza del proceso productivo debido a la variación en la demanda de los productos que se manufacturan.

C) Capacidad instalada excedente

Se da cuando las proyecciones de ventas son significativamente menores que la capacidad de producción.

D) Capacidad instalada insuficiente

Se presenta cuando las proyecciones de ventas son significativamente mayores que la capacidad de producción.

Para minimizar las situaciones descritas, se hace uso de herramientas de programación lineal.

La importancia de la programación lineal en la solución de problemas de medición de la capacidad de producción, se basa específicamente en la solución que el método proporciona al problema en función de los resultados. Para estudiar un problema siguiendo las técnicas de programación lineal se deben de seguir los siguientes pasos.

- Definir las posibles soluciones
- Identificar las variables involucradas en el problema
- Definir el objetivo
- Identificar las variables que restringen el alcanzar el objetivo
- Desarrollar los cálculos matemáticos necesarios
- Analizar e interpretar los resultados
- Tomar la decisión

1er. consiste en proponer las posibles soluciones del problema a corto y a largo plazo.

2do. consiste en identificar todas las variables involucradas en el problema.

3ro. el objetivo resulta ser la maximización de los recursos disponibles o la minimización de los costos involucrados.

4to. consiste en considerar todas las restricciones que son los recursos limitados que poseemos para poner en práctica la opción.

5to. los cálculos matemáticos son las aplicaciones de modelos matemáticos, que permiten alcanzar el objetivo.

6to. la interpretación de los resultados consiste en evaluar la factibilidad de la opción que mejore el proceso productivo.

7mo. al interpretar correctamente los resultados se procede a tomar una decisión.

1.8 Método simplex

El método simplex es un método algebraico utilizado en programación lineal, como una herramienta que permite optimizar las actividades de un proceso de producción de tal forma que los recursos se asignen a las mismas de tal forma que se optimicen y se utilicen eficientemente.

Este método se basa en el método gráfico y por medio de un proceso algebraico se evalúan los puntos factibles de solución, considerando únicamente los extremos del espacio de soluciones. El algoritmo se inicia en el origen y se conoce como solución inicial, luego se toma un punto extremo adyacente que mejore el valor de la función objetivo; es decir, que proporcione un valor mayor si el caso es maximizar o uno menor, si es minimizar. Cuando se obtiene el punto óptimo, se detiene el proceso iterativo encontrando la solución.

- Modelo matemático

La forma estándar

Ecuación No. 1

Maximizar o minimizar $x_0 = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

Sujeto a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, o, \geq) b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, o, \geq) b_2$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$A_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, o, \geq) b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

1.8.1 Función objetivo

Establece el planteamiento de la situación en términos de una función matemática por medio de la cual se optimiza, ésta depende del tipo de variables que se examinen, ejemplo: producción y costos. En el presente estudio se plantea una función que compara el costo de los insumos en la producción de los dos modelos de caja de seguridad más vendidos por la empresa siendo el modelo 90SS y 39SS.

1.8.2 Restricciones

Es un sistema de inecuaciones del modelo que contiene los requerimientos y limitaciones en los recursos disponibles para cada unidad procesada. Por ejemplo: existencias de materia prima, las jornadas de trabajo, equipo y operarios, etc.

1.8.3 Variables de holgura

Para resolver un sistema de inecuaciones, antes hay que cambiarlo a un sistema de ecuaciones simultáneas, para lo cual se utilizan variables que permiten convertir las desigualdades en ecuaciones, pues una igualdad representa una línea recta y una desigualdad representa el área abajo o arriba de la línea, es decir nunca la toca, por lo que hay que sumar una variable si la desigualdad es menor o igual y restarle una variable si la desigualdad es mayor o igual, en el método simplex a estas se les denomina variables de holgura y se representan con la letra "S".

1.8.4 Variables básicas

Son las variables que determinan los puntos extremos factibles y, por consiguiente, generan una solución básica factible. Los puntos extremos

representan la intersección de las ecuaciones que identifican la frontera de cada una de las restricciones del modelo.

1.8.5 Variables no básicas

Son las variables que no determinan los puntos extremos y generalmente son iguales a cero, se denominan no básicas siempre que la solución sea única.

1.8.6 Solución del modelo

Paso 1: expresar el sistema en la forma estándar del programa lineal en formato de tabla.

Paso 2: elegir una solución factible básica inicial. Este paso involucra dos casos: primero si todas las variables restricciones del problema original son (\leq), las variables de holgura se utilizan para una solución de inicio. El segundo caso es si las restricciones en el problema original incluyen (\geq) o ($=$), se utilizan la técnica de variables artificiales.

Paso 3: generar nuevas soluciones básicas factibles utilizando las condiciones de optimidad y factibilidad hasta que se obtenga la solución óptima.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

2.1 Localización de la planta

Está localizada en el municipio de San Miguel Petapa , a diecisiete kilómetros de la ciudad de Guatemala y a diez kilómetros del centro del municipio.

Se localiza en un área donde están instaladas varias industrias que se dedican a la transformación del acero. Es muy fácil encontrar herreros y soldadores, que es la mano de obra calificada necesaria para fabricar cajas de seguridad y equipos blindados.

Para ubicar la planta no se efectuó ningún estudio con los métodos de localización, pues se aprovechó un terreno que pertenecía a la empresa para su construcción. Sin embargo en esta área se cuenta con todos los servicios necesarios, energía Eléctrica, agua potable, telecomunicaciones, y carreteras en buenas condiciones, que permiten que la operación sea eficiente.

2.2 Descripción de tipo de edificio

El edificio se puede clasificar como de segunda categoría, pues está construido de planchas de concreto prefabricadas, montadas en una estructura de acero, el techo es de lámina, tiene un área de ochocientos metros cuadrados, cuenta con 36 metros cuadrados para uso administrativo. Además cuenta con baños y vestidores adecuados para una planta de este tamaño.

Figura 5. Vista exterior del edificio de la planta de producción



Fuente: el autor

2.2.1 Techos

El techo de la planta de producción es de dos aguas con un caballete en el medio, permitiendo la circulación de aire, este es de lámina termo acústica recubierta con una material especial que limita el ingreso del calor generado por el sol en el día , y el frío en la noche, cada ocho metros se instalo una lámina transparente que permite el ingreso de la luz natural a la planta. Este tipo de lámina tiene la característica de absorber parte el ruido generado en el interior de la planta. La estructura del techo es de marcos de acero.

Figura 6. Techo de la planta de producción.



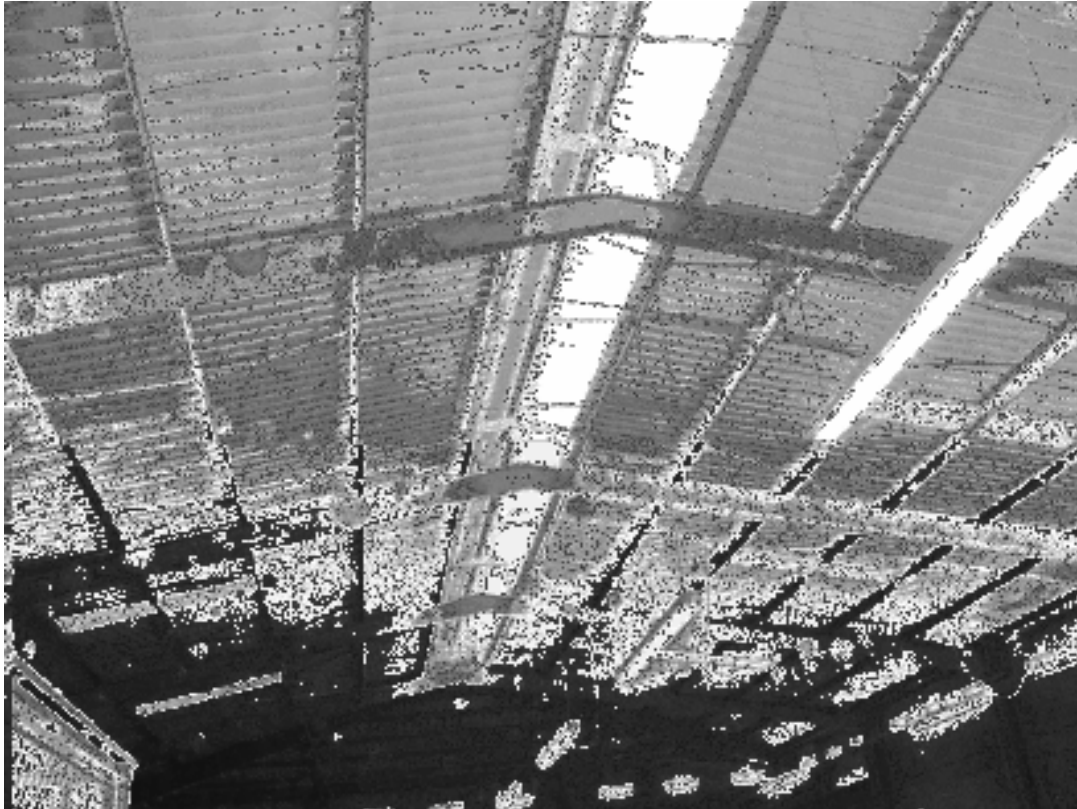
Fuente: el autor

2.2.2 Iluminación

Treinta y seis luminarias de dos lámparas fluorescentes de setenta y cinco watt con una separación de cuatro metros, a una altura de tres metros del piso de la planta, la distribución de las luminarias se diseñó para que cada puesto de trabajo tenga una iluminación adecuada a la operación que se realiza.

Estas luminarias no se encienden todo el tiempo, ya que con la luz natural se pueden efectuar en forma correcta la mayoría de las operaciones del proceso de fabricación de cajas de seguridad.

Figura 7. Iluminación de la planta de producción.



Fuente: el autor

2.2.3 Piso

El piso en la planta de producción y en el área administrativa es de cemento pulido. Este es fácil de limpiar, permite el manejo y traslado de las cajas de seguridad con rodillos, tiene señaladas con pintura especial para piso las diferentes áreas de trabajo, hay una área pintada de color blanco que se usa para tomar fotos a los productos especiales.

Figura 8. Piso.



Fuente : el autor

2.2.4 Paredes

Las paredes son de concreto prefabricado en planchas montadas en una estructura de acero, éstas están pintadas de dos colores, del nivel de piso a una altura de un metro con veinte centímetros de color gris claro, y de está altura al techo de color blanco. En éstas hay empotrados soportes especiales que permiten fijar las puertas de bóveda después de instalarles las bisagras, para verificar que habrán y cierran bien. Las paredes del área administrativa, bodega y baños son de ladrillo pintado de color blanco hueso, con zócalo color café.

Los tubos que protegen los cables de energía eléctrica que alimentan las estaciones de trabajo están sujetos a las paredes por medio de abrazaderas y tarugos expansivos.

2.2.5 Ventilación

Cuenta con ventilación natural a través de cuarenta ventanas de ochenta centímetros por cuarenta centímetros cada una distribuidas en todo el contorno de la planta a cuatro metros de altura, además tiene ventilación a través de un caballete en el centro de la estructura del techo.

La planta cuenta con dos puertas de cuatro metros de ancho por cinco metros de alto, que comunican a la planta con área carga y descarga, que siempre están abiertas proporcionando ventilación e iluminación adicional.

En la fachada exterior cuenta con una ventana de 1.20 m de alto por todo el ancho de la planta, con 0.30 m de alto de ventana que se pueden abrir para mejorar la ventilación natural.

Figura 9. Vista de ventilación natural de la planta de producción.



Fuente: el autor

2.3 Herramienta y equipo

Se utiliza herramienta de banco, y equipo eléctrico adecuado para este tipo de industria, La herramienta y el equipo que se usa es muy parecido al de los talleres de herrería y de enderezado y pintura, ya que las fases principales del proceso de producción incluyen trabajos similares al de herrería en el armado de las cajas, de enderezado y pintura en la fase de acabados; se utilizan herramientas de taller mecánico en la fase de armado de mecanismos y cerraduras de puertas de caja de seguridad.

2.3.1 Descripción de herramienta

Se usan herramientas eléctricas como taladros de mano y de pedestal, amoladoras para discos de cuatro y media pulgadas y de nueve pulgadas, cortadora de disco de catorce pulgadas, lijadoras de banda y orbitales.

El taladro de mano es utilizado por un solo operario, se utiliza para taladrar con brocas no mayores de tres octavos de pulgada de diámetro. El taladro de pedestal es mucho más potente y se utiliza para taladrar con brocas de hasta una pulgada de diámetro.

La amoladora para discos de cuatro y media pulgadas de diámetro se usa para desbastar cordones de soldadura relativamente pequeños. La amoladora que utiliza disco de nueve pulgadas se puede utilizar para desbastar soldadura o para cortar perfiles y lámina.

La cortadora de banco con disco de catorce pulgadas se utiliza en el corte de perfiles. Las lijadoras de banda y orbitales se utilizan para pulir láminas de acero inoxidable, y para rebajar másilla. Cada operario debe de contar con herramientas que le permitan llevar a cabo la parte del proceso que le corresponde, por lo que se le dota de la siguiente herramienta:

Tabla I. Herramienta básica para un operario

Descripción	Cantidad
Martillo de bola de una libra	1
Martillo de bola de dos libras	1
Alicate de electricista	1
Pinza de seis pulgadas	1
Alicate de presión	2
Sargento	1
Destornillador plano de doce pulgadas	1
Destornillador plano de seis pulgadas	1
Destornillador en cruz de seis pulgadas	1
Lima plana de diez pulgadas	1
Lima plana de seis pulgadas	1
Lima cuadrada de un cuarto de pulgada	1
Lima redonda de un cuarto de pulgada	1
Lima redonda de media pulgada	1
Lima redonda de tres cuartos de pulgada	1

Fuente: lista de herramienta por operario

2.3.2 Descripción de equipo

Se cuenta con una cortadora manual, con capacidad de cortar lámina 1.6 mm de espesor, una máquina para doblar lámina manual con capacidad de trabajar lámina de 1.6 mm de espesor por ocho pies de largo, una cortadora de plasma con capacidad de cortar lámina de un 6.4 mm de espesor, soldadoras de arco y de micro alambre protegido con una mezcla de argón y gas carbónico (CO₂), dos compresores de seis caballos de potencia con tanques de sesenta galones.

Figura 10. Máquina para doblar lámina



Fuente; el autor

Figura 11. Soldadura MIG



Fuente: el autor

Figura 12. Compresor



Fuente: el autor

2.4 Distribución de la planta

La planta está distribuida por áreas de trabajo, asignándole un espacio a cada fase del proceso, por lo que está dividida en área de bodega, de trazado corte y dobleces, de ensamble, de acabados y pintura, de armado y empaque.

En el área de bodega se almacena la materia prima, y está prohibida a los operarios, está limitada por un enrejado con malla, ocupando 56 metros cuadrados de la planta.

El área de trazado, corte y dobleces, cuenta con una mesa de trabajo de 2.44 metros por 1.22 metros, una dobladora de lámina de 3 metros de largo, y una cortadora de lámina. Ocupa un área 48 metros cuadrados.

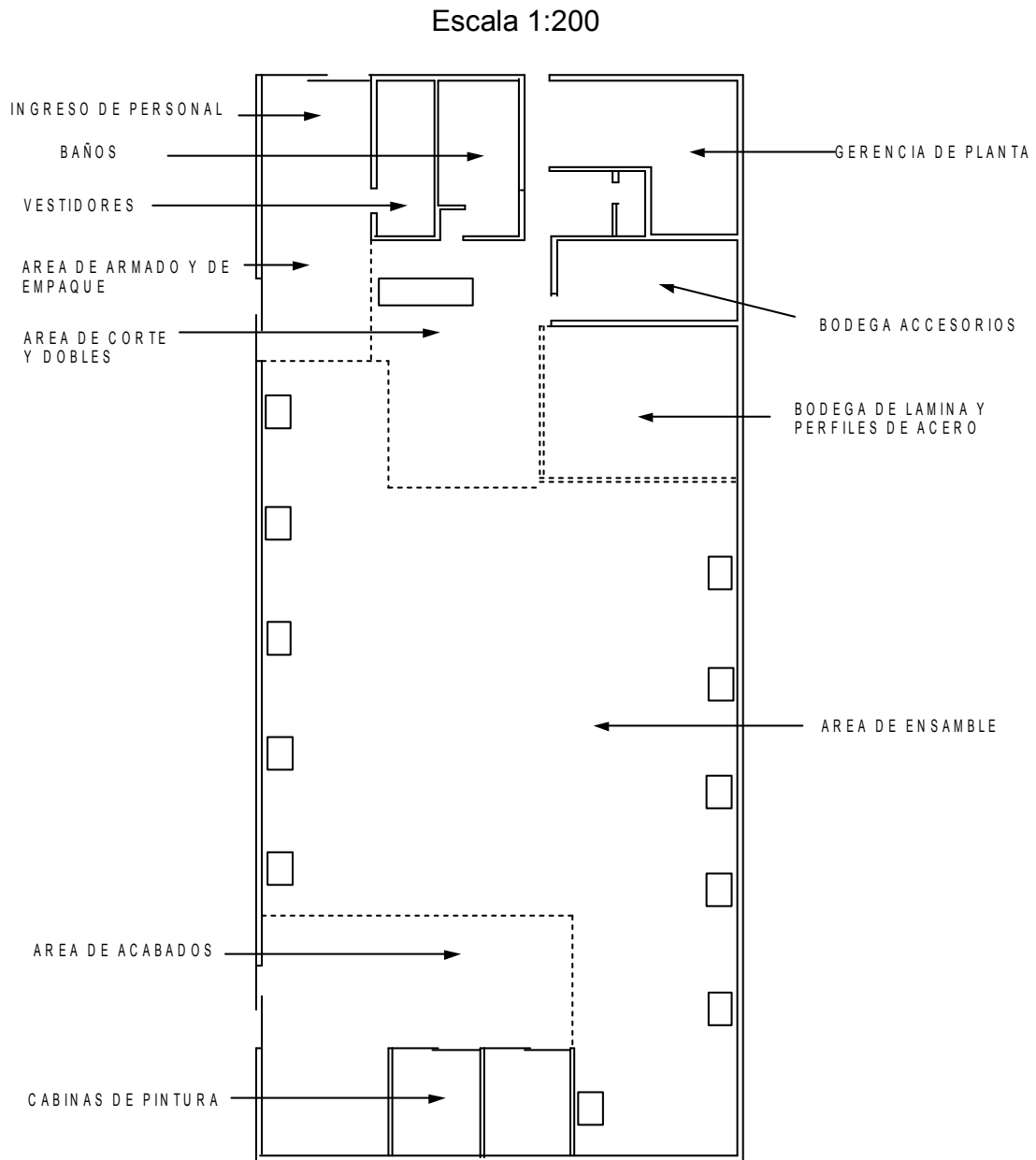
El área de ensamble ocupa 400 metros cuadrados, distribuidos en 12 bancos de trabajo.

El área de acabados ocupa un área de 100 metros cuadrados, además de contar con 2 cabinas de pintura, de 36 metros cuadrados cada una.

El área de empaque ocupa un área de 60 metros cuadrados.

Esta división de áreas es flexible, pues cuando se hace necesario se pueden realizar operaciones de diferentes fases en áreas utilizadas en otras partes del proceso. Esto se da más en las fases de trazado, corte y dobles con las fases de ensamble, armado y empaque.

Figura 13. Plano de la planta de producción



Fuente: el autor

2.5 Fases del proceso de producción de cajas de seguridad

El proceso de producción de cajas de seguridad está dividido en seis fases, que al entrelazarlas dan como resultado una caja de seguridad terminada. Cada fase del proceso se realiza en una estación de trabajo, en la que se realizan múltiples operaciones, que permiten transformar la materia prima en cajas de seguridad terminadas.

2.5.1 Fase de trazado

Es la fase que da inicio al proceso de producción, en este se marca sobre la lámina los cortes y los dobleces necesarios que darán forma a la caja de seguridad, para lo cual es necesario utilizar plantillas que poseen la forma y medida de la moldura adecuada del modelo de caja que se desea obtener.

2.5.2 Fase de corte y dobléz de lámina

Fase que sucede a la de trazado, en la cual luego de verificar la lámina marcada, se procede a cortarla con ayuda de la cizalla en donde deben seguirse estrictamente los trazos marcados, luego es trasladada a la maquina dobladora en donde adquieren su forma las molduras, siempre y cuando concuerden con el patrón del modelo deseado.

La operación de corte se efectúa en la planta de producción si la lámina es de un 1.6 mm de espesor, sin embargo, si el espesor de la lámina es igual o mayor a 3.2 mm, es trazada en la fabrica, pero enviada a cortar y doblar a talleres especializados.

2.5.3 Fase de ensamble

La primera operación de este proceso consiste en ensamblar el cuerpo interior y exterior de la caja utilizando refuerzos a través de una armadura de perfil de acero en forma de ángulo, formando una cajuela de dos pulgadas y media de espesor en cuyo interior se realiza una fundición con un mortero compuesto por cemento y asbesto (material refractario).

Para poder armar la puerta, hay que cortar la hoja de la misma en lámina de 3.2 mm que se realiza con discos de corte, para luego unirla a la moldura previamente doblada y así formar una cajuela que contendrá en su interior la misma combinación del material de fundición anteriormente descrito aunque en menor cantidad.

Se procede a unir ambas partes y formar la caja de seguridad, luego de este proceso el producto terminado es pulido para desbastar los excesos de soldadura.

2.5.4. Fase de acabados y pintura

Luego de supervisar que el correcto funcionamiento de la caja de seguridad, se traslada al departamento de pintura, en donde se procede a realizar una limpieza total de cada una de las partes que la conforman, esto con el fin de que al momento de colocar en la superficie másilla plástica que es utilizada para corregir pequeñas imperfecciones no se desprenda debido al óxido que pueda tener la lámina del cuerpo exterior.

Se procede a cubrir los puntos de soldadura y desbaste que tenga la caja de seguridad y a lijarla de tal manera que no se pierda la simetría del cuerpo exterior, se prepara para poder colocar la primera de las tres capas de pintura con otra limpieza general utilizando thinner para retirar de la superficie cualquier impureza, ya que de otra manera la pintura no tendrá el recubrimiento necesario para el acabado.

2.5.5. Fase de armado

Para poder realizar esta fase, es necesario que cada una de las piezas que forman el mecanismo de apertura de la puerta se encuentren debidamente ajustados, luego se coloca la chapa principal de la puerta para revisar que funcione con el mecanismo, al cerciorarse de su funcionamiento se realiza la instalación de la combinación (está preseleccionada por el cliente, cuando no es un producto estándar).

2.5.6 Fase de empaque

En esta fase se limpia, se revisa, se le colocan placas en aluminio con el logotipo de la marca, el modelo y número de serie. Luego se procede a empacarla con cartón y tela plástica, asegurándolo con fleje plástico.

2.6 Producción actual de cajas de seguridad

Actualmente se producen modelos de cajas de seguridad estándar y de medidas especiales, las más vendidas son las modelo 39SS y 90SS.

2.6.1 Producción estándar

Se producen diferentes tamaños de cajas de seguridad de una y de dos puertas, como se muestra en la tabla II. En la figura 16 se muestra el flujograma del proceso de fabricación de una caja de seguridad estándar .

Tabla II. Diferentes modelos de cajas de seguridad estándar

MODELO	MEDIDAS(m)			PESO (LBS)
	ALTO	ANCHO	FONDO	
39 SS	0.39	0.49	0.42	185
53 SS	0.53	0.49	0.45	265
68 SS	0.68	0.54	0.47	300
75 SS	0.75	0.55	0.50	340
90 SS	0.90	0.55	0.50	540
110 SS	1.10	0.58	0.57	600
130SS	1.30	0.58	0.57	680
150SS	1.40	0.70	0.74	950
180SS	1.50	0.75	0.61	1000

Fuente: catálogo de cajas de seguridad de la fabrica

2.6.2 Producción de equipo bajo pedido

Para poder mantener el lugar de vanguardia en el mercado, los clientes tienen la posibilidad de crear su propio modelo de equipo de seguridad que cumpla con la mayor parte de sus necesidades.

Estos productos llamados especiales pueden ser solicitados de tres maneras:

- a) **Modelo estándar:** el cliente pueden crear sus modelos modificando las características de los productos que están en el catálogo de equipos estándar, como: agregar divisiones fijas o móviles en el interior, disminuir o ampliar alguna medida de ancho, largo o profundidad sin afectar las otras, agregar puertas interiores o exteriores, etc.
- b) **Diseño solicitado por el cliente:** ya que algunas construcciones son supervisadas por profesionales en la rama de la construcción y seguridad, pueden requerir un equipo de seguridad bancario de acuerdo a su propio diseño, el cual es trasladado a la planta de fabricación con todas las especificaciones necesarias para su creación.
- c) **Diseño descrito:** si alguno de los modelos no satisface los requerimientos de los clientes y necesitan un equipo especial, se hace una visita técnica en donde se toman medidas y características del producto solicitado y se presenta un diseño que cumpla con lo requerido por el cliente.

2.7. Diagrama de operación

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso productivo o administrativo, desde que llega la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Su finalidad es analizar la secuencia de las operaciones; se utiliza para ejercer un control de las actividades y para identificar costos ocultos. A continuación se explican las partes de las que consta el diagrama.

Simbología

a) Círculo: identifica a las operaciones, que ocurren cuando la pieza en estudio se transforma intencionalmente.

b) Cuadrado: identifica una inspección, que ocurre cuando la pieza en estudio se somete a un estudio para determinar su conformidad con una norma estándar.

El diagrama de operaciones lleva un título escrito en la parte superior de la hoja que se este utilizando, a continuación se identifica si es un método actual o un método propuesto de trabajo. En este caso se analiza el diagrama de operaciones con el método actual, el proceso de producción de todos los modelos de cajas fabricadas por está empresa es el mismo, variando solo en el tiempo de cada operación. Se presenta el diagrama de operaciones de las cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS que son las más vendidas por la empresa.

Figura 14. Diagrama de operaciones caja 90ss

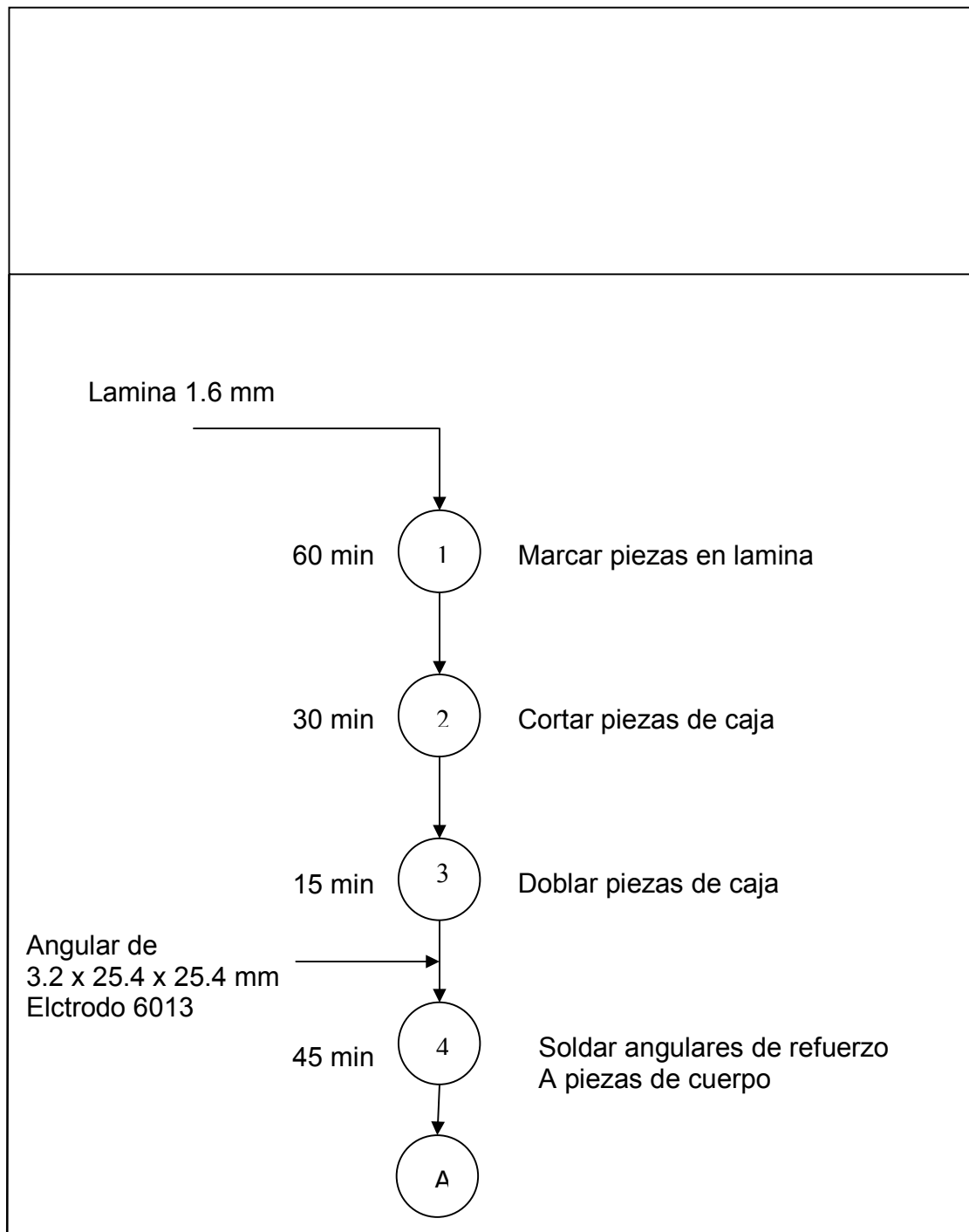


Diagrama de operaciones del proceso

Hoja 2

Producto: caja de seguridad 90SS

método: actual

El diagrama inicia en : trazo de lámina

El Diagrama finaliza en : colocación de empaque

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz

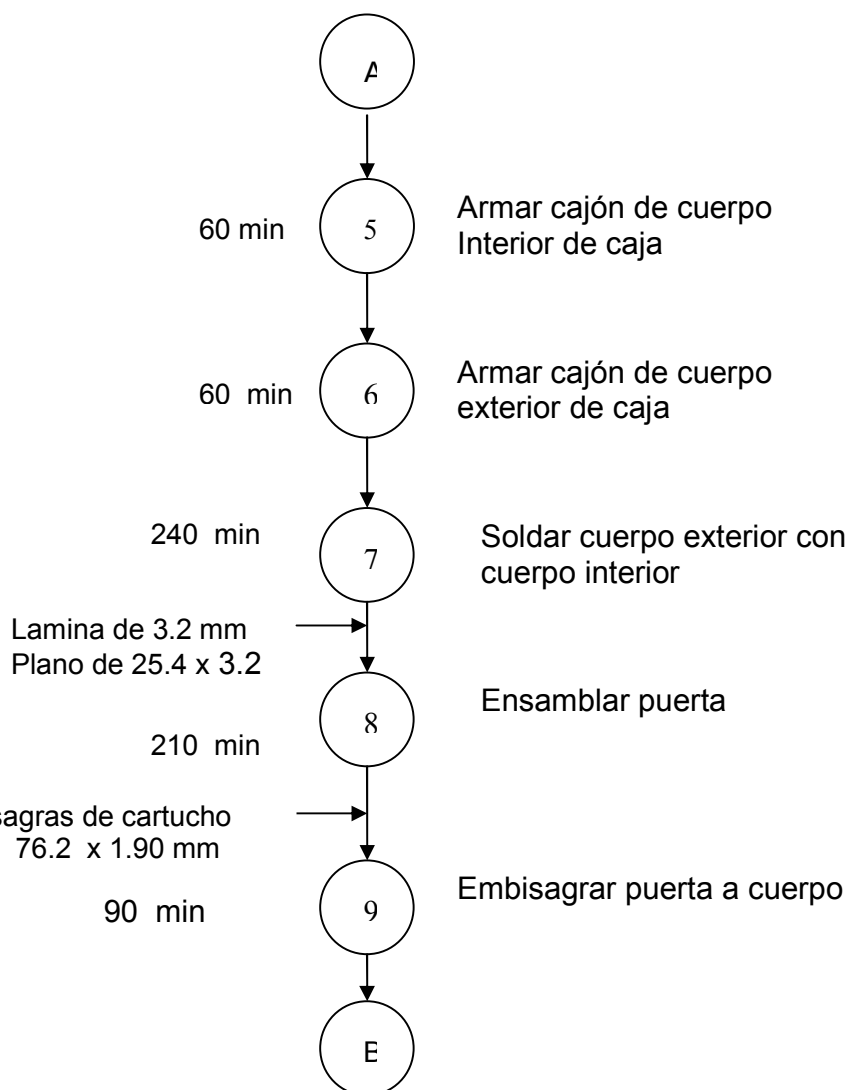


Diagrama de operaciones del proceso

Hoja 3

Producto: caja de seguridad 90SS

método: actual

El diagrama inicia en : trazo de lámina

El Diagrama finaliza en : colocación de empaque

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz

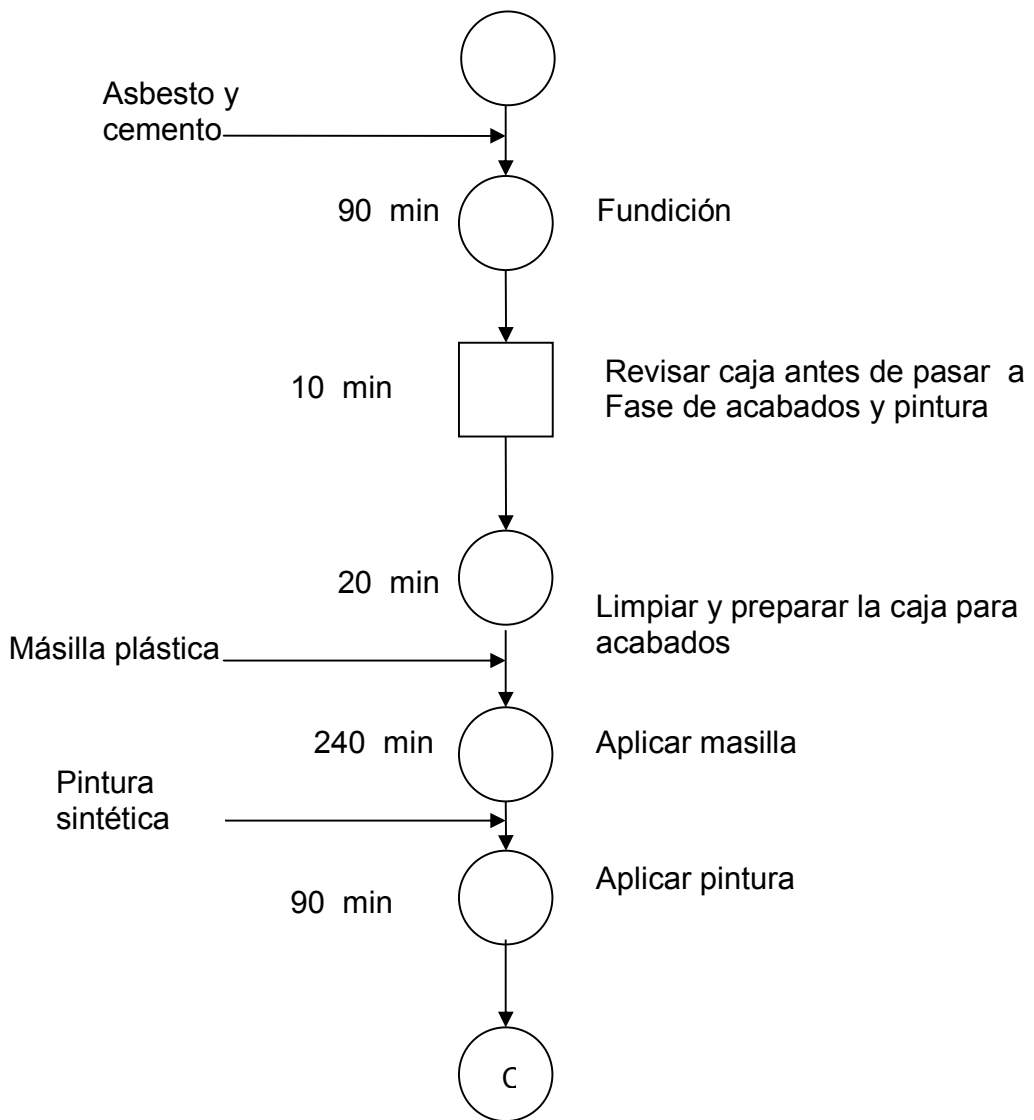
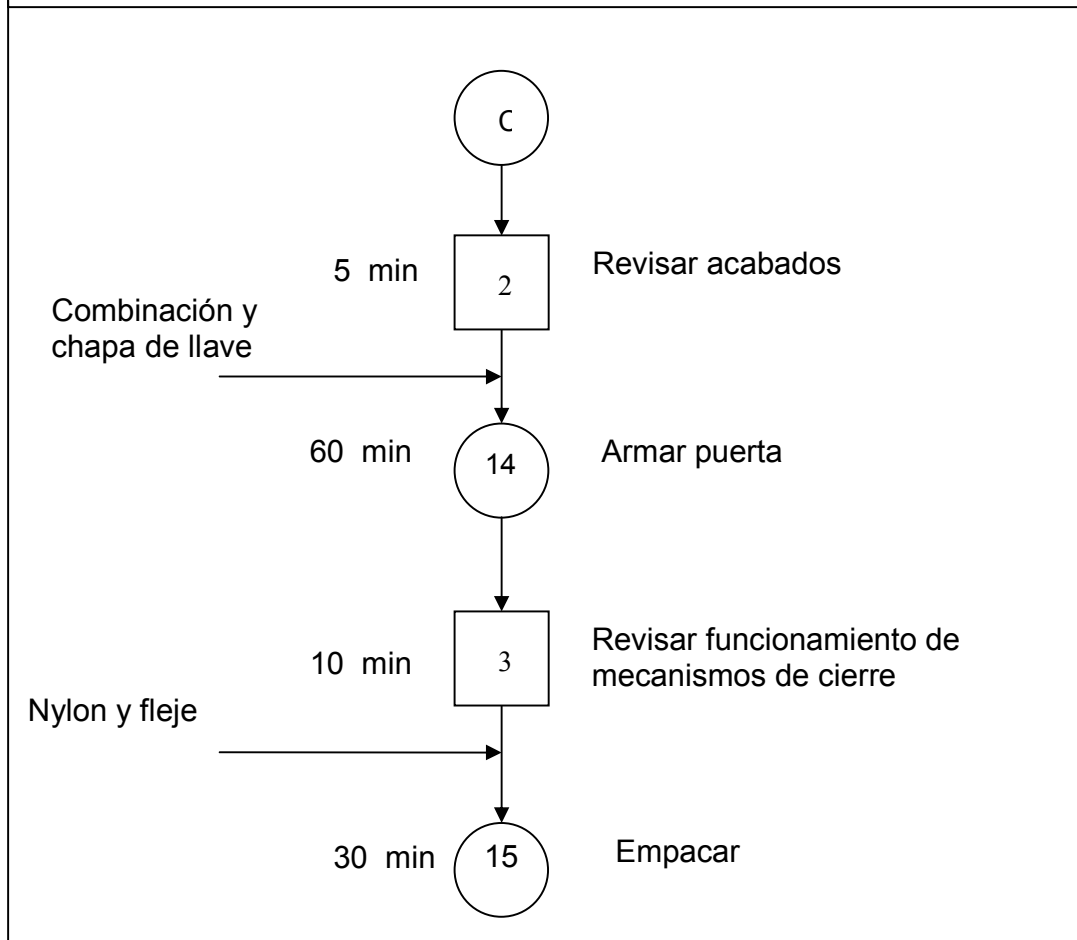


Diagrama de operaciones del proceso**Hoja 4****Producto:** caja de seguridad 90SS**método:** actual**El diagrama inicia en :** trazo de lámina**El Diagrama finaliza en :** colocación de empaque**Fecha:** junio de 2006**Elaborado por:** Miguel Ortiz**Resumen de actividades**

Actividad	Símbolo	No.	Tiempo min	Tiempo hrs
Operaciones	○	15	1220	20.33
Inspecciones	□	3	25	0.42

Figura 15. diagrama de operaciones caja 39ss

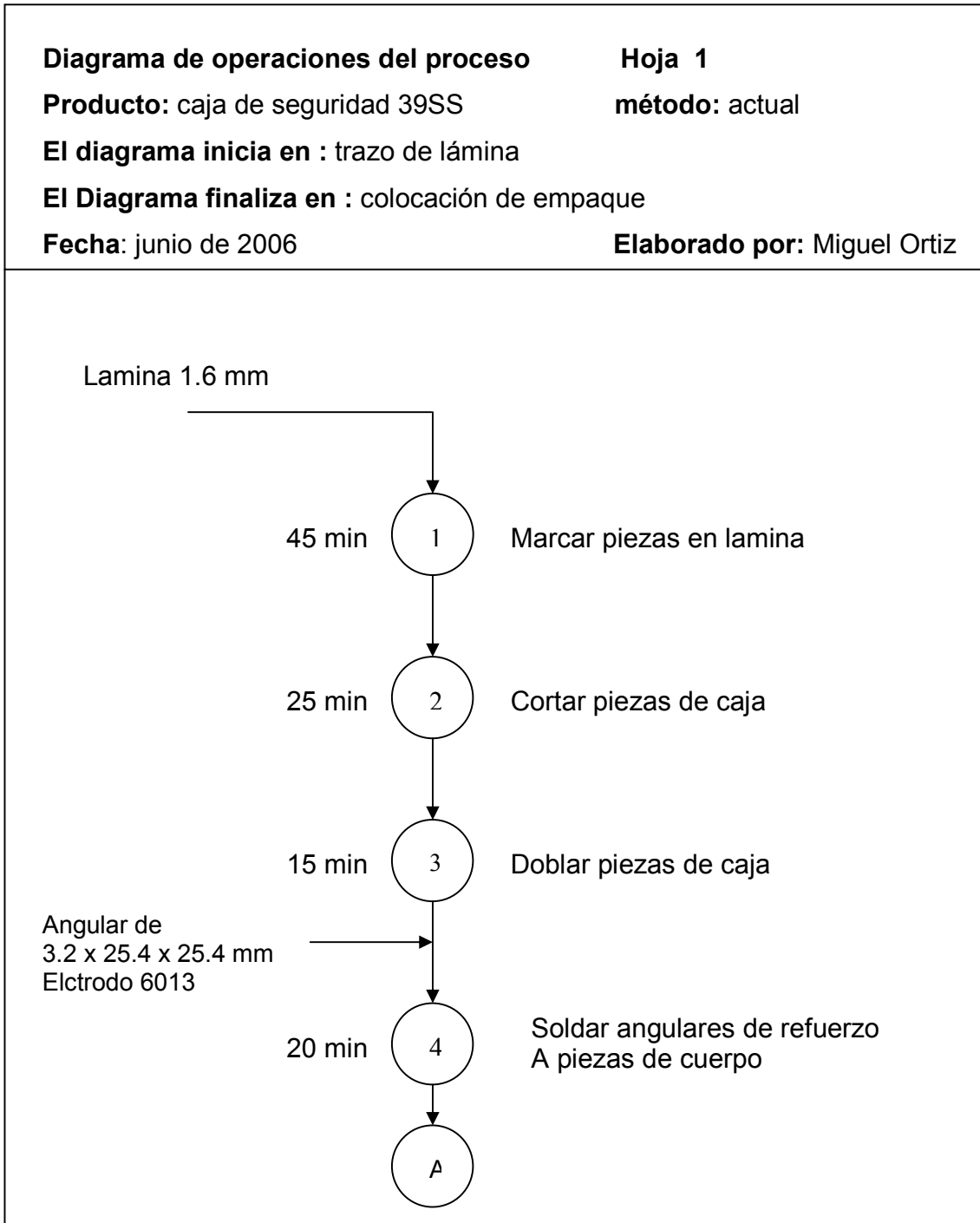


Diagrama de operaciones del proceso

Hoja 2

Producto: caja de seguridad 39SS

método: actual

El diagrama inicia en : trazo de lámina

El Diagrama finaliza en : colocación de empaque

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz

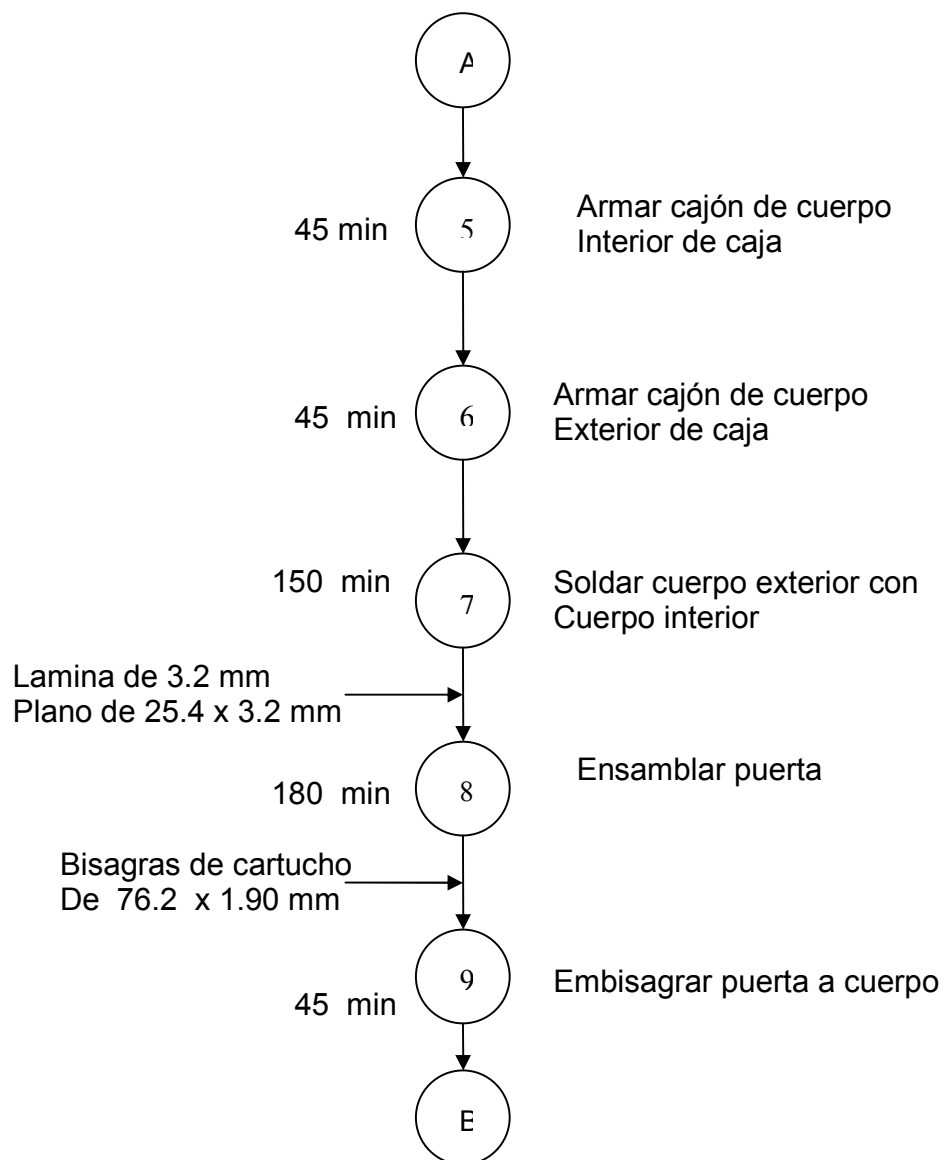


Diagrama de operaciones del proceso

Hoja 3

Producto: caja de seguridad 39SS

método: actual

El diagrama inicia en : trazo de lámina

El Diagrama finaliza en : colocación de empaque

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz

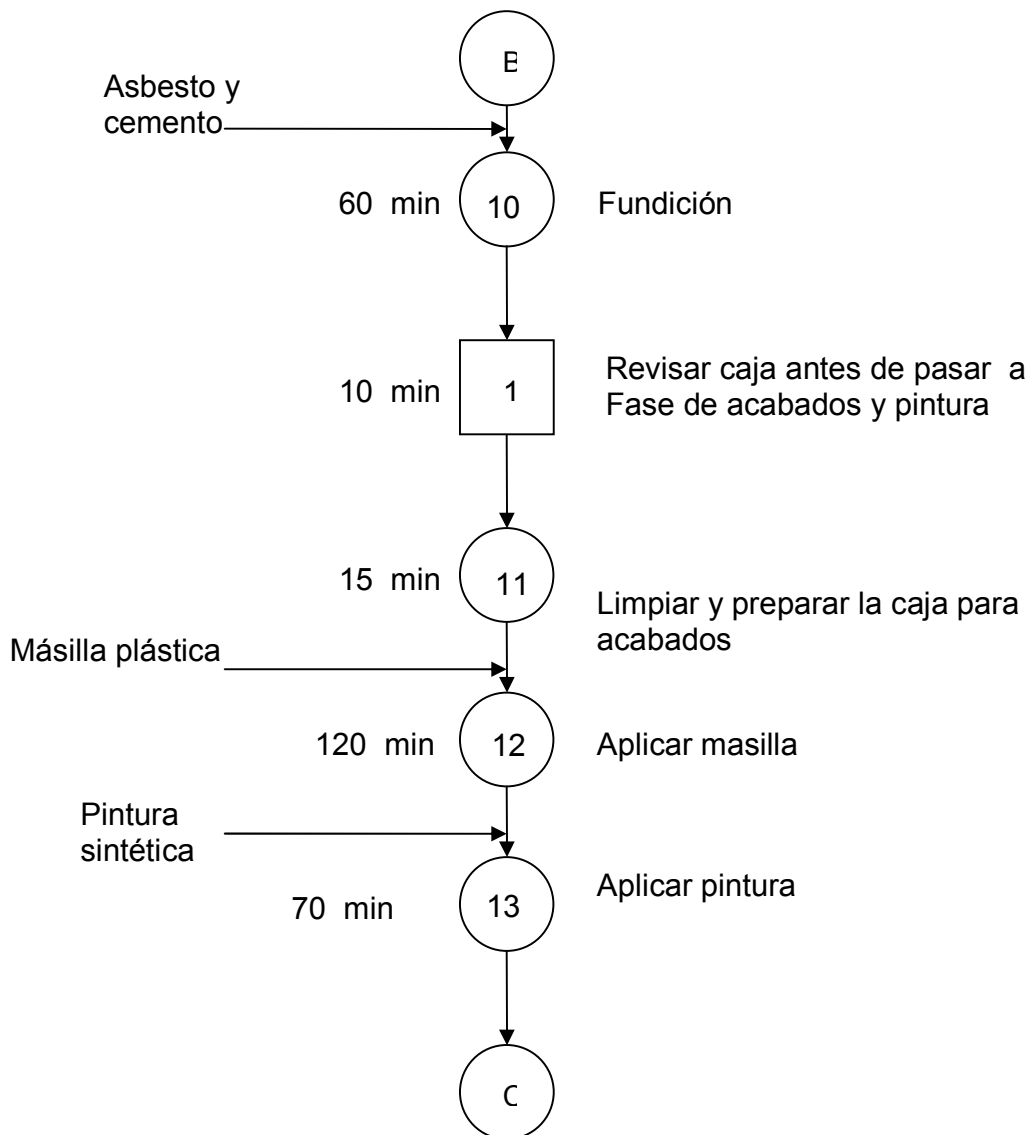


Diagrama de operaciones del proceso

Hoja 4

Producto: caja de seguridad 39SS

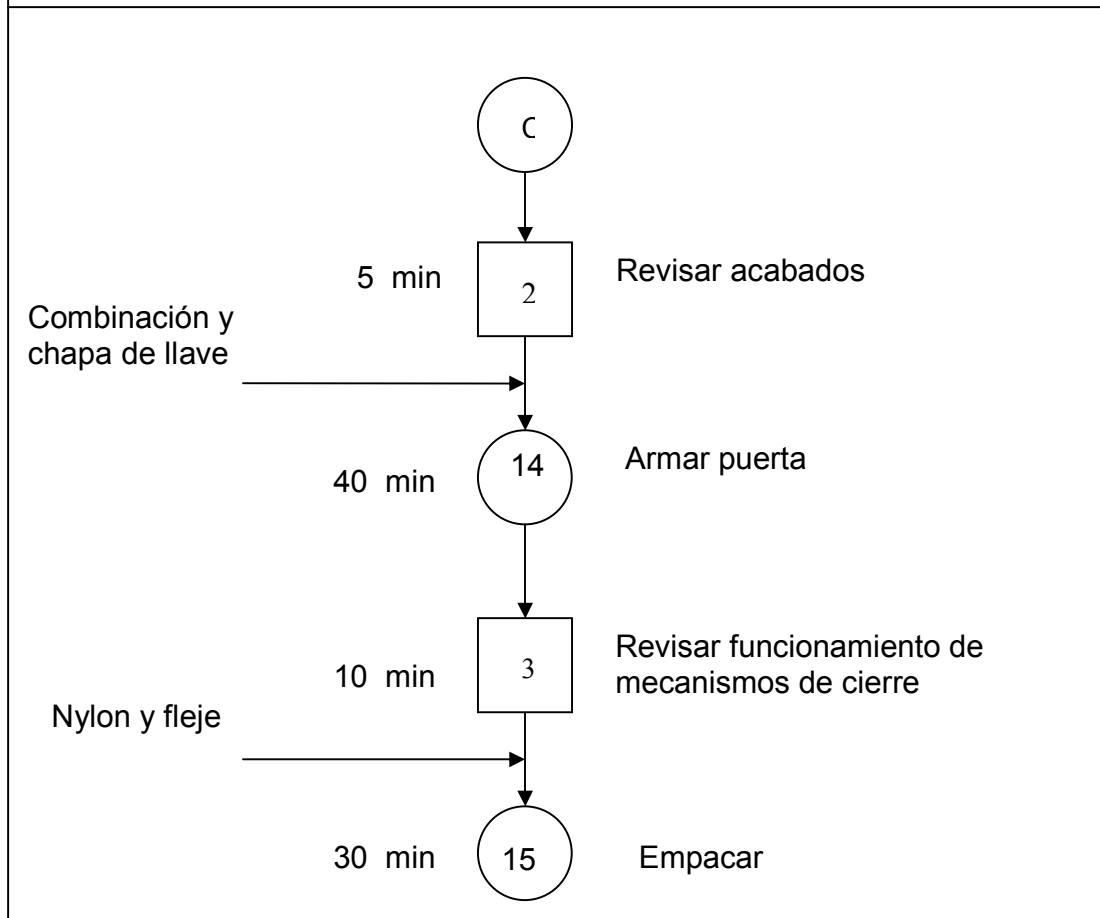
método: actual

El diagrama inicia en : trazo de lámina

El Diagrama finaliza en : colocación de empaque

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz



Resumen de actividades

Actividad	Símbolo	No.	Tiempo min	Tiempo hrs
Operaciones	○	15	915	15.25
Inspecciones	□	3	25	0.42

Figura 16. Flujograma del proceso

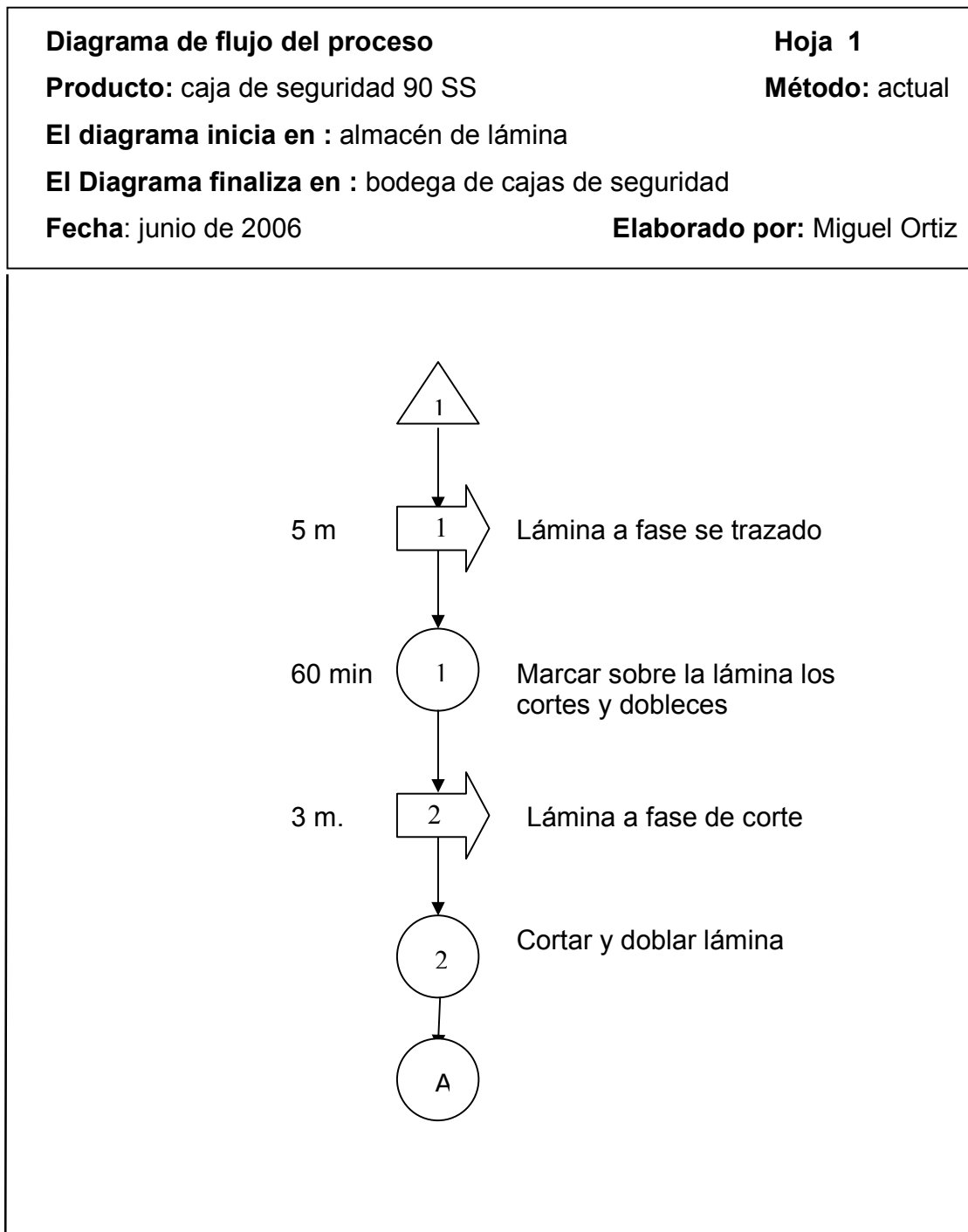


Diagrama de flujo del proceso

Hoja 2

Producto: caja de seguridad 90 SS

Método: actual

El diagrama inicia en : almacén de lámina

El Diagrama finaliza en : bodega de cajas de seguridad

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz

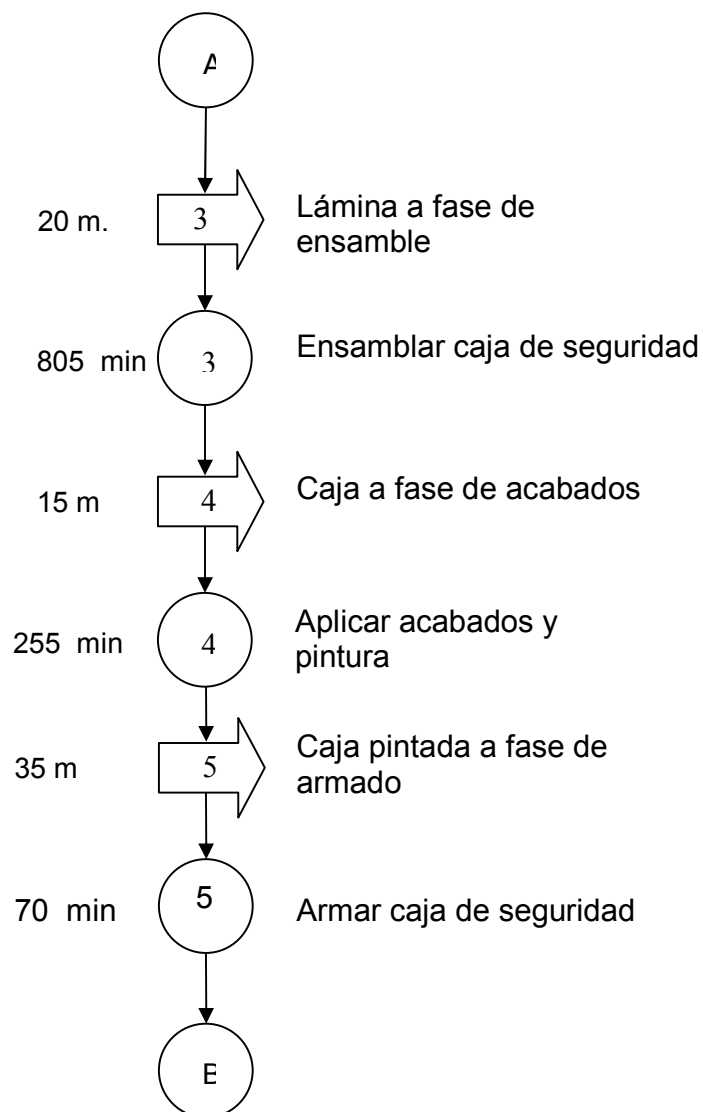


Diagrama de flujo del proceso

Hoja 3

Producto: caja de seguridad 90 SS

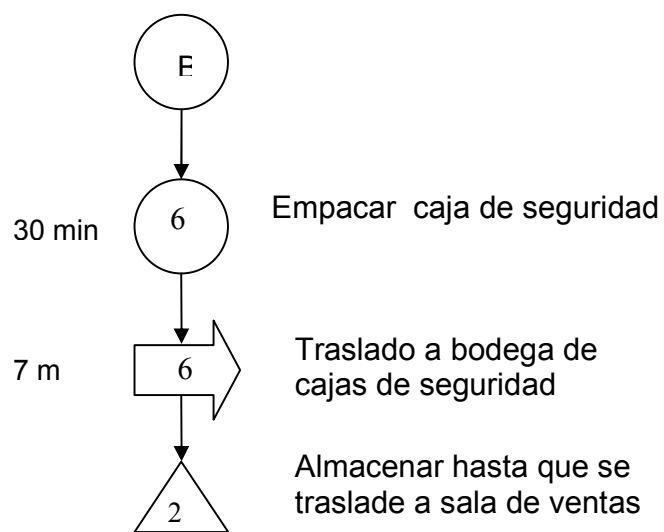
método: actual

El diagrama inicia en : almacén de lámina

El Diagrama finaliza en : bodega de cajas de seguridad

Fecha: junio de 2006

Elaborado por: Miguel Ortiz



RESUMEN

EVENTO	NÚMERO	TIEMPO	DISTANCIA
OPERACIONES	6	1265 min.	
TRANSPORTE	7		223 m
ALMACENAMIENTO	2	Indeterminado	

3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE SATISFAGA LA DEMANDA DE CAJAS DE SEGURIDAD

3.1 Análisis de las necesidades de capacidad requerida

La capacidad requerida no se debe de analizar a largo plazo, pues es difícil determinar el comportamiento del mercado en el futuro, por lo que es más práctico y realista planificar a mediano plazo, pues se manejan muchas variables que están fuera del control de la empresa, por lo que no se puede planificar con un grado de certeza adecuado. Entre éstas variables están los riesgos propios del mercado en el futuro y del avance de la tecnología, así como el impacto que provoquen los cambios de legislación derivados de los tratados de libre comercio con otros países.

3.1.1 Demanda

La demanda es el número de unidades de un producto que los consumidores pueden adquirir y las veces que los clientes acuden a la prestación de un servicio durante un ciclo de tiempo determinado para satisfacer sus necesidades bajo condiciones de precio, calidad, ingresos, etc.

Para determinar la demanda de un producto se recurre frecuente a las estimaciones y a pronóstico de la demanda de los productos que se fabrican, estos sirven para que la empresa planifique la producción en el corto y el mediano plazo, así como la capacidad instalada requerida.

3.1.1.1 Demanda de la empresa

Es la estimación de las ventas a niveles opcionales tomando en cuenta que la demanda del mercado será afectada por factores controlables por la empresa como precio de venta, la calidad del producto , la promoción, y las innovaciones al producto que garanticen retener el porcentaje de la demanda del mercado.

3.1.1.2 Demanda del mercado

También se le llama demanda agregada de un producto que es consumido por un conjunto de clientes potenciales en un periodo de tiempo definido, en condiciones ambientales y con estrategias de mercadotecnia definidas.

En Centro América la demanda de cajas de seguridad es limitada al sistema bancario o a empresas muy grandes, sin embargo actualmente el sistema bancario esta creciendo, además la empresa esta incursionando en el segmento del mercado de cajas de seguridad pequeñas, que por su precio y tamaño resultan atractivas para el uso en negocios medianos y pequeños, así como por personas individuales.

3.1.1.2.1 Competencia

La competencia de industrias que se dedican a fabricar cajas de seguridad es limitada, aunque existen compañías que las importan, sin embargo el precio de éstas es relativamente alto si son de similar calidad y cumplen con los mismos requerimientos de seguridad que las fabricadas por la empresa.

3.1.1.2.2 Productos sustitutos

En el mercado hay diferentes productos que son utilizados como sustitutos de las cajas de seguridad como, muebles de oficina, archivos y escritorios con gavetas con llave; estos si bien no proporcionan la misma seguridad si cumplen esta función parcialmente, además de ser mucho más baratos que las cajas de seguridad. También hay empresas especializadas que se dedican a prestar el servicio de recolectar el dinero en el negocio, transportarlo y depositarlo en el sistema bancario, disminuyendo la necesidad de contar con cajas de seguridad.

3.2 Pronóstico de venta

La industria de cajas de seguridad es muy competitiva, por lo que resulta muy importante contar con una proyección de ventas que permita planear la producción, tomando en cuenta todos los factores que influyen, así poder programar adecuadamente todas las operaciones involucradas en el proceso, evitando dejar de vender por no tener inventario, o manejar inventarios altos y con poco movimiento.

Las ventas se pueden estimar por la experiencia de años anteriores en forma subjetiva, tomando como base la situación estimada del mercado a través de criterios que maneja el departamento de ventas. Otro criterio para proyectar las ventas es utilizando los pronósticos de venta.

Los dos criterios son importantes, pues la estimación de las ventas requiere de la mayor cantidad de información posible para planificar adecuadamente el uso de los recursos de la empresa.

3.2.1 Definición de pronóstico

Es una aproximación de las ventas de un producto, por lo que se hace el estudio a través de dos tipos de criterios, el primero toma en cuenta todas las variables que afectan el mercado del producto haciendo un análisis cualitativo, el segundo es un criterio cuantitativo, este se apoya en la historia de las ventas y en modelos matemáticos que proyectan las ventas en un periodo dado con cierta certeza.

El pronóstico es importante pues en base a este se planifican los programas de producción, la compra de materias primas, los desembolsos de capital, el alquiler de la planta y el presupuesto de mano de obra.

3.2.2 Objetivo del pronóstico

El objetivo principal del pronóstico es elaborar de una manera ordenada el plan de trabajo dentro de la empresa para reducir al máximo los costos relacionados con el planeamiento y la programación de la producción.

3.2.3 Tipo de pronóstico

El comportamiento de un historial de ventas de un producto se asocia a un tipo de demanda. Con base a esto los pronósticos se evalúan a través de varios métodos matemáticos y estadísticos que pertenecen a diferentes familias de curvas, las cuales se clasifican:

a) Familia de curvas estables: son todas aquellas curvas que en el tiempo no tienen mayores cambios, siendo los datos de ventas muy parecidos unos a otros.

b) Familia de curvas ascendentes: esta familia se caracteriza por no tener estabilidad en las ventas de periodo a periodo, se comportan creciendo ascendentemente.

c) Familia de curvas cíclicas: sigue un patrón de comportamiento un tanto diferente, esta relación de ventas es de tipo horizontal no vertical, es decir que se compara la venta de un mes del año con la venta del mismo mes del año anterior.

d) Familia de curvas combinadas: Se da cuando las ventas experimentan un crecimiento a través del tiempo, pero de manera estacional, es decir, que existe una estrecha relación entre los meses del periodo que tienen relación horizontal.

3.3 Evaluación del pronóstico de cajas de seguridad

Para elaborar los pronósticos de venta de cajas de seguridad se siguen los siguientes pasos.

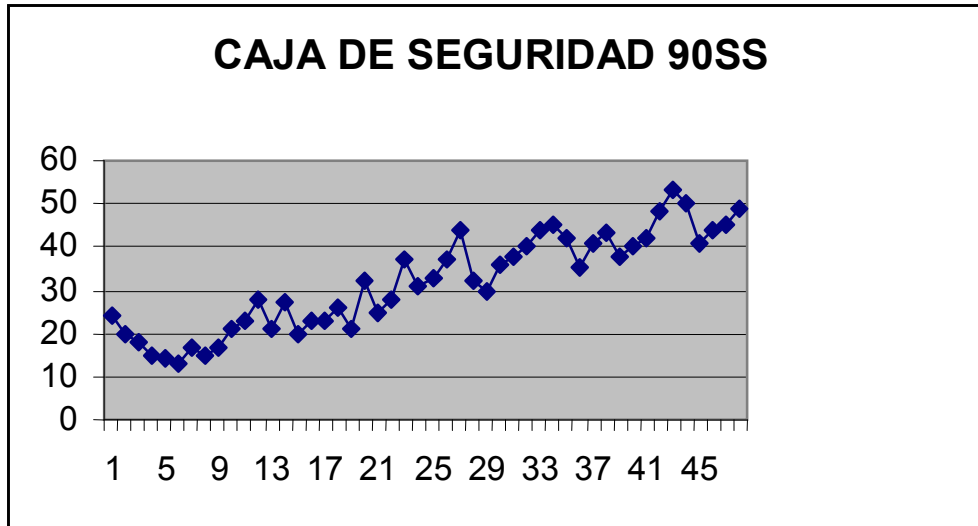
- Obtener la información de las ventas reales de cajas de seguridad del mes de enero de 2002 al mes de diciembre de 2005.
- Elaborar una gráfica con los datos de las ventas
- Hacer un análisis cualitativo
- Hacer un análisis cuantitativo a través de los métodos de regresión asociados al tipo de demanda
- Calcular el pronóstico de riesgo para el año 2006

Tabla III. Ventas reales de cajas de seguridad

VENTAS REALES			VENTAS REALES		
Mes	Caja 39SS	Caja 90ss	mes	Caja 39SS	Caja 90ss
1	47	37	25	19	26
2	44	32	26	25	29
3	60	49	27	50	57
4	50	35	28	12	19
5	51	40	29	25	33
6	45	28	30	52	59
7	40	23	31	20	30
8	42	23	32	77	107
9	46	31	33	51	67
10	44	16	34	42	50
11	44	33	35	40	49
12	25	15	36	30	41
13	48	31	37	32	42
14	37	18	38	36	44
15	38	22	39	55	73
16	56	41	40	18	24
17	42	23	41	25	40
18	57	40	42	58	58
19	55	37	43	18	36
20	46	29	44	52	59
21	45	26	45	37	45
22	69	50	46	59	77
23	51	26	47	47	59
24	64	44	48	56	76

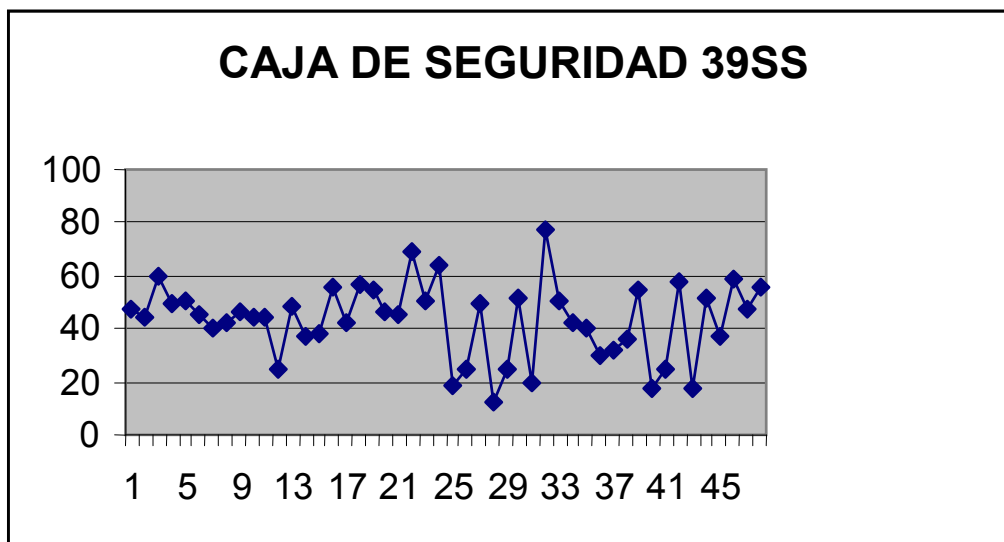
Fuente: ventas de cajas de seguridad modelo 90ss y 39ss de enero 2002 a diciembre 2005

Figura 17. Curva de ventas de caja de seguridad 90ss



Fuente tabla III

Figura 18. Curva de ventas de caja de seguridad 39ss



Fuente tabla III

En la gráfica presentada en la figura 17 se observa que la demanda de cajas de seguridad modelo 90SS tiende a ser cíclica y ascendente, la demanda de cajas de seguridad 39SS presenta un comportamiento cíclico como se ve en la gráfica mostrada en la figura 18, por lo que para calcular el pronóstico de evaluación hay que utilizar los métodos de regresión asociados a las familias de pronósticos cíclicos, ascendentes y combinados para la caja 90SS, y el cíclico para la caja 39SS.

a) Evaluación del pronóstico de la caja 90ss con los métodos de la familia ascendente

El historial de ventas se evalúa por medio de los modelos matemáticos de la familia de pronósticos ascendente, con las siguientes ecuaciones:

- Método de la línea recta: $Y=a+b*X$
- Método geométrico: $Y=a*x^b$
- Método semilogarítmico exponencial: $Y=a*b^X$
- Método del logaritmo inverso: $Y=Exp(a-b/X)$
- Método hiperbólico: $Y=1/a-b*X$
- Método hiperbólico inverso: $Y=X/(a*X+b)$
- Método logarítmico: $Y=a*e^{(b*X)}$
- Método logarítmico exponencial: $Y=a+b*ln(X)$
- Método de mínimos cuadrados: $Y^2=(a+b*x)^2$
- Método semilogarítmico

1. Método de la línea recta

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.2.

Ecuación No. 2

$$Y=24.52+0.6142*X.$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 35 cajas de seguridad

Tabla IV. Pronóstico con el método de la línea recta

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	45	22	22
34	50	45	5	27
35	49	46	3	30
36	41	47	5	35

Fuente: calculos propios

2. Método geométrico

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.3.

Ecuación No 3.

$$Y=28.53*X^{(0.042)}.$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 75 cajas de seguridad.

Tabla V. Pronóstico con el método geométrico

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	33	34	34
34	50	33	17	51
35	49	33	16	67
36	41	33	8	75

Fuente: cálculos propios

3. Método semilogarítmico exponencial

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.4.

Ecuación No 4.

$$Y=26.12*1.012^X.$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 50 cajas de seguridad.

Tabla VI. Pronóstico con el método semilogaritmo exponencial

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	39	28	28
34	50	39	11	39
35	49	39	10	49
36	41	40	1	50

Fuente: cálculos propios

4. Método logaritmo inverso

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.5.

Ecuación N. 5

$$Y=\exp(3.44-0.136303/X).$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 83 cajas de seguridad.

Tabla VII. Pronóstico con el método logaritmo inverso

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	31	36	36
34	50	31	19	55
35	49	31	18	73
36	41	31	10	83

Fuente: cálculos propios

5. Método hiperbólico

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.6.

Ecuación No. 6

$$Y=1/0.040266-.000425* X$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 103 cajas de seguridad.

Tabla VIII. Pronóstico con el método hiperbólico

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	26	41	41
34	50	26	24	65
35	49	26	23	88
36	41	26	15	103

Fuente: cálculos propios

6. Método hiperbólico inverso

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.7.

Ecuación No. 7

$$Y=X/(0.1644*X-0.00790)$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 183 cajas de seguridad.

Tabla IX. Pronóstico con el método hiperbólico inverso

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	6	61	61
34	50	6	44	105
35	49	6	43	148
36	41	6	35	183

Fuente: cálculos propios

7. Método logarítmico

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.8.

Ecuación No. 8

$$Y=X/(0.1644*X-0.00790)$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 941 cajas de seguridad.

Tabla X. Pronóstico con el método logarítmico

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	-181	248	248
34	50	-183	233	481
35	49	-184	233	714
36	41	-186	227	941

Fuente: cálculos propios

8. Método logaritmo exponencial

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.9.

Ecuación No. 9

$$Y = 26.12 * \exp(0.0117 * X)$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 50 cajas de seguridad.

Tabla XI. Pronóstico con el método logaritmo exponencial

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	39	28	28
34	50	39	11	39
35	49	39	10	49
36	41	40	1	50

Fuente: cálculos propios

9. Método de mínimos cuadrados

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.10.

Ecuación No.10

$$Y^2 = (32.2362 + 0.146 * X)^2.$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 58 cajas de seguridad

Tabla XII. Pronóstico con el método de mínimos cuadrados

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	37	30	30
34	50	37	13	43
35	49	37	12	55
36	41	38	3	58

Fuente: cálculos propios

10. Método semilogarítmico

La curva de regresión de los datos del historial de ventas se describe con la ecuación No.11.

Ecuación No.11

$$Y=34.64+0.0062*\ln(X).$$

Donde X es la venta real en el periodo. En este método se tiene un error acumulado de 58 cajas de seguridad

Tabla XIII. Pronóstico con el método semilogarítmico

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	35	32	32
34	50	35	15	47
35	49	35	14	61
36	41	35	6	67

Fuente: cálculos propios

b) Evaluación del pronóstico por el método cíclico para las cajas 90SS y 39SS.

Para calcular el pronóstico de cajas de seguridad bajo el método cíclico, se usa la siguiente ecuación.

Ecuación No.12

$$P = XH *I$$

Ecuación No. 13

$$I = XH/XV$$

Donde:

P= Pronóstico para el periodo

HV = Promedio general de los datos

HX = Promedio horizontal , que se calcula promediando las filas de la matriz de datos, se promedian los datos del mismo mes de cada año.

Este método da un error acumulado de 15 cajas modelo 90SS y 14 cajas modelo 39SS.

Tabla XIV. Pronóstico con el método cíclico para caja 90SS y caja 39Ss

Período	Ventas reales		Pronóstico		Error		Error acumulado	
	39SS	90SS	39SS	90SS	90SS	39SS	90SS	39SS
33	51	67	53	76	9	2	9	2
34	42	50	50	53	3	8	12	10
35	40	49	41	49	0	1	12	11
36	30	41	27	38	3	-3	15	14

Fuente: cálculos propios

**c) Evaluación del pronóstico por el método combinado para la caja
90SS**

Para calcular el pronóstico de cajas de seguridad bajo el método combinado, se usa la siguiente ecuación.

Ecuación No.14

$$P = XH * PGVA + b * T$$

Donde :

P= Pronóstico para el periodo.

HX = Promedio horizontal, que se calcula promediando las filas de la matriz de datos, se promedian los datos del mismo mes de cada año.

b= Pendiente de la curva utilizando el método de pronóstico de evaluación ascendente con el coeficiente de correlación más cercano a uno, que corresponde a 1.014780423 del método semilogaritmo exponencial.

T= Periodo del pronóstico.

PGVA=Promedio general de datos actualizados, se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación No. 15

$$PGVA= A/NP$$

Donde:

NP= Número de datos actualizados.

A= Dato actualizado, este se calcula multiplicando la pendiente de la curva por el periodo, y luego restándolo de la venta real X del periodo.

Este método da un error acumulado de 120 cajas modelo 90SS

Tabla XV. Pronóstico con el método combinado

Período	Ventas reales	Pronóstico	Error	Error acumulado
33	67	87	-20	20
34	50	83	-23	55
35	49	80	-31	84
36	41	77	-46	120

Fuente: cálculos propios

d) Pronóstico de riesgo de cajas de seguridad 90ss y 39ss

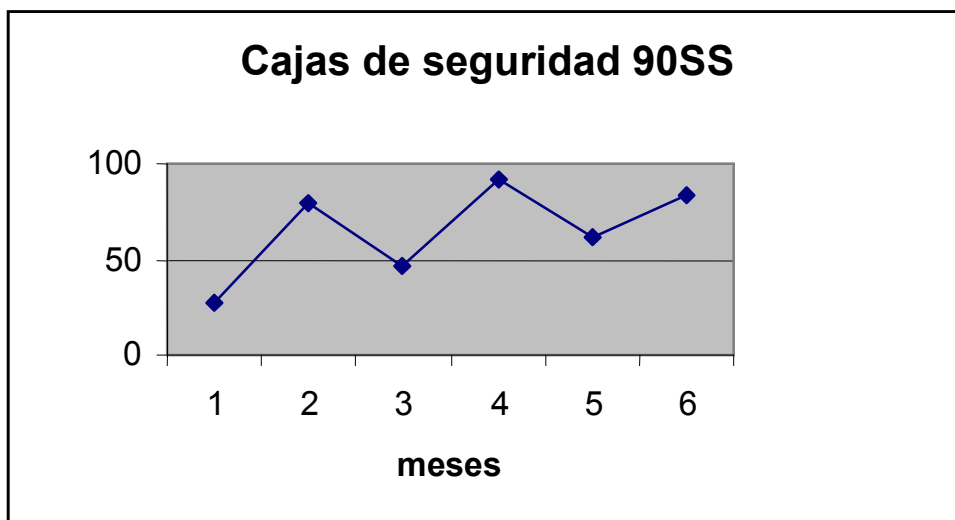
El método que presenta el menor error acumulado es el cíclico, por lo que este método se usa para calcular el pronóstico de riesgo. El pronóstico de riesgo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVI. Pronóstico de riesgo para los primeros 6 meses de 2006

Mes	Pronóstico de riesgo	
	Caja 39SS	Caja 90SS
Enero	14	28
Febrero	66	80
Marzo	38	47
Abril	74	92
Mayo	50	61
Junio	57	83

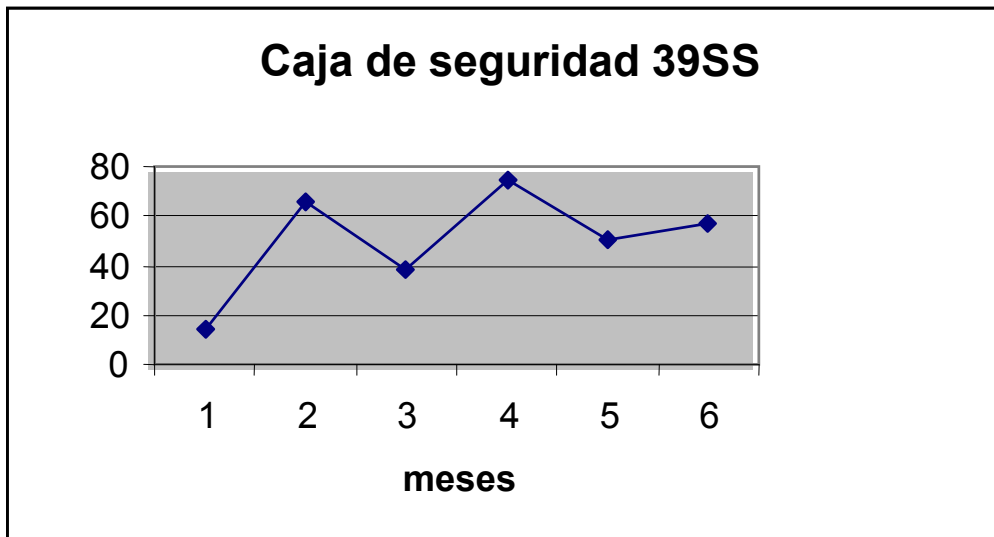
Fuente: cálculos propios

Figura 19. Pronóstico de riesgo de cajas de seguridad 90ss



Fuente tabla XVI

Figura 20 Pronóstico de riesgo de cajas de seguridad 39ss



Fuente Tabla XVI

3.4 Capacidad de producción de cajas de seguridad

La capacidad de producción de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS esta determinada por el número de horas-hombre disponibles en cada fase del proceso. La fábrica utiliza la jornada ordinaria diurna de 44 horas efectivas de trabajo a la semana, que se distribuyen trabajando 9 horas de lunes a jueves y 8 horas el día viernes.

Al utilizar esta jornada se tienen para un operario una disponibilidad en horas de: 194 en enero, 176 en febrero, 202 en marzo, 159 en abril, 194 en mayo y 185 en junio.

En las fases de trazado corte y dobles se tienen 2 operarios que realizan las dos fases. En la fase de ensamblado se cuenta con 12 operarios. En la fase de acabados se cuenta con 2 operarios y 4 ayudantes. En las fases de armado y empaque se tienen 2 operarios que realizan las dos fases.

Con estos operarios se manufacturan todos los productos que se producen en la planta, al analizar la distribución de la producción de años anteriores se estima que del total de horas disponibles se usa el 30% en fabricar estos 2 modelos de cajas, ya que el 70% restante se usa en los otros modelos estándar así como en los productos especiales. En la tabla 16 se presentan las horas disponibles para la fabricación de estos modelos.

Tabla XVII. Horas disponibles para la producción de cajas de seguridad 90ss y 39 SS en el primer semestre de 2006

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	58	52	60	47	58	55
Corte y dobléz de lámina	58	52	60	47	58	55
Ensamble	698	633	727	572	698	666
Acabados y pintura	349	316	363	286	349	333
Fase de armado	58	52	60	47	58	55
Fase de empaque	58	52	60	47	58	55
Total	1279	1157	1330	1046	1279	1219

Fuente: calendario 2006

Para calcular la capacidad de producción de cajas de seguridad se divide el número de horas-hombre disponibles por el número de horas-hombre requeridas para producir una caja de seguridad.

Tabla XVIII. Horas requeridas para producir una unidad

Fase	Horas-hombre		
	Caja 90ss	Caja 39ss	Total
Trazado	1.00	0.75	1.75
Corte y dobléz de lámina	0.75	0.67	1.42
Ensamble	13.42	9.26	22.68
Acabados y pintura	4.25	3.25	7.75
Fase de armado	1.17	0.83	2.00
Fase de empaque	0.50	0.50	1.00

Fuente: tiempo de producción por fase

Las horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad modelo 39ss y 90ss en el primer semestre de 2006, se calcula multiplicando las horas requeridas para producir cada modelo de caja de seguridad en cada fase del proceso, luego se multiplica por la cantidad proyectada en el periodo, dando como resultado las horas requeridas en cada fase del proceso .

Tabla XIX. Horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad 39ss

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	11	50	29	56	38	43
Corte y dobléz de lámina	10	44	26	50	34	38
Ensamble	130	612	352	686	463	528

Acabados y pintura	46	215	124	241	163	185
Fase de armado	12	55	32	62	42	48
Fase de empaque	7	33	19	37	25	29

Fuente: cálculos propios

Tabla XX. Horas requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad 90ss

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	28	80	47	92	61	83
Corte y dobléz de lámina	21	60	35	69	46	62
Ensamble	376	1073	631	1235	819	1114
Acabados y pintura	119	340	200	391	259	353
Fase de armado	33	94	55	108	72	98
Fase de empaque	14	40	24	46	31	42

Fuente: cálculos propios

Para calcular el total de horas requeridas que permitan cumplir con el pronóstico de venta de estos modelos en el primer semestre de 2006, se suman las horas requeridas en cada fase del proceso de cada modelo. Los resultados se muestran en la tabla 20

Tabla XXI. Horas totales requeridas para cumplir con la producción de cajas de seguridad 39ss y 90ss

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	39	130	76	148	99	126
Corte y dobléz de lámina	31	104	61	119	80	100
Ensamble	506	1685	983	1921	1282	1642
Acabados y pintura	165	555	324	632	422	538

Fase de armado	45	149	87	170	114	146
Fase de empaque	21	73	43	83	56	71
Total	807	2696	1574	3073	2053	2623

Fuente: cálculos propios

3.5 Comparación entre ventas y capacidad de producción

Los pedidos de cajas de seguridad 90SS y 39SS en los meses anteriores se han fabricado usando los recursos productivos que tiene la fabrica, pero la proyección de ventas para el primer semestre de 2006 indica que la demanda aumenta y supera la capacidad de producción, para calcular las horas adicionales necesarias para cumplir con la producción proyectada se restan las horas disponibles (tabla 16) de las horas requeridas (tabla 20) para cumplir con el pronóstico de venta como se muestra en la tabla 21.

Tabla XXII. Comparación entre las horas requeridas para cumplir con la proyección de ventas de cajas de seguridad y la capacidad de producción

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	-19	78	16	101	41	71
Corte y dobléz de lámina	-27	52	1	72	22	45
Ensamble	-192	1052	256	1349	584	976
Acabados y pintura	-184	239	-39	346	73	205
Fase de armado	-13	97	27	122	-2	91
Fase de empaque	-37	21	-17	35	56	16

Fuente: cálculos propios

El signo negativo indica que hay más horas disponibles de las requeridas y el signo positivo las horas requeridas adicionales para poder cumplir con el pronóstico de venta.

3.6 Propuesta de alternativas para modificar la capacidad de producción

En la tabla anterior se observa que en el mes de enero se tienen suficientes horas disponibles para cumplir con la producción proyectada, sin embargo en los meses de febrero a junio se hace evidente que con las condiciones actuales de producción no es posible cumplir con la demanda de cajas de seguridad, por lo que se proponen algunas alternativas que permitan producir las cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS proyectadas para el primer semestre de 2006.

- Jornada ordinaria con horas extras.
- Dos jornadas de trabajo sin trabajar horas extras.
- Aumento de personal de producción.
- Introducción de nueva tecnología.

3.6.1 Jornada ordinaria diurna con horas extras

Implementar una jornada ordinaria diurna de 7.00 am. a 5.00 pm. Con 1 hora de almuerzo, totalizando 44 horas a la semana, 2 horas extras de lunes a jueves, 3 horas extras el día viernes y 4 horas extras el día sábado. Al utilizar estas horas extras se aumentan las horas disponibles para la producción de estos modelos de cajas de seguridad en cada fase del proceso como se muestra en la tabla 22

Tabla XXIII. Número de horas extras disponibles para la producción de cajas de seguridad 90ss y 39ss en el primer semestre de 2006

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	64	60	67	53	66	62
Corte y dobléz de lámina	64	60	67	53	66	62
Ensamble	804	720	804	636	792	744
Acabados y pintura	384	360	402	318	396	372
Fase de armado	64	60	67	53	66	62
Fase de empaque	64	60	67	53	66	62

Fuente: cálculos propios

Al comparar las tablas XXI y XXII, se ve que en el mes de febrero y abril no se dispone de suficientes horas extras para cumplir con el pronóstico de venta, pues aún utilizando todas las horas disponibles en el mes febrero se tiene un déficit de 18 en la fase de trazado, 332 en la fase de ensamble, y 37 en la fase de armado. Utilizando todas las horas disponibles en el mes abril se tiene un déficit de 48 en la fase de trazado, 713 en la fase de ensamble, 28 en la fase de acabados y 69 en la fase de armado.

En los meses de enero y marzo se tienen más horas extras disponibles de las requeridas, éstas se usarán para cumplir con las horas que hacen falta en los meses de febrero y abril, la tabla 23 muestra la distribución de las horas utilizadas en los meses de enero y marzo para complementar la producción de febrero y abril.

Tabla XXIV. Horas extras utilizadas el primer semestre de 2006

Fase	Trazado	Corte y dobléz	Ensamble	Acabados	Armado	Empaque
Enero.	18	0	332	0	37	0
Marzo	48	0	713	28	69	0

Fuente: cálculos propios

3.6.2 Dos jornadas de trabajo sin horas extras

Se proponen dos jornadas de trabajo. La primera jornada es diurna de 6.00 am. a 2.00 pm. Con media hora de almuerzo, totalizando 44 horas a la semana, distribuida con 8 horas de lunes a viernes y 4 horas el día sábado. La segunda jornada es mixta de 2.00pm a 9.00 pm, totalizando 42 horas a la semana, trabajando 7 horas de lunes a sábado.

Las horas disponibles de la jornada diurna están limitadas por la fabricación de otros productos, las horas disponibles para fabricar cajas de seguridad 90ss se muestran en la tabla 18. La segunda jornada se presenta a continuación.

Tabla XXV. Número de horas disponibles en la segunda jornada para la producción de cajas de seguridad 90ss en el primer semestre de 2006

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	182	168	189	154	182	176
Corte y dobléz de lámina	182	168	189	154	182	176
Ensamble	2184	2016	2268	1848	2184	2115
Acabados y pintura	910	840	945	770	910	880
Fase de armado	182	182	189	154	182	176
Fase de empaque	182	182	189	154	182	176

Fuente: cálculos propios

Al comparar las horas disponibles de la segunda jornada con las necesarias para completar las ventas proyectadas, el tiempo disponible es mucho mayor que el requerido. La tabla muestra las horas no utilizadas de enero a junio de 2006.

Tabla XXVI. Número de horas de la segunda jornada no utilizadas en la fabricación de cajas 90ss

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	182	130	181	91	158	128
Corte y dobléz	182	140	183	70	164	140
Ensamble	2184	1544	2168	1065	1885	1517
Acabados y pintura	910	678	911	502	808	676
Fase de armado	182	137	179	80	154	120
Fase de empaque	182	163	185	122	170	152

Fuente: calculos propios

En la tabla XXV se observa que el número de horas disponibles no utilizadas en la segunda jornada es muy alto; al plantearlo de esta forma no es económicamente viable implementar esta jornada. Se propone implementar una segunda jornada, utilizando menos operarios en cada fase del proceso y uniendo operaciones como sigue:

- Uniendo las operaciones de trazado con corte y dobles, es decir que el mismo operario traza, dobla y corta la lámina.
- Reducir en la segunda jornada los operarios de la fase de ensamble de 12 a 4.
- Reducir en la segunda jornada los operarios de la fase de acabados de 5 a 2, y unir las operaciones de acabados, armado y empaque.

Para las fases de trazado, corte y dobles se requieren 269 horas de la segunda jornada, como el proceso inicia en la fase de trazado considerando que no se trata de un producto perecedero, se utilizará esta jornada el mes de febrero, teniendo 336 horas disponibles. Logrando el inventario necesario de molduras para cubrir la producción del primer semestre.

Para la fase de ensamble se requieren 2252 horas de la segunda jornada, se implementará los meses de febrero y marzo con 4 operarios, abril con 3 operarios, mayo con 2 operarios, teniendo 2254 horas disponibles. Logrando adelantar la producción en esta fase del mes de junio.

Para las fases de acabados, armado y empaque se requieren 1041 horas de la segunda jornada, se implementará los meses de febrero, marzo, abril y mayo con 2 operarios, teniendo 1239 horas disponibles.

Al implementar este proceso se tendrá un tiempo muerto de 67 horas en la fases de trazado, corte y dobles, 2 horas en la fase de ensamble, y 198 horas en las fases de acabados, armado y empaque.

3.6.3 Aumento de personal de producción

En la fase de trazado se requieren 175 horas-hombre , por lo que se contratará un operario los meses de enero y febrero , disponiendo de 370 horas-hombre que permitan cumplir con la demanda de molduras para cajas de seguridad 90ss en el primer semestre de 2006, quedando 195 horas que se utilizarán en la fase de corte y dobles.

En la fase de corte y dobles se requieren 94 horas-hombre, por lo que se usarán las horas contratadas que sobran en el proceso de trazado los meses de enero y febrero, disponiendo de 195 horas-hombre que permiten cumplir con la demanda de molduras para cajas de seguridad 90ss en el primer semestre de 2006, quedando 101 horas de holgura por cualquier eventualidad. Las fases de trazado, corte y dobles por ser las primeras en el proceso, permiten hacer un inventario en los meses de enero y febrero para cubrir los requerimientos de marzo, abril, mayo y junio. La única limitante es el costo de mantener el inventario de molduras estos meses.

En la fase de ensamble se requieren 2252 horas-hombre, por lo que se contratarán 4 operarios adicionales los meses de febrero, marzo y abril, disponiendo de 2288 horas-hombre, para cumplir con la demanda teniendo una

holgura de 17 horas para cubrir cualquier eventualidad. Con este plan se logra hacer un inventario de cajas ensambladas para los meses de mayo y junio.

En la fase de acabados se requieren 744 horas-hombre, por lo que se contratarán 2 operarios adicionales los meses de febrero y marzo, disponiendo de 740 horas-hombre, para cubrir 4 horas que faltan se contratarán horas extras en el mes de febrero, asignando 1 hora diarias a cada operario hasta que se cumpla con el pronóstico. Con este plan se logra hacer un inventario de cajas en la fase de acabados para los meses de abril, mayo y junio.

En las fases de armado y empaque se requieren 207 y 90 horas respectivamente, por lo que se contratará un operario adicional los meses de mayo y junio, disponiendo de 379 horas, quedando 82 horas que se utilizarán empacando otros productos fabricados en la planta.

3.6.4 Introducción de nueva tecnología

En el proceso de producción es factible introducir maquinaria para agilizar las operaciones que provocan cuellos de botella en la transformación de materia prima a producto terminado.

En la fase de corte y dobles se sustituirán la cizalla mecánica por una cortadora hidráulica con capacidad para cortar todos los espesores de lamina utilizados en la planta, y la dobladora manual por una hidráulica con capacidad para doblar lamina hasta de 4.9 mm. Con esta nueva tecnología se producen molduras más complejas que disminuyen la cantidad de soldadura en el proceso de ensamble, al disminuir la cantidad de soldadura esta fase también se mejora la fase de acabados, pues a menos soldadura menos devastado y menos másillado.

La cizalla hidráulica funciona con energía eléctrica con un voltaje de 240 voltios trifásica, el motor eléctrico de 15 HP activa una bomba hidráulica que mueve la cuchilla cortando de un solo golpe la lamina. La dobladora trabaja con el mismo principio, pero en lugar de cuchilla usa dados con diferentes formas que permiten doblar diferentes tipos de molduras hasta un ángulo de 120 grados.

En la fase de ensamble se sustituirán las herramientas eléctricas (taladros y devastadoras), por herramienta neumática, que requieren mucho menos mantenimiento y tienen más horas de vida útil. Se sustituye la cortadora de oxiacetileno por una cortadora de plasma con capacidad para cortar lamina de 12 mm de espesor, pues esta hace cortes mucho más limpios y finos. Para usar la maquinaria neumática se instala un compresor de tornillo conectado a través de tuberías a todas las estaciones de trabajo.

En la fase de acabados se implementará un sistema de pintura electroestática, secada al horno a 180 grados, este tipo de pintura rinde un 40 % más que la pintura tradicional, ya que no se pierde pintura en el aire, lo que la hace más amigable con el ambiente pues contamina mucho menos. Se construirá un horno de 4 m por 4 m para secar al horno cualquier caja de seguridad o puerta de bóvedas que se fabrique, este horno funcionará por medio de resistencias, tendrá un termómetro y un tiner.

Al utilizar esta nueva tecnología se cambiará el proceso radicalmente bajando considerablemente el costo de mano de obra, pues con mejor tecnología el proceso requiere menos horas-hombre por cada operación, lo que permite analizar la posibilidad de crear un proceso en línea.

4. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROGRAMACIÓN LINEAL SOBRE LA BASE DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

4.1 Programación lineal de la capacidad de producción de la planta

Para implementar la programación lineal en los recursos de producción de la planta de cajas de seguridad se proponen las siguientes actividades.

- Establecer las fases de producción para las cajas de seguridad 90SS y 39SS.
- Calcular la capacidad instalada de producción en cada fase de trabajo.
- Programar la producción óptima de cajas de seguridad modelo 39SS y 90SS de acuerdo al resultado del análisis por el método simplex .

4.1.1 Creación del modelo de programación lineal

El modelo de programación lineal consta de la función objetivo y las restricciones. La función objetivo es de la forma maximizar y presenta la utilidad bruta. Las restricciones del modelo son sistemas de inequaciones. Cada restricción se forma con el requerimiento de tiempo para transformar la materia prima en cada fase del proceso tomando en cuenta la disponibilidad o capacidad de producción de las estaciones de trabajo.

4.1.2 Planteo y solución del modelo de programación lineal

En la planta se manufacturan cajas de seguridad modelo 90 SS y 39 SS, cada caja pasa por seis fases en el proceso de producción. La caja 39 SS tiene un precio de venta de Q 2635 .00 por unidad . La caja 90SS tiene un precio de venta de Q 5,800.00 por unidad.

Los operarios que trabajan en las fases de trazado, corte y dobles , cuestan Q 11.12 la hora, los operarios que trabajan en la fase de ensamble cuestan Q 19.14 la hora, los operarios que trabajan en la fase de acabados y pintura cuestan Q 16.32 la hora , Los operarios que trabajan en la fase de armado cuestan Q16.32 la hora , y los operarios que trabajan en la fase de empaque cuestan Q11.12 la hora . La siguiente tabla muestra el costo de mano de obra directa en cada fase del proceso para las cajas de seguridad modelo 90 SS y 39 SS, y se calcula multiplicando las horas-hombre requeridas (tabla 17) por el costo por hora de los operarios involucrados en cada fase del proceso.

Tabla XXVII. Costo de mano de obra

COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA EN QUETZALES		
Fase	Caja 90 SS	Caja 39 SS
Trazado	11.12	8.34
Corte y dobléz de lámina	8.34	7.45
Ensamble	256.86	177.23
Acabados y pintura	69.36	53.04
Fase de armado	19.09	13.54
Fase de empaque	5.56	5.56
Total	370.33	265.16

Fuente: cálculos propios

El costo de materia prima es de Q 2439.03 para la caja de seguridad modelo 90SS y Q 1294.45 para la caja de seguridad modelo 39SS.

4.1.2.1 Planteamiento

El modelo de programación lineal es de la forma maximizar. La cantidad óptima desconocida que maximice la utilidad bruta, se expresa como sigue:

X_1 = Cantidad de cajas de seguridad modelo 90SS

X_2 = Cantidad de cajas de seguridad modelo 39SS

4.1.2.2 Función objetivo

La utilidad bruta de una caja de seguridad se calcula con la ecuación:

Ecuación No. 16

Utilidad Bruta = Precio De venta – Costo primo

Ecuación No. 17

Costo primo = Costo de mano de obra + Costo de materia prima

Utilidad obtenida para cada caja de seguridad es la siguiente:

Caja de seguridad 90SS = Q 5800-(Q 370.33 + Q 2439.03)
= Q 2990.64

Caja de seguridad 39Ss = Q 2635-(Q 265.16 + Q 1294.45)
= Q 1075.39

La función objetivo para este modelo es:

Ecuación No. 18

$$\text{MAX XO} = 2990.64 X1 + 1075.39 X2$$

4.1.2.3 Restricciones

Para aplicar el modelo las restricciones se dividen en requerimiento de tiempo y capacidad instalada.

a) Requerimiento de tiempo de producción

Es el tiempo requerido para transformar la materia prima en cada fase del proceso, para producir una unidad terminada, se obtiene al multiplicar la cantidad de cada modelo de caja de seguridad por el tiempo de producción en cada fase. El tiempo de producción en horas se determina calculando la media para cada fase del proceso del tiempo que la empresa tiene registrado en su historial de producción.

Tabla XXVIII. Requerimiento de tiempo de producción

Fase del Proceso	Requerimiento
Trazado	$X1 + 0.75 X2$
Corte y dobléz de lámina	$0.75 X1 + 0.6 X2$
Ensamble	$13.42 X1 + 9.26 X2$
Acabado y pintura	$4.25 X1 + 3.25 X2$
Armado	$1.17 X1 + 0.83 X2$
Empaque	$0.50 X1 + 0.50 X2$

b) Capacidad instalada

La capacidad instalada en cada fase del proceso esta dada por las horas efectivas disponibles para la producción de estos modelos de caja de seguridad. La fabrica trabaja con jornada ordinaria diurna de lunes a jueves de 8:00 a 17:00 , horas y el día viernes de 8:00 a 16:00, con una hora de almuerzo, por lo que se trabajan 44 horas a la semana.

Se tiene una concesión de 30 minutos para refaccionar de 9:30 a 10:00 horas, se calcula una concesión de 15 minutos diarios por atrasos personales, dando un total de 45 minutos por día y 3.75 horas a la semana.

El tiempo efectivo de trabajo por operario a la semana es de 41.25 horas, en un mes comercial se trabajan efectivamente 180 horas. En la tabla 27 se muestran las horas de trabajo efectivo disponibles para cada fase del proceso.

Tabla XXIX. Horas de efectivas de trabajo

Fase del Proceso	Horas efectivas de trabajo
Trazado	100
Corte y dobléz de lámina	80
Ensamble	900
Acabado y pintura	320
Armado	80
Empaque	60

Fuente: cálculos propios

Las restricciones de programación lineal, no pueden ser mayores que el tiempo efectivo de trabajo estimado para cada fase del proceso, por lo que son menores o iguales. Las restricciones del modelo son las siguientes:

Restricciones del modelo de programación lineal

$$\begin{aligned}X_1 + 0.75 X_2 &\leq 100 \\0.75 X_1 + 0.6 X_2 &\leq 80 \\13.42 X_1 + 9.26 X_2 &\leq 920 \\4.25 X_1 + 3.25 X_2 &\leq 320 \\1.17 X_1 + 0.83 X_2 &\leq 80 \\0.50 X_1 + 0.50 X_2 &\leq 60\end{aligned}$$

4.1.2.4 Modelo de programación lineal

El modelo de programación lineal para la cantidad óptima de cajas de seguridad que maximizan la utilidad es la siguiente:

$$\text{MAXIMIZAR: } X_0 = 2990.64 X_1 + 1075.39 X_2$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned}X_1 + 0.75 X_2 &\leq 100 \\0.75 X_1 + 0.6 X_2 &\leq 80 \\13.42 X_1 + 9.26 X_2 &\leq 900 \\4.25 X_1 + 3.25 X_2 &\leq 320 \\1.17 X_1 + 0.83 X_2 &\leq 80 \\0.50 X_1 + 0.50 X_2 &\leq 60 \\X_1, X_2 &\geq 0\end{aligned}$$

Convertir las restricciones y la función objetivo a la forma estándar agregando las variables de holgura (Si) que convierten las restricciones en ecuaciones, estas variables también se agregan a la función objetivo con valor cero y así no desequilibrar el modelo , la función objetivo se iguala a cero. El modelo estándar queda de la siguiente forma.

$$\text{Maximizar: } X_0 - 2990.6 X_1 - 1075.39 X_2 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 + 0S_6 = 0$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} X_1 + 0.75 X_2 + S_1 &= 100 \\ 0.75 X_1 + 0.6 X_2 + S_2 &= 80 \\ 13.42 X_1 + 9.26 X_2 + S_3 &= 900 \\ 4.25 X_1 + 3.25 X_2 + S_4 &= 320 \\ 1.17 X_1 + 0.83 X_2 + S_5 &= 80 \\ 0.50 X_1 + 0.50 X_2 + S_6 &= 60 \\ X_1, X_2, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Solución inicial

Básicas	Xo	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Sol
X0	1	-2990.6	-1075.39	0	0	0	0	0	0	0
S1	0	1	0.75	1	0	0	0	0	0	100
S2	0	0.75	0.60	0	1	0	0	0	0	80
S3	0	13.42	9.26	0	0	1	0	0	0	900
S4	0	4.25	3.25	0	0	0	1	0	0	320
S5	0	1.17	0.83	0	0	0	0	1	0	80
S6	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	1	60

Los valores de las variables básicas factibles de solución inicial son: $X_1= 0$, $X_2=0$ y las variables básicas de holgura son: $S_1=100$; $S_2=80$; $S_3= 900$; $S_4=320$; $S_5=80$; $S_6=60$.

En la primera iteración la variable que entra es X_1 por ser la más negativa de la función objetivo, la variable que sale es S_3 por ser el menor cociente no negativo de la división entre la columna de la variable con la columna solución, la intersección de la variable que entra con la variable que sale es el elemento pivote que elimina el valor que tiene la variable que entra en la función objetivo y también los valores de las otras posiciones en la columna.

Primera iteración

Básicas	Xo	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Sol
X0	1	0	988.20	0	0	222.85	0	0	0	200564.53
S1	0	0	0.06	1	0	-0.07	0	0	0	32.94
S2	0	0	0.08	0	1	-0.06	0	0	0	29.70
X1	0	1	0.69	0	0	0.07	0	0	0	67.06
S4	0	0	0.32	0	0	-0.32	1	0	0	34.98
S5	0	0	0.02	0	0	-0.09	0	1	0	1.54
S6	0	0	0.15	0	0	-0.04	0	0	1	26.47

Los valores de las variables son: $X_1= 67.06$; $X_2=0$; $S_1=32.94$; $S_3=0$; $S_4=34.98$; $S_5=1.54$; $S_6=26.47$.

En la segunda iteración la variable que entra es X_2 y la que sale es S_5 .

Segunda iteración

Básicas	Xo	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Sol
X0	1	0	0	0	0	4530.58	0	-49410	0	124719.08
S1	0	0	0	1	0	0.19	0	-3	0	28.33
S2	0	0	0	0	1	0.29	0	-4	0	23.56
X1	0	1	0	0	0	3.08	0	-34.5	0	14.11
S4	0	0	0	0	0	1.47	1	-16	0	42.5
X2	0	0	1	0	0	-4.36	0	50	0	76.75
S6	0	0	0	0	0	0.62	0	-7.5	1	14.96

Los valores de las variables son: $X1= 14.11$; $X2= 76.25$; $S1=28.33$; $S2=23.56$; $S3=0$; $S4=42.5$; $S5=0$; $S6= 14.96$. La solución de la función objetivo tiene un valor de 124719.08. En este último se encuentra el valor óptimo para la solución del modelo ya que no hay valores menores que cero en las variables básicas de la función objetivo.

4.2 Programación lineal entera

Es una variación de la programación lineal, la diferencia determinante es que los problemas reales requieren soluciones con números enteros. Su aplicación es necesaria cuando un problema necesita la solución para variables tales como: Muebles de oficina, Cajas de seguridad, operarios, etc. Estas variables no tienen significado los valores fraccionarios, por lo que se aproximan los resultados a valores enteros en la función de resultados y la cantidad de materia prima que se requiere preparar para el lote de producción.

La cantidad de cajas de seguridad a producir para maximizar el modelo no debe de contener un valor fraccionario; por lo que concluimos que deben de producirse 14 cajas de seguridad modelo 90SS y 76 cajas de seguridad modelo 39SS en un mes de producción, obteniendo la siguiente utilidad:

$$\text{Utilidad} = Q 2990.60 (14) + Q 1075.39(76)$$

$$\text{Utilidad} = Q 123,598.04$$

La diferencia entre la solución del modelo con el método simplex y el modelo de programación entera es:

$$\text{Diferencia} = X_0 - \text{Utilidad}$$

$$\text{Diferencia} = Q 124719.08 - Q 123,598.04$$

$$\text{Diferencia} = Q 1121.04$$

Desde el punto de vista practico, no hay una diferencia significativa entre el valor de la utilidad del método simplex y con el de programación entera.

4.3 Costo de mano de obra directa para una producción óptima.

La producción óptima mensual a manufacturar tiene un costo de mano de obra asociado a los operarios involucrados en cada fase del proceso. Al operario en todas las fases del proceso se le paga un salario mensual más una bonificación por producto terminado. El costo de mano de obra de los operarios se calcula por hora que posteriormente se multiplica por el número de horas requeridas para transformar los insumos en cada fase del proceso para la manufactura de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS.

4.3.1 Fase de trazado

Una caja de seguridad modelo 90SS se traza en 1 hora y una caja de seguridad 39SS en 0.75 horas, entonces:

1 caja 90SS : 1 hora :: 14 cajas : 14 horas

1 caja 39SS: 0.75 horas :: 76 cajas : 57 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (14 horas + 57 horas) (Q11.12 / hora)

Costo= (71) (Q11.12/hora)

Costo= Q 789.52

4.3.2 Fase de corte y dobléz

Una caja de seguridad modelo 90SS se corta y dobla en 0.75 horas y una caja de seguridad 39SS en 0.67 horas, entonces:

1 caja 90SS : 0.75 horas :: 14 cajas : 10.5 horas

1 caja 39SS: 0.67 horas :: 76 cajas : 50.92 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (10.5 horas + 50.92 horas) (Q11.12 / hora)

Costo= (61.42 horas) (Q11.12/hora)

Costo= Q 682.99

4.3.3 Fase de ensamble

Una caja de seguridad modelo 90SS se ensambla 13.42 horas y una caja de seguridad 39SS en 9.26 horas, entonces:

1 caja 90SS : 13.42 horas : : 14 cajas : 187.88 horas

1 caja 39SS: 9.26 horas : : 76 cajas : 703.76 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (187.88 horas + 703.76 horas) (Q 19.14 / hora)

Costo= (891.64 horas) (Q19.14/hora)

Costo= Q 17,065.99

4.3.4 Fase de acabados y pintura

Una caja de seguridad modelo 90SS se pinta en 4.25 horas y una caja de seguridad 39SS en 3.25 horas, entonces:

1 caja 90SS : 4.25 horas : : 14 cajas : 59.5 horas

1 caja 39SS: 3.25 horas : : 76 cajas : 247 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (59.5 horas + 247 horas) (Q 16.32 / hora)

Costo= (306.5 horas) (Q16.32/hora)

Costo= Q 5002.08

4.3.5 Fase de armado

Una caja de seguridad modelo 90SS se arma en 1.17 horas y una caja de seguridad 39SS en 0.83 horas, entonces:

1 caja 90SS : 1.17 horas :: 14 cajas : 16.38 horas

1 caja 39SS: 0.83 horas :: 76 cajas : 63.08 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (16.38 horas + 63.08 horas) (Q 16.32 / hora)

Costo= (79.46 horas) (Q16.32/hora)

Costo= Q 1296.79

4.3.6 Fase de empaque

Una caja de seguridad modelo 90SS se empaca en 0.50 horas y una caja de seguridad 39SS en 0.50 horas, entonces:

1 caja 90SS : 0.50 horas :: 14 cajas : 7 horas

1 caja 39SS: 0.50 horas :: 76 cajas : 38 horas

El costo de mano de obra para una producción óptima es:

Costo = (7horas + 38 horas) (Q 11.12 / hora)

Costo= (45 horas) (Q 11.12/hora)

Costo= Q 500.40

4.4 Utilidad neta

La utilidad neta es el resultado de restar la utilidad máxima, (la cantidad de dinero que la fabrica obtiene al vender las cajas de seguridad), con el costo de mano de obra de los operarios en las distintas fases del proceso y los gastos indirectos de fabricación, (alquiler, facilidades, mano de obra indirecta, transporte), denominados como G.I.F

$$\text{Utilidad neta} = \text{utilidad máxima} - (\text{costo total de mano de obra} + \text{G.I.F})$$

Donde el costo total de mano de obra es la suma del costo de mano de obra en cada fase del proceso; se calcula como sigue:

Costo de mano de obra en la fase de trazo	= Q	789.52
Costo de mano de obra en la fase de corte y dobles	= Q	682.99
Costo de mano de obra en la fase de ensamble	= Q	17,065.99
Costo de mano de obra en la fase de acabados y pintura	= Q	5,002.08
Costo de mano de obra en la fase de armado	= Q	1,296.79
Costo de mano de obra en la fase de empaque	= Q	<u>500.40</u>
Costo total de mano de obra	= Q	25,337.77

El total de gastos indirectos de fabricación es de Q 41,609.37 (dato proporcionado por el departamento de contabilidad de la fábrica)

$$\text{Utilidad neta} = \text{Q } 123,598.04 - (\text{Q } 25,337.77 + \text{Q } 41,609.37)$$

$$\text{Utilidad neta} = \text{Q } 123,598.04 - \text{Q } 66,947.14$$

$$\text{Utilidad neta} = \text{Q } 56,650.90$$

Para calcular la utilidad neta se debe de incluir el costo de venta, sin embargo no se toma en cuenta en este análisis, pues la empresa lo calcula como un porcentaje del precio de venta, además la sala de ventas esta en otro edificio ajeno a la planta de producción.

4.5 Investigación de operaciones en las fases de producción

Por medio del método simplex se programa la producción de las cajas de seguridad para obtener la utilidad máxima. El tablero final del método proporciona información acerca de las holguras que se tienen en cada fase del proceso, en algunas situaciones se miden en función de una unidad, por ejemplo pies cuadrados de lámina, metros de perfil, etc. En el modelo anterior las restricciones se refieren a horas requeridas de producción y a la capacidad de producción en horas. La investigación de operaciones analiza y calcula las holguras de tiempos que se obtienen en cada fase del proceso. Para calcular las holguras, se suman las horas requeridas en cada fase del proceso y luego se comparan con las horas disponibles para producir.

Tabla XXX. Tiempo total en horas de producción que maximiza la producción

Fase de producción	Caja 90SS	Caja 39SS	Tiempo total
Trazado	14	57	71
Corte y dobléz de lámina	10.5	50.92	61.42
Ensamble	187.88	703.76	891.64
Acabados y pintura	59.50	247	306.5
Fase de armado	16.38	63.08	79.46
Fase de empaque	7	38	45

Fuente: Cálculos propios

Se compara la capacidad instalada (tabla 27) en cada fase de producción con el requerimiento de tiempo total para producir la cantidad óptima (tabla 28), y así calcular las horas de holgura:

Tabla XXXI. Horas de holgura

Fase de producción	Capacidad	requerimiento	holgura
Trazado	100	71	29
Corte y dobléz de lámina	80	61.42	18.58
Ensamble	900	891.64	8.36
Acabados y pintura	320	306.5	13.5
Fase de armado	80	79.46	0.54
Fase de empaque	60	45	15
Total			84.98

Fuente: Cálculos propios

En las fases de trazado, corte dobles, y de empaque , hay relativamente muchas horas de holgura, sin embargo estos operarios son los que se encargan de darle mantenimiento a la fabrica, limpiar los baños, barrer la planta , cargar y descargar los camiones con materia prima o producto terminado , entregar cajas de seguridad a domicilio, etc.

Para calcular el costo de holgura se toma solo el salario base que es de Q1, 309.00 al mes más Q250.00 de bonificación, dando Q 1559.00 al mes, dividiendo dentro de 180 horas efectivas de trabajo queda un costo por hora de Q 8.66, el costo de holgura se calcula multiplicando este valor por el total de horas de holgura como sigue:

$$\text{Costo de holgura} = Q8.66 / \text{hora} \times 84.98 \text{ h} = Q 735.93$$

El costo anterior puede considerarse como uno de los componentes del costo total de producción. La investigación de operaciones se relaciona con los costos de holgura que se obtienen en un proceso productivo, porque ellos disminuyen la utilidad máxima. Estos indican el balance que hay entre las fases de producción respecto al número de operarios. Al comprar el costo de holgura de este proceso con la utilidad máxima, se observa que es relativamente bajo y no influye significativamente en la obtención de la utilidad neta, por lo que no es económicamente factible realizar un balance de las fases en el proceso.

4.6 Evaluación de la capacidad de producción instalada con pronóstico de ventas de cajas de seguridad

Para evaluar la capacidad de producción instalada con pronóstico de venta se expresa como el número de cajas de seguridad de cada modelo que se pueden fabricar en un mes, y se compara con el número de cajas de seguridad de cada modelo que se deben producir de acuerdo al pronóstico.

4.6.1 Pronóstico de ventas de cajas de seguridad de enero a diciembre

El pronóstico de venta de cajas de seguridad se calculó por el método cíclico para los primeros seis meses, considerando estos primeros seis meses como el pronóstico de riesgo, estos se consideran una proyección de ventas para los primeros seis meses como lo recomiendan los modelos matemáticos utilizados para encontrar los mismos; para la fábrica es importante tener una proyección por un año completo, por lo cual se precede a calcular los pronósticos de venta de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS para los

meses de Julio a diciembre, en la siguiente tabla se muestran la proyección de las ventas de enero a diciembre de 2006.

Tabla XXXII Proyección de ventas de enero a diciembre de 2006

Mes	Caja 39SS	Caja 90 SS	Mes	Caja 39SS	Caja 90SS
Enero	14	28	Julio	26	35
Febrero	66	80	Agosto	29	33
Marzo	38	47	Septiembre	64	90
Abril	74	92	Octubre	15	18
Mayo	50	61	Noviembre	21	34
Junio	57	83	Diciembre	71	67

Fuente: calculos propios

4.6.2 Capacidad de producción de cajas de seguridad de enero a diciembre

La capacidad instalada para la fabricación de cajas de seguridad, es la cantidad en unidades que se pueden manufacturar utilizando el tiempo disponible para cada fase del proceso. Esta se calcula dividiendo el tiempo disponibles entre dos, para que la mitad del tiempo disponible se produzcan cajas de seguridad modelo 90SS y la otra mitad cajas modelo 39SS, el tiempo que se utiliza en la fabricación de cada modelo de caja de seguridad, se divide entre el tiempo de fabricación por unidad.

En la fase de trazado se cuenta con 100 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de 1 horas por unidad y el de la caja 39SS es de 0.75 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 50 cajas de seguridad modelo 90SS y 66 cajas de seguridad modelo 39SS.

En la fase de corte y dobles de lamina se cuenta con 80 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de .75 horas por unidad y el de la caja 39SS es de 0.67 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 53 cajas de seguridad modelo 90SS y 59 cajas de seguridad modelo 39SS.

En la fase de ensamble se cuenta con 900 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de 13.42 horas por unidad y el de la caja 39SS es de 9.26 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 33 cajas de seguridad modelo 90SS y 47 cajas de seguridad modelo 39SS.

En la fase de acabados y pintura se cuenta con 320 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de 4.25 horas por unidad y el de la caja 39SS es de 3.25 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 37 cajas de seguridad modelo 90SS y 48 cajas de seguridad modelo 39SS.

En la fase de armado se cuenta con 80 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de 1.17 horas por unidad y el de la caja 39SS es de 0.83 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 34 cajas de seguridad modelo 90SS y 47 cajas de seguridad modelo 39SS.

En la fase de empaque se cuenta con 60 horas de trabajo efectivo, el tiempo de la fase para la caja 90SS es de .5 horas por unidad y el de la caja 39SS es de .5 horas por unidad, en esta fase la capacidad instalada de producción es de 60 cajas de seguridad modelo 90SS y 60 cajas de seguridad modelo 39SS.

4.6.3 Nivel de *Stock*

El nivel de “stock” es la diferencia que se obtiene entre las ventas y la capacidad de producción. El nivel de “stock” de cajas de seguridad en la fábrica al inicio se encuentra a cero, pues se trabaja con sistema de producción “justo a tiempo”, es decir que se mantiene un inventario de cero cajas de seguridad terminadas, y toda caja que se esta fabricando esta vendida .

4.6.4 Nivel de *stock* de cajas de seguridad de enero a diciembre

Las curvas de proyección de ventas y la estimación de la capacidad instalada se relacionan por medio del número de cajas de seguridad a manufacturar en los meses, como se muestra a continuación.

Tabla XXXIII. Nivel de *stock* en unidades de (enero a junio) de caja 39ss

Mes	Capacidad	Pronóstico	Nivel de <i>stock</i>
enero	47	14	33
febrero	47	66	-19
marzo	47	38	9
abril	47	74	-27
mayo	47	50	-3
junio	47	57	-10
Suma			-17

Fuente: Cálculos propios

En los meses de enero a junio se tiene un faltante de 17 cajas de seguridad modelo 39SS, la demanda no se satisface con el *stock* en los primeros seis meses del año.

Tabla XXXIV. Nivel de *stock* en unidades de (julio a diciembre) de caja 90ss

Mes	Capacidad	Pronóstico	Nivel de <i>stock</i>
julio	47	26	21
agosto	47	29	18
septiembre	47	64	9
octubre	47	15	-17
noviembre	47	21	26
diciembre	47	71	-24
suma			33

Fuente: Cálculos propios

En los meses de julio a diciembre se almacenan 33 cajas de seguridad modelo 39SS, el nivel de *stock* satisface la demanda para los meses de julio a diciembre y al final se tienen 33 unidades en bodega.

Nivel de *stock* en unidades de (enero a junio) de caja 90

Mes	Capacidad	Pronóstico	Nivel de <i>stock</i>
enero	33	28	5
febrero	33	80	-47
marzo	33	47	-14
abril	33	92	-59
mayo	33	61	-28
junio	33	83	-50
suma			-193

En los meses de enero a junio se tiene un faltante de 193 cajas de seguridad modelo 90SS, la demanda no se satisface con el *stock* en los primeros seis meses del año.

Nivel de *stock* en unidades de (julio a diciembre) de caja 90ss

Mes	Capacidad	Pronóstico	Nivel de <i>stock</i>
julio	33	35	-2
agosto	33	33	0
septiembre	33	90	-57
octubre	33	18	15
noviembre	33	34	-1
diciembre	33	67	-34
suma			-79

En los meses de julio a diciembre se tiene un faltante de 79 cajas de seguridad modelo 90SS, la demanda no se satisface con el *stock* en los meses de julio a diciembre.

4.7 Evaluación técnica financiera y económica de las opciones

La fábrica cuenta con suficientes recursos económicos, materiales y mano de obra para producir las cajas de seguridad que permiten obtener un máximo de utilidades con el sistema de producción propuesto para cubrir la demanda actual.

Los costos de materia prima, insumos, salarios y precio de venta de las cajas de seguridad se mantienen constantes para los próximos meses para no afectar el comportamiento de la demanda. Las opciones propuestas se evalúan para conocer la mejor alternativa para ampliar la capacidad de producción.

4.7.1 Jornada ordinaria diurna con horas extras

El costo por hora extra es un 50% más alto que el de la jornada ordinaria diurna, siendo para la fase de trazado, corte y dobles de Q 16.68, para la fase de ensamble de Q 28.71, para la fases de acabados, pintura, y armado de Q24.48, para la fase de empaque de Q16.68.

El costo adicional por hora extraordinaria trabajada se calcula restando el costo de la hora extraordinaria con el costo por hora ordinaria

Tabla XXXV. Diferencia entre costo por hora extraordinaria y costo por hora ordinaria

Fase	Jornada extraordinaria	Jornada ordinaria	Costo adicional
Trazado	16.68	11.12	5.56
Corte y dobles de lámina	16.68	11.12	5.56
Ensamble	28.71	19.14	9.57
Acabados y pintura	24.48	16.32	8.16
Fase de armado	24.48	16.32	8.16
Fase de empaque	16.68	11.12	5.56

Fuente: Cálculos propios

El costo adicional en que se incurre para cumplir con la demanda de cajas de seguridad, se calcula multiplicando el número de horas extraordinarias que se trabajan en cada fase del proceso multiplicado por la diferencia entre el costo por hora en la jornada extraordinaria y el costo por hora en la jornada ordinaria.

El número de horas extraordinarias que se trabajan en cada fase del proceso se calculo en el capítulo tres en la propuesta de trabajar con jornada diurna con horas extraordinarias (3.6.1 jornada ordinaria diurna con horas extras)

Tabla XXXVI. Costo adicional en que se incurre al implementar horas extras

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado	100.08	333.60	266.88	294.68	227.96	344.72
Corte y doblez	139.00	333.60	0.00	294.68	122.32	250.20
Ensamble	1339.80	6890.40	6823.41	6086.52	5588.88	3560.04
Acabados y pintura	0.00	1950.24	228.48	2594.88	595.68	1672.80
Fase de armado	301.92	489.60	563.04	432.48	0.00	505.92
Fase de empaque	0.00	116.76	0.00	294.68	311.36	88.96
Subtotal	1880.80	10114.20	7881.81	9997.92	6846.20	6422.64

Fuente: Cálculos propios

El costo total adicional en que se incurre en los primeros seis meses implementando la jornada diurna con horas extras, se calcula sumando los subtotales de cada mes y es: Q 43, 143.57. Esta cantidad es un costo adicional que baja el margen de ganancia en la fabricación de cajas de seguridad.

4.7.2 Dos jornadas de trabajo sin horas extras

El costo de la hora en la jornada ordinaria mixta es más alto que el costo por hora en la jornada diurna, pues solo, se trabajan 42 horas a la semana, el costo por hora en la fase de trazado, corte y dobles es de Q 11.68, en la fase de ensamble Q 20.09, en las fases de acabados pintura y armado es de Q 17.14, en la fase de empaque es de Q 11.68.

El costo adicional por hora extraordinaria trabajada se calcula restando el costo por hora en jornada mixta con el costo por hora en jornada ordinaria.

Tabla XXXVIII. Diferencia entre costo por hora jornada mixta y costo por hora jornada diurna

Fase	Jornada mixta	Jornada diurna	Costo adicional
Trazado	11.68	11.12	0.56
Corte y dobléz de lámina	11.68	11.12	0.56
Ensamble	20.09	19.14	0.95
Acabados y pintura	17.14	16.32	0.82
Fase de armado	17.14	16.32	0.82
Fase de empaque	11.68	11.12	0.56

Fuente: Cálculos propios

El costo adicional en que se incurre para cumplir con la demanda de cajas de seguridad, se calcula multiplicando el número de horas de la jornada mixta que se trabajan en cada fase del proceso multiplicado por la diferencia entre el costo por hora en la jornada mixta y el costo por hora en la jornada diurna.

El número de horas de la jornada mixta que se trabajan en cada fase del proceso se calculo en él capítulo tres en la propuesta de trabajar con jornada dos jornadas sin horas extraordinarias (3.6.2 dos jornadas de trabajo sin horas extras).

Tabla XXXVIII. Costo adicional en que se incurre en la jornada mixta

Fase	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Trazado, corte y doblez	188.16	0.00	20.00	0.00	0.00
Ensamble	798.00	798.00	798.00	798.00	638.40
Acabados y pintura armado y empaque	137.76	275.52	275.52	275.52	275.52
Subtotal	1123.92	1073.52	1093.52	1073.52	913.92

Fuente: Cálculos propios

El costo total adicional en que se incurre en los primeros seis meses implementando la jornada diurna con dos jornadas se calcula sumando los subtotales de cada mes y es: Q 5,278.40.

Esta cantidad es un costo adicional que baja el margen de ganancia en la fabricación de cajas de seguridad.

4.7.3 Aumento de personal de producción

Al aumentar el personal de producción en la misma jornada el costo de mano de obra por hora no aumenta. El costo que se considera es el de implementar los nuevos puestos de trabajo, la compra de nueva herramienta y equipo para los nuevos operarios. En las fases de trazado, corte y dobles, acabados, armado y empaque no hay que comprar herramienta y equipo adicional.

Para la fase de ensamble se contratan cinco operarios adicionales, hay que comprar dos amoladoras para disco de nueve pulgadas con un costo de Q 2,200.00 c/u, dos taladros de para broca de media pulgada con un costo de Q 1190.00 c/u, cinco aparatos de soldar con un costo de Q 3,800.00 c/u, y herramienta de banco para cinco operarios con un valor de Q 7,500.00.

Tabla XXXIX. Costo de aumentar el personal de producción

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo
Amoladora de 9"	Q 2,200.00	2	Q 4,400.00
Taladro de ½"	Q 1.190.00	2	Q 2,380.00
Soldadoras	Q 3,800.00	5	Q 19,000.00
Herramienta de banco	Q 1,500.00	5	Q 7,500.00
COSTO TOTAL			Q 33.280.00

Fuente: Cálculos propios

La empresa estima recuperar esta inversión en herramienta y equipo en un año, por el costo es los primeros seis meses se obtiene dividiendo Q 33,280.00 dentro de 2 quedando un costo de Q 16, 640.00.

4.7.4 Introducción de nueva tecnología

En las fases de corte y dobles se usaran una cizalla hidráulica con valor de Q 269,500.00, y una dobladora hidráulica, que cuesta Q288,800.00 .

En la fase de ensamble se usa una cortadora de plasma con un valor de Q18,500.00 , compresor de tornillo Q 11,475.00 , instalación de 110 m de tubería para aire con trampas de agua colocadas cada 6 m Q 11,645.00 , 6 amoladoras neumáticas a Q 6,800.00 c/u para un total de Q 41, 310.00 .

En la fase de acabados se construirá un horno de 4 m x 4 m con un costo de Q 19,125.00. El equipo para aplicar pintura electroestática es el mismo que se utiliza actualmente en el proceso de pintura.

Tabla XXXX. Costo total de la implementación de nueva tecnología

EQUIPO	COSTO
Cizalla hidráulica	Q 269,500.00
Dobladora hidráulica	Q 288.800.00
Cortadora de plasma	Q 18,500.00
Compresor de tornillo	Q 11,475.00
Instalación de tubería	Q 11,645.00
Amoladoras neumáticas	Q 41.310.00
Horno eléctrico	Q 19,125.00
Valor total del proyecto	Q 660,355.00

Fuente: Cálculos propios

La fábrica puede solicitar un préstamo por el monto de la inversión, este se negocia para pagarlo en 48 meses a una tasa de interés del 0.9167% al mes.

Calculo del pago mensual: desde el punto de vista de la ingeniería económica es una serie de pagos continuos durante el año, el valor total del proyecto es el valor presente.

Pago mensual= Q 660,355.00(A/P,0.9167, 48)

Pago mensual =Q 660,355.00 x 0.0166659808

Pago mensual = Q 11,005.46

Costo adicional en los primeros 6 meses es de Q11,005.46 multiplicado por 6

Costo adicional en lo primeros 6 meses es de Q 66,032.78.

4.8 Análisis de alternativas propuestas

El proceso de analizar las diferentes alternativas permite evaluar las ventajas y las desventajas de cada una de ellas, a continuación se procede a analizar cada una en forma independiente, tomando en cuenta que al escoger cualquiera de ellas, se puede cumplir con el pronóstico de venta para este periodo de tiempo.

4.8.1 Jornada ordinaria diurna con horas extras

Como se planteo en el capitulo tres es una opción viable, a continuación se procede a ver sus ventajas y desventajas.

4.8.1.1 Ventajas

- a. No requiere de contratar nuevo personal.
- b. Puede ser temporal.
- c. Se puede implementar inmediatamente.
- d. No hay que invertir en nueva herramienta.
- e. No hay que adiestrar a nuevo personal.
- f. El personal de producción esta anuente a trabajar horas extras.

4.8.1.2 Desventajas

- a. El costo por hora extra es un 50% más alto.
- b. Fatiga del personal de producción que puede provocar que baje la calidad de la producción.
- c. Renuencia de la gerencia a pagar horas extras.

4.8.2 Dos jornadas de trabajo sin horas extras

Se plantea la implementación de dos jornadas de trabajo una diurna y una mixta.

4.8.2.1 Ventajas

- a. Costo por hora más bajo que trabajando horas extras
- b. No hay que invertir en nueva herramienta.
- c. Se cumple con la producción sin problemas.
- d. Puede ser temporal.

4.8.2.2 Desventajas

- a. Hay que contratar nuevo personal de producción
- b. Hay que adiestrar a nuevo personal.
- c. Hay que contratar un supervisor para la segunda jornada.
- d. Inconformidad en el personal de producción antiguo con el cambio de horario para las jornadas.
- e. No se puede implementar inmediatamente.
- f. Si baja la producción hay que regresar a la jornada normal, teniendo que liquidar al nuevo personal.
- g. Se pueden perder operarios con experiencia por el cambio de horario.
- h. Puede existir problemas de transporte para la entrada de la primera jornada y para la salida de la segunda jornada.

4.8.3 Aumento de personal de producción

Es factible aumentar el personal de producción pues en la planta hay suficiente espacio, es decir que no se utiliza el 100% de las instalaciones.

4.8.3.1 Ventajas

- a. Se puede implementar de inmediato.
- b. Permite el entrenamiento y la inducción de los nuevos operarios en cada una de las fases del proceso.
- c. Permite a la gerencia de producción mantener el control directo de todos los operarios.
- d. Evita la resistencia al cambio de horario de los operarios antiguos, que están acostumbrados a trabajar solo de día.
- e. La inversión es relativamente económica.

- f. El costo por hora en la jornada diurna es más bajo que el costo por hora en la jornada mixta y nocturna.
- g. Se aprovecha en forma eficiente el espacio de la planta.
- h. Permite trabajar horas extras si es necesario.
- i. No es necesario nuevo personal para despacho de bodega en el segundo turno.
- j. No es necesario un nuevo supervisor.
- k. No es necesario contratar personal de seguridad para el segundo turno.
- l. Evita los conflictos entre operarios por el uso y mantenimiento de la herramienta y el equipo.

4.8.3.2 Desventajas

- a. Hay que adiestrar al nuevo personal.
- b. Hay que darle inducción al nuevo personal.
- c. Al principio los operarios nuevos no producirán en los tiempos establecidos en cada fase del proceso, lo que puede generar atrasos en la entrega.
- d. Aumenta la carga de trabajo administrativo relacionado con el control y el manejo del personal.
- e. Hay que ampliar el área de baños y vestidores, para los nuevos operarios.
- f. Hay que comprar herramienta y equipo para el nuevo personal.
- g. El costo de la hora extra es más alto que el costo por hora de la jornada mixta.
- h. El número de horas extras está limitado a un máximo de cuatro horas por día.
- i. Si la producción baja hay que despedir personal.
- j. A largo plazo esta no es la solución definitiva, pues no permite cambiar en forma radical el proceso de producción.
- k. La productividad por operario bajará al principio.

4.8.4 Introducción de nueva tecnología

Esta tecnología es utilizada en los países industrializados desde hace muchos años para producir cajas de seguridad, en nuestro país existen empresas especializadas que cuentan con esta maquinaria, maquilan los perfiles y molduras de las fábricas de muebles, y en este caso particular de cajas de seguridad.

4.8.4.1 Ventajas

- a. Reduce el tiempo de fabricación significativamente
- b. Permite pensar en un proceso en serie.
- c. Se ofrecer el servicio del uso de este equipo a otras empresas afines.
- d. Baja el costo de mano de obra.
- e. Permite obtener una mejor calidad en el proceso.
- f. Es primordial si en un momento dado la fabrica quiere obtener una certificación de alguna norma internacional(ISO9000, UL)
- g. Permite utilizar mano de obra con menos calificación y más barata.
- h. Aumenta la productividad de la mano de obra.
- i. Aumenta la eficiencia de la planta de producción.
- j. Aumenta significativamente la calidad del producto terminado.

4.8.4.2 Desventajas

- a. La inversión inicial es relativamente alta.
- b. Hay que solicitar a la Empresa Eléctrica un transformador de corriente Trifásico.
- c. No se puede implementar de inmediato,

- d. En Guatemala no hay suficiente personal técnico calificado para darle mantenimiento a esta maquinaria.
- e. Hay que implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para esta nueva tecnología, que se traduce en un costo adicional.
- f. En Guatemala no hay suficiente oferta de repuestos y accesorios para estas maquinas.

4.9 Selección de la alternativa adecuada

Para poder cumplir con la proyección de ventas de cajas de seguridad modelo 39SS y 90SS, a corto plazo la mejor alternativa es aumentar el numero de operarios en la jornada diurna, dejando abierta la posibilidad de trabajar horas extras si fuera necesario, ya que al analizar y comparar el costo, las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas esta es la más económica.

A largo plazo, tomando en cuenta que el consumo de cajas de seguridad esta aumentando a nivel nacional y Centro americano, la fabrica debe de cambiar el proceso de producción a un proceso en línea, que le permita producir en volúmenes altos, con alta calidad, un buen acabado y a un precio razonable que le permita competir con las cajas importadas de china. Para lograr esto se debe invertir en la implementación de nueva tecnología.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1 Seguimiento

Se le debe de dar un seguimiento continuo al sistema de producción propuesto para mejorarlo continuamente, evaluando el comportamiento de la producción respecto al pronóstico de venta, permitiendo tomar decisiones correctas y oportunas, que permitan considerar siempre la opción más económica.

5.1.1 Formatos de control

Se aplicaran formatos que permitan tener el control adecuado del sistema de producción propuesto, se considera que con estos se tendrá un control adecuado del sistema de producción propuesto, además se contara con la información adecuada y oportuna para tomar decisiones pertinentes, cuando así se requiera. Estos formatos son:

1. Tarjeta de producción.
2. Hoja de producción.
3. Hoja de comparación.

5.1.1.1 Tarjeta de producción

La tarjeta de producción se genera por cada producto que entra al sistema de producción, este puede ser una puerta de bóveda, una caja de seguridad, un

archivo de seguridad, una ventana blindada o cualquier producto especial que el cliente solicite.

Figura 21. Tarjeta de producción

CODIGO	DESCRIPCION	No Orden	<input type="text"/>	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	MODELO	<input type="text"/>	
FECHA DE INGRESO AL SISTEMA				
<input type="text"/>				
FASE DE TRAZADO				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FASE DE CORTE Y DOBLES				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FASE DE ENSAMBLE				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FASE DE ACABADOS Y PINTURA				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FASE DE ARMADO				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FASE DE EMPAQUE				
OPERARIO				
<input type="text"/>				
FECHA	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fuente: formato propuesto

La tarjeta de producción le sirve a la persona encargada del manejo de la materia prima, ya que con esta se descarga el inventario, y queda grabada en la base de datos, permitiendo planificar las compras basándose en las tarjetas de producción que están en el sistema.

Esta tiene un número correlativo que la identifica y que sirve de campo llave en la base de datos que maneja el sistema de producción, identifica plenamente el producto a fabricar con un código y un modelo y la fecha de ingreso al sistema.

La tarjeta de producción le sirve a la persona encargada del manejo de la materia prima, ya que con esta se descarga el inventario, y queda grabada en la base de datos, permitiendo planificar las compras basándose en las tarjetas de producción que están en el sistema.

También se utilizara para descargar la materia prima del kardex de bodega, identifica al operario en cada fase del proceso y las fechas en que se inicia y se termina cada una de ellas.

5.1.1.2 Hoja de producción

La hoja de producción esta definida como la hoja técnica, ya que posee toda la información requerida para realizar la orden de producción, contiene diferentes registros que se dividen en tres grupos , el primer grupo contiene todos los datos del cliente que solicito el equipo, el segundo grupo registra lo requerimiento estándar o especificaciones detalladas por el cliente, cuando este

requiere un equipo especial, que satisfaga sus necesidades de seguridad, y el tercero contiene todos los datos de control interno .

Figura 22. Formato de la hoja de producción

HOJA DE PRODUCCIÓN No. DE ORDEN

NOMBRE DEL CLIENTE <input type="text"/> CONTACTO <input type="text"/> DIRECCIÓN DE ENTREGA <input type="text"/> TELEFONO <input type="text"/> VENDEDOR <input type="text"/> PRECIO DE LISTA <input type="text"/> DESCUENTO EN % <input type="text"/> PRECIO DE VENTA <input type="text"/> EQUIPO STANDAR SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>	FECHAS: DE LA ORDEN <input type="text"/> PROMETIDA <input type="text"/> ENTREGA <input type="text"/>				
MODELO	DESCRIPCION				
ESPECIFICACIONES	DIBUJO				
FASE	OPERARIO	FECHAS	T(HRS)	BONO EN Q	NUMERO DE SERIE <input style="width: 80px; height: 20px;" type="text"/>
		INICIO	ENTREGA		
TRAZADO					
CORTE Y DOBLES					
ENSAMBLE					
ACABADOS Y PINTURA					
ARMADO					
EMPAQUE					

Fuente: formato propuesto

5.1.1.3 Hoja de comparación

En este formato se tabula la producción mensual en unidades de cada modelo de caja de seguridad, se compara con él pronóstico de venta para ese periodo, se saca la diferencia. Esta comparación permite monitorear la producción y corregir en el camino la planificación para producir lo más cercano a la demanda que se pueda.

5.1.1.3.1 Producción real

Es el equipo que se fabrica en el periodo, por facilidad se tabula mensualmente, la producción real es la cantidad de cajas de seguridad modelo 90SS más la cantidad de cajas de seguridad modelo 39SS que se producen en el periodo. Esta producción esta en función de la capacidad instalada y del sistema de producción que se implemente.

5.1.1.3.2 Pronóstico de producción

Es él pronóstico de venta para el periodo dado de cajas de seguridad modelo 90SS y 39 SS, calculado por los métodos de regresión lineal, en este caso el método utilizado es el cíclico, ya que es el que presenta el menor error acumulado.

Es importante analizar si el comportamiento de la producción tiene la misma tendencia, si este cambia, hay que calcular de nuevo el pronóstico de producción usando el método que presente el menor error acumulado.

5.1.1.3.3 Diferencia

Es la diferencia entre el pronóstico y la producción real, esta es importante revisarla cada tres meses, pues si se produce más de lo que se vende, el inventario de cajas de seguridad de estos modelos se incrementa, generando un costo de almacenamiento que baja la utilidad de la planta de producción, si se produce menos de lo que se vende se perderán clientes, esto genera un costo de oportunidad.

Figura 23. Formato de la hoja de comparación

HOJA DE COMPARACIÓN

CAJA DE SEGURIDAD MODELO

METODO DE EVALUACION DEL PRONOSTICO

PERIODO	PRODUCCIÓN REAL	PRONOSTICO DE VENTA	DIFERENCIA

Fuente: formato propuesto

5.1.2 Evaluación del desempeño

El desempeño de los operarios en cada fase del proceso se mide comparando el tiempo predeterminado con el tiempo real que consume el operario en cada fase. En el proceso de fabricación de cajas de seguridad la mano de obra es calificada, el costo por hora es relativamente alto y el tiempo de cada fase es relativamente largo, pues se mide por horas y no por minutos. Es muy importante evaluar el desempeño de cada operario pues si se tarda más del tiempo esperado no se puede cumplir con la demanda, hay que evaluar la calidad de trabajo de cada operario, especialmente en las fases de ensamble, acabados y pintura, y la fase de armado. La fabrica distribuye sus gastos fijos en las horas hombre disponibles en el mes, por lo que cada hora de atraso en las fases del proceso, aumenta el costo indirecto de fabricación.

5.1.2.1 Hoja personal por operario

La hoja personal por operario tiene toda la información relacionada con el mismo, nombre completo, dirección, fecha de inicio de labores, forma de pago, fase del proceso donde esta ubicado. En esta hoja se tabula el tiempo que se tarda en procesar cada equipo realizado, estos tiempos se comparan con el tiempo establecido para ese equipo en particular, también se tabula la calidad de la operación, con estos datos se califica el desempeño de cada operario de la planta cada seis meses. Los operarios comienzan procesando equipos pequeños y relativamente fáciles de trabajar, dependiendo de su desempeño y del progreso que muestren se les asignan trabajos más complejos, los mejor calificados realizan equipos en acero inoxidable y los mecanismo de cierre de las cajas de seguridad.

Figura 24. Hoja personal por operario

HOJA PERSONAL POR OPERARIO

NOMBRE COMPLETO

EDAD SEXO ESTADO CIVIL

DIRECCIÓN TELEFONO

FECHA DE INICIO DE LABORES

FASE DEL PROCESO

No. ORDEN	MODELO	TIEMPO	TIEMPO ESTABLECIDO	DIFERENCIA

Fuente: formato propuesto

5.2 Mejora continua

El proceso de producción se mejora continuamente, rediseñando los equipos que se manufacturan, cambiando la forma de pago, mejorando la calidad de los materiales, creando nuevos modelos de acuerdo a lo que requiere el mercado, reduciendo los tiempos de fabricación en cada fase del proceso. La mejora continua es un proceso que debe de realizarse trabajando en equipo, el gerente de producción, el jefe de planta, el gerente de operaciones, el departamento de ventas, la gerencia general debe de estar informada, el

responsable directo de la mejora continua en el proceso de producción es el gerente de producción, apoyado por el jefe de planta.

5.2.1 Actualizar el consumo de materia prima cada tres meses

La materia prima representa el cincuenta y ocho por ciento del costo de producción de las cajas de seguridad 90SS y 39ss, la materia prima principal es la lamina de acero que se compra en lienzos de un metro con vendidos centímetros por dos metros con cuarenta y cuatro centímetros, las medidas de las cajas estándar permiten tener el mínimo de desperdicio de lamina, sin embargo cuando los productos son especiales puede haber mucho desperdicio, hay que tener un control estricto del mismo.

La base de datos de las tarjetas de producción proporciona la información necesaria para actualizar el consumo de materia prima en el periodo de tres meses.

La persona responsable de actualizar el consumo de materia prima es el jefe de planta.

5.2.2 Evaluar diferencia entre el pronóstico de producción y la producción real cada tres meses

Este informe debe de realizarlo el jefe de planta con el gerente de producción, este se presenta a la gerencia general, en reunión con los gerentes de operaciones y de ventas tomaran la decisión de cambiar la programación de la producción o definir estrategias que permitan vender las cajas de seguridad de acuerdo al pronostico de venta proyectado.

5.2.3 Evaluar el desempeño de cada fase del proceso cada seis meses

El gerente de producción y el jefe de planta evaluarán y analizarán el desempeño en la producción en cada fase del proceso, y el desempeño de cada operario involucrado, el resultado de esta evaluación determina si se sigue o se cambia el proceso de producción, Esto dependerá del crecimiento de la demanda y si el pronóstico de venta tiene la misma tendencia. Las mejoras al proceso de producción se dan todo el tiempo, pues el mercado es dinámico, si se quiere sobrevivir y crecer se debe de estar dispuesto a cambiar y mejorar los procesos de producción, la maquinaria y herramienta, pues se compete a nivel global.

CONCLUSIONES

1. El proceso de producción de cajas de seguridad es por lotes y está dividido en seis fases las que se subdividen en diferentes operaciones de banco.
2. La demanda de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS aumenta considerablemente, superando la capacidad instalada de la planta de producción.
3. La optimización máxima, de acuerdo a la capacidad instalada, es de Q 124,719.08 al mes , produciendo 14 cajas de seguridad modelo 90SS y 76 cajas de seguridad modelo 39SS.
4. Con la implementación de la programación lineal, en el proceso de manufactura de cajas de seguridad, se tiene una holgura de 29 horas en la fase de trazado, 18 horas en la fase de corte y dobléz, 8 horas en la fase de ensamble, 13 horas en la fase de acabados y 1 hora en la fase de empaque.
5. La holgura en las fases de producción, representa tiempo improductivo y un costo adicional en las estaciones de trabajo.

6. Las ventas proyectadas de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS se satisfacen en el futuro, mediante las diferentes opciones, que permiten aumentar la capacidad instalada, de la fábrica.
7. A corto plazo, la alternativa más factible para cumplir con la demanda de cajas de seguridad modelo 90SS y 39SS, es implementar una jornada diurna, trabajando tiempo extraordinario.
8. A mediano plazo, la alternativa más rentable es la implementación de nueva tecnología.
9. La implementación de la opción más rentable debe de hacerse con el apoyo administrativo, lo que permitirá adaptarse a los cambios propuestos.

RECOMENDACIONES

1. Cambiar el proceso de producción de cajas de seguridad a un sistema de producción en línea.
2. Eliminar los costos de holgura de las fases de producción, por medio de la reprogramación de las horas extras en las fases de trazado, corte y dobléz.
3. Implementar un registro detallado de las ventas reales de la fábrica, para analizar la demanda de los otros productos manufacturados.
4. Implementar el uso de formatos de control en el proceso de producción .
5. Implementar un control de calidad en las diferentes fases del sistema de producción.
6. Implementar un registro de los sistemás de pago a los operarios, para controlar los costos reales de los productos terminados, tanto con salario como a destajo, y tener control del costo de horas extras y salarios totales en la fábrica.

7. Certificar el proceso de producción de cajas de seguridad ,con alguna norma de calidad internacional, para poder competir en igualdad de condiciones con las cajas de seguridad importadas.
8. Estudiar la posibilidad de vender las cajas de seguridad fuera de Centro América.
9. Investigar las diferentes alternativas tecnológicas existentes en la actualidad, que permitan mejorar el proceso de producción de cajas de seguridad.
10. Diseñar una base de datos que permita a la administración de la fábrica, llevar un registro estadístico del comportamiento de las variables que componen el proceso de producción de cajas de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADAM, Everett E. y Ronald Evertt. **Administración de la producción y las Operaciones.** s.e Colombia, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana 1981.
2. Hernández Arriaza, Francisco Arturo. Guía teórico practica de laboratorio del curso control de la producción. Tesis Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1990.
3. KOTLER, Phillip. **Fundamentos de mercadotecnia.** s.e. México, Editorial Prentice Hall,1988.
4. LIBERMAN, Hilier. **Introducción a la investigación de operaciones.** s.e. México, Editorial McGrau-Hill, 1984.
5. NIEBEL, Benjamín W. **Ingeniería industrial** métodos, tiempos y movimientos, t.e. México , Alfaomega S.A, 1990.
6. NARASIMHA L. Seetharama. **Planeación de la producción y control Y control de inventarios.** México, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.
7. SALVATORE, Dominick. **Teoría y problemas de microeconomía.** s. e. México, Editorial McGrau-Hill, 1989.

8. SAPAG CHAIN, Nassir y Reynaldo. **Fundamentos de operaciones y Evaluación de proyectos**, Colombia, Editorial McGrau-Hill, 1988.
9. SCHROEDSER, Roger G. **Administración de operaciones**; toma de decisiones en la función de operaciones. s. e . México , Editorial McGrau-Hill, 1983.
10. SUMANTH, David J. **Ingeniería y administración de la productividad**. México, McGrau-Hill, 1991.
11. TAHA, Hamdy A. **Investigación de operaciones** una introducción. México, Editorial alfaomega, 1989.

APÉNDICE A

Fórmulas para los métodos de la familia de curvas ascendentes

Método de la línea recta

$$a = \frac{\sum y * [\sum x^2] - (\sum x) * (\sum xy)}{N * [(\sum x^2) - \sum x]^2}$$

$$b = \frac{N * [\sum xy] - (\sum x) * (\sum y)}{N * [\sum (x^2)] - [\sum x]^2}$$

$$y = a + bx$$

Método geométrico

$$\ln a = \frac{\sum (\ln Y) * [\sum (\ln x)^2] - \sum (\ln x) * [\sum (\ln x \ln y)]}{N * [\sum (\ln x)^2] - [\sum \ln x]^2}$$

$$b = \frac{N * [\sum (\ln x \ln y)] - \sum (\ln x) * \sum (\ln y)}{N * [\sum (\ln x)^2] - [\sum \ln x]^2}$$

$$Y = ax^b$$

Método semilogaritmo exponencial

$$\ln a = \frac{[\sum (\ln y)] * [\sum (x^2)] - (\sum x) * [\sum (x \ln y)]}{N[\sum (x^2)] - [\sum x]^2}$$

$$\ln b = \frac{N * [\sum (x \ln y)] - (\sum x) * [\sum \ln y]}{N * [\sum (x^2)] - [\sum x]^2}$$

$$Y = ab^x$$

Método logaritmo inverso

$$a = \frac{[\sum (\ln y) * \sum (1/x^2)] - (\sum (1/x)) * [\sum (\ln (1/x))]}{N * [\sum (1/x)] - [\sum 1/x]^2}$$

$$b = \frac{N * \sum \left(\ln \left(\frac{y}{x} \right) \right) - \sum (1/x) * [\sum (\ln y)]}{N * [\sum (1/x^2)] - [\sum (1/x)]^2}$$

$$\ln y = a - \frac{b}{x}$$

Método hiperbólico

$$a = \frac{\sum \left(\frac{1}{y} \right) * [\sum x^2] - (\sum x) * [\sum \left(\frac{x}{y} \right)]}{N * [\sum (x^2)] - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N [\sum \left(\frac{x}{y} \right)] - \sum (x) * [\sum \left(\frac{1}{y} \right)]}{N * [\sum x^2] - [\sum x]^2}$$

$$Y = \frac{1}{a} - bx$$

Método de mínimos cuadrados

$$a = \frac{\sum y - b * \sum x}{n}$$

$$b = \frac{n * (\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$Y^2 = (a + bx)^2$$

Método semilogarítmico

$$b_1 = \frac{\sum(yLnx) - \frac{(\sum y) * (\sum Lnx)}{n}}{\sum(Lny)^2 - \frac{(\sum Lny)^2}{n}}$$

$$b_0 = \frac{(\sum y) - b_1 * \sum Lnx}{n}$$

$$Y = b_0 + b_1 Lnx$$

APÉNDICE B

Evaluación de pronóstico por los métodos de familia ascendente

Método de la línea recta

$$y = a + bx$$

$$a = 24.5222$$

$$b = 0.6142$$

$$r = 0.334789695$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	E.Acumulado
33	67	45	22	22
34	50	45	5	27
35	49	46	3	30
36	41	47	-6	35

Método geométrico

$$Y = ax^b$$

$$\ln(a) = 3.3511$$

$$a = 28.5330$$

$$b = 0.0417$$

$$r = 0.0874405$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	33	34	34
34	50	33	17	51
35	49	33	16	67
36	41	33	8	75

Método semilogaritmo exponencial

$$Y = ab^x$$

$$\text{Ln } a = 3.262725789$$

$$\text{Ln } b = 0.011789249$$

$$a = 26.12063955$$

$$b = 1.011859016$$

$$r = 0.271196696$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	39	28	28
34	50	39	11	39
35	49	39	10	49
36	41	40	1	50

Logaritmo inverso

$$\ln y = a - \frac{b}{x} \quad \begin{array}{l} a = 3.4400 \\ b = 0.136303 \end{array}$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	31	36	36
34	50	31	19	55
35	49	31	18	73
36	41	31	10	83

Hiperbólico

$$Y = \frac{1}{a} - bx \quad a = 0.03860204$$

$$b = -0.0002808$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	26	41	41
34	50	26	24	65
35	49	26	23	88
36	41	26	15	103

Logaritmo exponencial

$$Y = ae^{bx}$$

$$b = 0.011789249$$

$$\ln a = 3.262725789$$

$$a = 26.12063955$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	39	28	28
34	50	39	11	39
35	49	39	10	49
36	41	40	1	50

Hiperbólico inverso

$$Y = a + b \ln X$$

$b = -0.007906987$
 $a = 0.164434133$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	6	61	61
34	50	6	44	105
35	49	6	43	148
36	41	6	35	183

Logarítmico

$a = 38.8401$
 $b = -62.7787$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	-181	248	248
34	50	-183	233	480
35	49	-184	233	714
36	41	-186	227	941

Método de mínimos cuadrados

$b = 0.1467$
 $a = 32.2362$

$$Y^2 = (a + bx)^2$$

X	Y	PRONOSTICO	Error	Error Ac
33	67	37	30	30
34	50	37	13	43
35	49	67	-18	61
36	41	38	3	64

Tabla de datos

X	Y	x ²	ln x	1/x	(1/x) ²	y ²	ln(y ²)	1/y
1	37	1	0.0000	1.0000	1.0000	1369	7.2218	2.70E-02
2	32	4	0.6931	0.5000	0.2500	1024	6.9315	3.13E-02
3	49	9	1.0986	0.3333	0.1111	2401	7.7836	2.04E-02
4	35	16	1.3863	0.2500	0.0625	1225	7.1107	2.86E-02
5	40	25	1.6094	0.2000	0.0400	1600	7.3778	2.50E-02
6	28	36	1.7918	0.1667	0.0278	784	6.6644	3.57E-02
7	23	49	1.9459	0.1429	0.0204	529	6.2710	4.35E-02
8	23	64	2.0794	0.1250	0.0156	529	6.2710	4.35E-02
9	31	81	2.1972	0.1111	0.0123	961	6.8680	3.23E-02
10	16	100	2.3026	0.1000	0.0100	256	5.5452	6.25E-02
11	33	121	2.3979	0.0909	0.0083	1089	6.9930	3.03E-02
12	15	144	2.4849	0.0833	0.0069	225	5.4161	6.67E-02
13	31	169	2.5649	0.0769	0.0059	961	6.8680	3.23E-02
14	18	196	2.6391	0.0714	0.0051	324	5.7807	5.56E-02
15	22	225	2.7081	0.0667	0.0044	484	6.1821	4.55E-02
16	41	256	2.7726	0.0625	0.0039	1681	7.4271	2.44E-02
17	23	289	2.8332	0.0588	0.0035	529	6.2710	4.35E-02
18	40	324	2.8904	0.0556	0.0031	1600	7.3778	2.50E-02
19	37	361	2.9444	0.0526	0.0028	1369	7.2218	2.70E-02
20	29	400	2.9957	0.0500	0.0025	841	6.7346	3.45E-02
21	26	441	3.0445	0.0476	0.0023	676	6.5162	3.85E-02
22	50	484	3.0910	0.0455	0.0021	2500	7.8240	2.00E-02
23	26	529	3.1355	0.0435	0.0019	676	6.5162	3.85E-02
24	44	576	3.1781	0.0417	0.0017	1936	7.5684	2.27E-02
25	26	625	3.2189	0.0400	0.0016	676	6.5162	3.85E-02
26	29	676	3.2581	0.0385	0.0015	841	6.7346	3.45E-02
27	57	729	3.2958	0.0370	0.0014	3249	8.0861	1.75E-02
28	19	784	3.3322	0.0357	0.0013	361	5.8889	5.26E-02
29	33	841	3.3673	0.0345	0.0012	1089	6.9930	3.03E-02
30	59	900	3.4012	0.0333	0.0011	3481	8.1551	1.69E-02
31	30	961	3.4340	0.0323	0.0010	900	6.8024	3.33E-02
32	107	1024	3.4657	0.0313	0.0010	11449	9.3457	9.35E-03
33	67	1089	3.4965	0.0303	0.0009	4489	8.4094	1.49E-02
34	50	1156	3.5264	0.0294	0.0009	2500	7.8240	2.00E-02
35	49	1225	3.5553	0.0286	0.0008	2401	7.7836	2.04E-02
36	41	1296	3.5835	0.0278	0.0008	1681	7.4271	2.44E-02

xy	lnx*lny	x(lny)	ln (x*y)	(ln y)/x	(ln x) ²	y (lnx)	(1/x)(1/y)	(1/y) ²
37	0.0000	3.6109	3.6109	3.61091791	0.00000	0.00	2.703E-02	7.30E-04
64	2.4023	6.9315	4.1589	1.73286795	0.48045	22.18	1.563E-02	9.77E-04
147	4.2756	11.6755	4.9904	1.29727343	1.20695	53.83	6.803E-03	4.16E-04
140	4.9288	14.2214	4.9416	0.88883702	1.92181	48.52	7.143E-03	8.16E-04
200	5.9370	18.4444	5.2983	0.73777589	2.59029	64.38	5.000E-03	6.25E-04
168	5.9705	19.9932	5.1240	0.55536742	3.21040	50.17	5.952E-03	1.28E-03
161	6.1014	21.9485	5.0814	0.44792775	3.78657	44.76	6.211E-03	1.89E-03
184	6.5201	25.0840	5.2149	0.39193678	4.32408	47.83	5.435E-03	1.89E-03
279	7.5452	30.9059	5.6312	0.38155413	4.82780	68.11	3.584E-03	1.04E-03
160	6.3841	27.7259	5.0752	0.27725887	5.30190	36.84	6.250E-03	3.91E-03
363	8.3843	38.4616	5.8944	0.31786432	5.74990	79.13	2.755E-03	9.18E-04
180	6.7293	32.4966	5.1930	0.22567085	6.17476	37.27	5.556E-03	4.44E-03
403	8.8080	44.6418	5.9989	0.26415286	6.57897	79.51	2.481E-03	1.04E-03
252	7.6279	40.4652	5.5294	0.20645513	6.96462	47.50	3.968E-03	3.09E-03
330	8.3707	46.3656	5.7991	0.2060695	7.33354	59.58	3.030E-03	2.07E-03
656	10.2962	59.4172	6.4862	0.23209825	7.68725	113.68	1.524E-03	5.95E-04
391	8.8835	53.3034	5.9687	0.18444084	8.02710	65.16	2.558E-03	1.89E-03
720	10.6622	66.3998	6.5793	0.20493775	8.35425	115.61	1.389E-03	6.25E-04
703	10.6321	68.6074	6.5554	0.19004831	8.66972	108.94	1.422E-03	7.30E-04
580	10.0875	67.3459	6.3630	0.16836479	8.97441	86.88	1.724E-03	1.19E-03
546	9.9193	68.4200	6.3026	0.15514745	9.26912	79.16	1.832E-03	1.48E-03
1100	12.0922	86.0645	7.0031	0.17781923	9.55454	154.55	9.091E-04	4.00E-04
598	10.2157	74.9362	6.3936	0.14165637	9.83132	81.52	1.672E-03	1.48E-03
1056	12.0264	90.8206	6.9622	0.15767457	10.10003	139.83	9.470E-04	5.17E-04
650	10.4874	81.4524	6.4770	0.13032386	10.36116	83.69	1.538E-03	1.48E-03
754	10.9710	87.5497	6.6254	0.12951138	10.61519	94.48	1.326E-03	1.19E-03
1539	13.3252	109.1624	7.3389	0.14974264	10.86254	187.86	6.498E-04	3.08E-04
532	9.8115	82.4443	6.2766	0.10515853	11.10359	63.31	1.880E-03	2.77E-03
957	11.7738	101.3987	6.8638	0.12056923	11.33868	111.12	1.045E-03	9.18E-04
1770	13.8685	122.3261	7.4787	0.13591791	11.56814	200.67	5.650E-04	2.87E-04
930	11.6797	105.4371	6.8352	0.10971604	11.79227	103.02	1.075E-03	1.11E-03
3424	16.1948	149.5305	8.1386	0.1460259	12.01133	370.83	2.921E-04	8.73E-05
2211	14.7017	138.7549	7.7012	0.12741493	12.22557	234.27	4.523E-04	2.23E-04
1700	13.7952	133.0088	7.4384	0.1150595	12.43522	176.32	5.882E-04	4.00E-04
1715	13.8368	136.2137	7.4472	0.11119487	12.64050	174.21	5.831E-04	4.16E-04
1476	13.3077	133.6886	7.2971	0.10315478	12.84161	146.92	6.775E-04	5.95E-04

Fuente: Cálculos propios

Cálculo de capacidad instalada

La capacidad instalada en días hábiles para el año 2006

Mes	Días disponibles	Horas	Horas extra
Enero	22 días de lunes a viernes y 4 sábados	194	86
Febrero	20 días de lunes a viernes y 4 sábados	176	86
Marzo	23 días de lunes a viernes y 4 sábados	202	90
Abril	17.5 días de lunes a viernes y 3 sábados	162	66
Mayo	22 días de lunes a viernes y 4 sábados	194	86
Junio	21 días de lunes a viernes y 4 sábados	186	82
Julio	21 días de lunes a viernes y 4 sábados	185	87
Agosto	22 días de lunes a viernes y 4 sábados	186	86
Septiembre	20 días de lunes a viernes y 4 sábados	176	86
Octubre	22 días de lunes a viernes y 4 sábados	186	82
Noviembre	21 días de lunes a viernes y 4 sábados	185	83
Diciembre	20 días de lunes a viernes y 4 sábados	175	85

Fuente: cálculos propios

ANEXO

Algoritmo de solución por el método simple para un modelo de maximización

- **Paso 1**

Transformar las inecuaciones de las restricciones agregándole las variables de holgura.

- **Paso 2**

Igualar a cero la función objetivo; en este caso no se considera el signo de las variables de holgura, pues están penalizadas.

- **Paso 3**

Construir el tablero inicial, en el que aparecen las variables básicas y de holgura de la función objetivo y de las restricciones.

- **Paso 4**

Determinar la variable más negativa de la función objetivo, a la que se denomina variable que entra; la columna solución se divide entre la columna de la variable que entra; el cociente más pequeño que resulta de esta operación se identifica con la intersección y es la variable que sale.

- **Paso 5**

El valor de la intersección debe dividirse a la fila de la variable que sale para crear un pivote.

- **Paso 6**

A continuación debe multiplicarse la fila donde se encuentra el elemento pivote por el valor que contiene la variable que entró en la función objetivo; luego multiplicar la fila por -1 y sumar la fila de la función, para eliminar el valor de la posición.

- **Paso 7**

Después deben eliminarse los valores que se encuentran arriba y abajo del elemento pivote, siguiendo el paso anterior.

- **Paso 8**

El procedimiento continúa ahora determinando la variable más negativa de la función objetivo y repitiendo el procedimiento desde el paso 4. La solución óptima se encuentra cuando no haya valores negativos en la función objetivo.

Jornadas de trabajo establecidas por el código de trabajo de la república de Guatemala

Jornada	Horario	Horas trabajadas
Diurna	Inicia: 6.00 hr termina: 18.00 hr	44 horas a la semana
Mixta	Inicia: 14.00 hr termina: 21:00 hr	42 horas a la semana
Nocturna	Inicia : 18:00 hr termina : 6:00 hr	36 horas a la semana

Jornada de trabajo utilizada en la fábrica de cajas de seguridad

Dia	Horas ordinario	Horas extras disponibles
Lunes	9	3
Martes	9	3
Miércoles	9	3
Jueves	9	3
Viernes	8	4
Sábado		4
TOTAL	44	20

