



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

**LA INGENIERÍA PREVENTIVA COMO UNO DE LOS ASPECTOS  
INVOLUCRADOS EN EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA  
LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

WAGNER ALEJANDRO FUENTES MAZARIEGOS

Asesorado por

INGENIERO WALTER LEONEL ÁVILA ECHEVERRÍA

Guatemala, septiembre de 2005



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**LA INGENIERÍA PREVENTIVA COMO UNO DE LOS ASPECTOS  
INVOLUCRADOS EN EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA  
LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

WAGNER ALEJANDRO FUENTES MAZARIEGOS

ASESORADO POR INGENIERO WALTER LEONEL ÁVILA ECHEVERRÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**LA INGENIERÍA PREVENTIVA COMO UNO DE LOS ASPECTOS INVOLUCRADOS EN EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica industrial, con fecha 27 de enero de 2005.

**WAGNER ALEJANDRO FUENTES MAZARIEGOS**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios todopoderoso** Ser creador de todo, fuente de infinita sabiduría, por poner a mi alcance los elementos necesarios para culminar mi carrera.
- Virgen de Guadalupe** Por su misericordia y bendiciones que me ha concedido.
- Mis Padres** Alejandro Fuentes Lorenzo (Q. E. P. D.) por haber sido el principal guía de toda la familia.  
Avelina Mazariegos de León, con todo mi amor, por su valentía y perseverancia para sacar adelante a la familia.
- Mis hermanos** Irma Yolanda, Nelson Orlando e Ingrid Beatriz, muy agradecido, por su invaluable apoyo y colaboración a lo largo de mi carrera.
- Mis familiares** Agradecimiento, cariño y respeto por hacer posible el éxito de mi carrera.
- Los ingenieros** Walter Ávila y Joaquín García, por su ayuda y apoyo profesional.
- Mis compañeros** Mi más sincero agradecimiento, por todo su apoyo y amistad incondicional.



## INDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII

### 1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Surgimiento de la empresa .....	1
1.1 Razón Social.....	2
1.1 Organización Administrativa .....	2
1.1 Productos .....	3
1.1 Historia de la máquina de coser .....	4
1.5.1 Características .....	6
1.5.2 Partes .....	6
1.5.3 Formación de Puntadas .....	7
1.5.4 Tipos de puntadas .....	8
1.5.5 Tipos de camas .....	11
1.5.6 Tipos de ganchos .....	12
1.5.7 Tipos de motores .....	12
1.5.8 Comparativo de motores eléctrico y electrónico .....	13
1.5.9 Tipos de máquinas .....	13
1.1 Descripción general de los aspectos involucrados en la eficiencia ..	15

1.6.1	Concepto de eficiencia .....	16
1.6.2	Mantenimiento en General .....	16
1.6.2.1	Mantenimiento correctivo .....	17
1.6.2.2	Mantenimiento preventivo (MP) .....	18
1.6.3	Estaciones de Trabajo .....	19
1.6.4	Métodos de Trabajo .....	19
1.6.5	Balance de Líneas .....	20
1.6.6	Flexibilidad de producción .....	21

## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

2.1	Eficiencia actual.....	23
2.2	Costo de la línea de Producción .....	23
2.3	Situación actual del departamento de mantenimiento .....	26
2.3.1	Estructura actual del Departamento de Mantenimiento .....	26
2.3.1.1	Organigrama actual de departamento .....	26
2.3.2	Situación actual del Mantenimiento Preventivo .....	27
2.3.2.1	Frecuencia con que se realiza el MP .....	28
2.3.2.2	Actividades actuales del Departamento .....	28
2.3.2.3	Utilización actual del personal de Mantenimiento .....	28
2.3.3	Cantidad de maquinaria en línea .....	29
2.3.3.1	Tipo de maquinaria existente .....	29
2.3.3.2	Función de la maquinaria .....	29
2.3.4	Tiempos Muertos .....	31
2.3.4.1	Causas actuales que ocasionan Tiempos Muertos .....	31
2.4	Situación actual de los aspectos de ingeniería de métodos involucrados en la eficiencia .....	33
2.4.1	Forma Actual de Realizar el inicio de producción .....	33

2.4.1.1	Actividades del departamento de Planificación	33
2.4.1.2	Actividades del departamento de Ingeniería	34
2.4.1.3	Actividades del Grupo Técnico	34
2.4.1.4	Actividades del departamento de Mantenimiento	34
2.4.1.5	Actividades del departamento de Calidad	35
2.4.2	Balance de línea actual	35
2.4.2.1	Cuellos de botella actuales	35
2.4.3	Diagramas actuales de la línea	36
2.4.3.1	Diagrama de operaciones actual	36
2.4.3.2	Diagrama de flujo actual	39
2.4.3.3	Diagrama de recorrido actual	39
2.4.4	Actitud actual del Recurso Humano	41
2.4.4.1	Resistencia al cambio	41
2.4.4.2	Participación del Recurso Humano	42

### **3. PROPUESTA A IMPLEMENTAR**

3.1	Propuesta de la Ingeniería Preventiva	43
3.1.1	Importancia del mantenimiento Preventivo	44
3.1.1.1	¿En dónde se aplicará el MP?	45
3.1.2	Nuevas Responsabilidades de los departamentos	46
3.1.2.1	Ingeniería de Mantenimiento	46
3.1.2.2	Departamento de Producción	47
3.1.2.3	Departamento de Planificación	48
3.1.2.4	Grupos de ejecución del Trabajo	48
3.1.3	Nuevas Actividades del Mantenimiento Preventivo	49
3.1.3.1	MP para máquinas planas	50
3.1.3.2	MP para máquinas de cadeneta	51
3.1.3.3	MP para máquinas Pretinadoras	52

3.1.3.4	MP para máquinas cerradoras .....	52
3.1.3.5	MP para máquinas overlock .....	53
3.1.4	Programación del Mantenimiento Preventivo .....	54
3.1.4.1	Frecuencia con que se realizará el MP .....	55
3.1.4.2	Fijación de días en que se realizará el MP .....	56
3.2	Propuesta de la Ingeniería de Métodos.....	57
3.2.1	Forma en que se realizará el análisis de pre-producción .....	57
3.2.1.1	Análisis del Método de Trabajo .....	58
3.2.1.2	Balance de Líneas Teórico.....	59
3.2.1.3	Análisis de Requerimiento de Maquinaria .....	61
3.2.1.4	Análisis de Requerimiento de personal necesario .....	62
3.2.1.5	Distribución de la maquinaria .....	62
3.2.2	Forma en que se realizará el análisis en producción.....	64
3.2.2.1	Análisis de Tiempos .....	64
3.2.2.2	Balance de Líneas Real.....	65
3.2.2.3	Diagrama de Pitch .....	66
3.2.2.4	Establecer la capacidad de los operarios .....	68
3.2.2.5	Establecer cuello de Botella Real .....	68
3.2.2.6	Analizar y mejorar la Estación de Trabajo .....	69
3.2.2.7	Control de producción y Producto En Proceso .....	70
3.2.3	Cómo se vencerá la Resistencia al Cambio .....	72
3.2.3.1	Educación y Comunicación .....	73
3.2.3.2	Participación.....	73
3.2.3.3	Apoyo y facilitación .....	74
3.2.4	Cómo se disminuirán los tiempos muertos .....	75
3.2.4.1	Estandarización de actividades.....	75
3.2.4.2	Rendimiento potencial del MP .....	76

#### **4. IMPLANTACIÓN DE LA INGENIERÍA PREVENTIVA**

4.1	Implantación de la Ingeniería Preventiva .....	77
4.1.1	Responsabilidades del Mantenimiento Preventivo .....	77
4.1.1.1	Ingeniería de Mantenimiento .....	77
4.1.1.2	Departamento de Producción .....	78
4.1.1.3	Departamento de Planificación .....	79
4.1.1.4	Grupos de ejecución del Trabajo .....	79
4.1.2	Programa de Mantenimiento preventivo .....	79
4.1.2.1	Misión del Mantenimiento Industrial.....	80
4.1.2.2	Visión del Mantenimiento Industrial .....	80
4.1.2.3	Políticas del Mantenimiento Preventivo .....	80
4.1.2.4	Objetivos del Mantenimiento Preventivo .....	81
4.1.2.5	Selección y perfil del personal .....	82
4.1.2.6	Procedimiento del Mantenimiento Preventivo .....	83
4.1.2.7	Actividades del Mantenimiento Preventivo .....	84
4.1.2.8	Planificación del Mantenimiento Preventivo .....	84
4.1.2.9	Ordenes de trabajo .....	86
4.1.2.10	Inspecciones programadas .....	88
4.1.2.11	Actividades del mecánico .....	89
4.1.2.12	Actividades del operario .....	89
4.1.2.13	Contratistas externos.....	90

#### **5. SEGUIMIENTO DE LOS PLANES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA**

5.1	Programa de entrenamiento .....	91
5.1.1	Al Líder de Grupo.....	91
5.1.2	Al Mecánico.....	92
5.2	Mejora Continua .....	93
5.2.1	Inspección de Actividades Rutinarias de MP .....	94

5.3	Círculos de Calidad ( Q) .....	95
5.3.1	Integración de los círculos de calidad.....	96
5.3.2	Objetivos de los círculos de calidad.....	97
5.3.3	Programación de reuniones de los círculos de calidad .....	95
5.4	Control de tiempos muertos .....	98
5.4.1	Control de tiempos muertos por demoras personales.....	98
5.4.2	Control de tiempos muertos en reparación de maquinaria. ....	99
5.5	Control de costos .....	99
5.5.1	Método para controlar los costos .....	100
5.6	Preparación previa de los cambios de producción.....	101
5.6.1	Análisis previo de operaciones críticas .....	102
5.6.2	Capacitación previa a operarios .....	103
5.6.3	Preparación anticipada de maquinaria .....	103
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES .....	107
	REFERENCIAS .....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Organigrama de la planta de costura	3
2	Máquina de coser de pedal	5
3	Partes de la máquina de coser Industrial	7
4	Máquina plana	8
5	Máquina de Cadeneta	9
6	Máquina Pretinadora	9
7	Máquina Cerradora	10
8	Máquina <i>Overlock</i>	10
9	Costo total del servicio de mantenimiento	17
10	Punto de equilibrio de la línea de producción	25
11	Organigrama del Departamento de Mantenimiento Industrial	27
12	Diagrama de Pareto para tiempos muertos	32
13	Diagrama de operaciones actual	37
14	Diagrama de flujo actual	38
15	Diagrama de recorrido actual	40
16	Diagrama de recorrido propuesto	63

### TABLAS

I	Comparativo de máquinas industriales	15
II	Punto de equilibrio de la línea de producción	24
III	Prioridad de causas que generan tiempo muerto	32
IV	Control de producción bi-horal	71
V	Ordenes de trabajo de MP	87



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
N	Eficiencia
%	Porcentaje
Q	Calidad
Q	Quetzales
#	Número
S	Sumatoria



## GLOSARIO

<b>Autómata</b>	Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.
<b>Comando</b>	Instrucción para que el ordenador realice una operación.
<b>Cuello de botella</b>	Es el recurso cuya capacidad es igual o menor a la demanda que hay de él.
<b>Dobladillo</b>	Pliegue o doblez en el borde de una tela.
<b>Ergonomía</b>	Es el estudio de las capacidades físicas y mentales del ser humano y la aplicación de éstos conocimientos en el diseño de los productos para adaptarse a los cuerpos y capacidades de las personas
<b><i>Fashion</i></b>	Palabra en inglés, cuyo significado en español significa moda, nombre que se da a los pantalones cuyas especificaciones son más complicadas y requieren mayor utilización de recurso humano y maquinaria.
<b>Garfio</b>	Es el elemento de formación de puntada, el cual da dos vueltas por cada revolución de la rueda de mano, la primera para manejar el hilo, formar la puntada, y la segunda para fijación de la puntada.

<b>Integración Vertical</b>	Tiene que ver con el incremento de la propiedad, hacia atrás, o sea hacia la fuente de suministro y hacia adelante, o sea hacia los canales de distribución.
<b>Outsourcing</b>	Es hacer uso de contratistas externos, los cuales desempeñan actividades que no son la razón de ser de nuestra empresa.
<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades secuenciales que se realizan para elaborar un bien o servicio.
<b>Prototipo</b>	Modelo o versión inicial de un producto, previsto para probar y desarrollar el diseño antes de invertir en el equipo necesario para producirlo.
<b>Puntada</b>	Es la unidad de formación que resulta del entrelazamiento de una o más lanzadas, pasando dentro o a través del material.
<b>SAM</b>	Siglas que quieren decir <i>Standard Allowed Minutes</i> , que en español significan Minutos Estándar Permitidos o tiempo estándar.
<b>Tiempo Muerto</b>	Es la tolerancia que se aplica para cubrir las necesidades que retrasan la producción, los cuales dan lugar a la disminución de la capacidad real de una planta.

## **RESUMEN**

La eficiencia es una medida de efectividad, a través de la cual las empresas determinan la cantidad de beneficios que consigue, y, por medio de ella, se puede saber si se logran o no las metas previstas, ya que, es el resultado de obtener cierto volumen de producción utilizando óptimamente el tiempo y el recurso humano disponible.

El cálculo de la eficiencia se hace a través de los factores que se tomen en consideración, los cuales dependen de las políticas de cada empresa. El control de la eficiencia en la industria de la confección debe dar la información necesaria a toda persona que tenga bajo su responsabilidad aspectos relacionados con la producción de su empresa.

En conclusión, la eficiencia es una medida relacionada con el porcentaje de aprovechamiento de tiempo productivo que el operario tuvo durante un día de trabajo, el resto es tiempo muerto, debido a paros innecesarios por fallas de maquinaria, complicación de procesos, métodos de producción inapropiados, resistencia al cambio, balanceo de líneas incorrecto, etc., por lo tanto, se llevará a cabo en este Trabajo de Graduación la implantación de La Ingeniería Preventiva, equivalente a un programa convencional de Mantenimiento Preventivo, que, junto con diversos análisis detallados de Ingeniería de Métodos, conforman diversos aspectos involucrados en el mejoramiento de la eficiencia de una línea de producción. Se obtiene, con esto, un conocimiento de la capacidad productiva de la empresa, reducción de costos, mayor aprovechamiento de los insumos, mayores ingresos y, en general, un mejoramiento respecto de las bases económicas de la empresa.



## **OBJETIVOS**

### ➤ **GENERAL**

Implantar la ingeniería preventiva como uno de los aspectos involucrados en el mejoramiento de la eficiencia en la industria de la confección para mantener la maquinaria funcionando en óptimas condiciones y, así, reducir los paros imprevistos por fallas.

### ➤ **ESPECÍFICOS**

1. Plantear la misión y la visión que debe tener el departamento de Mantenimiento Industrial en una Planta de Producción.
2. Establecer cuáles deben ser las reglas y políticas del Mantenimiento Preventivo en plantas.
3. Diseñar un Programa de Mantenimiento Preventivo para conocer qué, cuándo y cómo se deben realizar las actividades periódicas de mantenimiento.
4. Disminuir los tiempos muertos de las máquinas de coser por fallas debido a la inexistencia de la Ingeniería Preventiva.
5. Analizar y mejorar el flujo de materiales en una línea de producción por medio del balance de líneas.

6. Mejorar el método y la estación de trabajo para optimizar el tiempo productivo del cuello de botella.
7. Realizar análisis correspondientes de producción de cada producto a trabajar para conservar un nivel constante de eficiencia en la línea.

## INTRODUCCIÓN

La producción en línea es aquella en donde un producto se realiza por medio de una secuencia de operaciones desde el principio hasta el fin, la detención de la producción, en cualquier punto de la línea, dejaría sin alimentación al resto de operaciones posteriores, generando con ello tiempo muerto tanto de maquinaria como de recurso humano.

La disminución del tiempo muerto en la producción en línea es en realidad un desafío para la gerencia de producción, pues es el factor que afecta directamente la eficiencia y la rentabilidad de la línea de producción.

Debido a la necesidad de optimizar el tiempo total productivo, se llevará a cabo en este Trabajo de Graduación la implantación de La Ingeniería Preventiva en una línea de producción de prendas de vestir, que es una de las herramientas más importantes para la minimización del tiempo muerto, para tal efecto, se mencionan temas tales como, la importancia del Mantenimiento Preventivo, actividades del mantenimiento, la frecuencia con se realizará, la programación del entrenamiento y la forma de programar el MP.

Por otra parte, el tiempo muerto no depende, únicamente, del servicio que esté brindando la maquinaria, también, depende de técnicas de Ingeniería de Métodos para lograr el aprovechamiento del recurso humano, es por eso que, también se incluyen otros aspectos relacionados con el mejoramiento de la eficiencia en éste tipo de industria, entre estos se mencionan: el correcto balanceo de líneas, mejoramiento de los métodos y estaciones de trabajo, análisis de diagramas de operaciones y vencimiento de la resistencia al cambio.



# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1 Surgimiento de la empresa

La empresa en la cual se realizará el presente trabajo de graduación se inició, como muchas otras, con una sola planta de producción, que se dedicaba únicamente al ensamble de pantalones, esto quiere decir que, realizaban únicamente uno de los cinco procesos generales para la elaboración de este tipo de prendas de vestir.

En la actualidad, Koramsa, es un ejemplo de una empresa que tiene una verdadera visión de crecimiento desde sus inicios en Guatemala en el año de 1988, visión que ha tenido presente hasta la actualidad y que le ha servido para su crecimiento y posicionamiento no solo en nuestro país, sino también en América, como una de las empresas líderes en la industria textil, proporcionando un servicio completo en la elaboración de pantalones con calidad y brindando un ambiente agradable de trabajo a sus colaboradores.

Actualmente, brinda el servicio completo en la elaboración de pantalones y para ello cuenta con: plantas encargadas del corte y azoramiento de la materia prima, plantas de costura en donde se ensambla el pantalón, una planta de acabados especiales (si son necesarios), plantas de lavandería, un departamento de planchado y un departamento de *finishing* que en español significa terminando, la cual se encarga de finalizar las operaciones del producto previo a exportarlo.

## **1.2 Razón Social**

La planta en análisis es Koramsa 4, se caracteriza por tener a su cargo únicamente la responsabilidad de una parte o fase del proceso general e integral de la fabricación de pantalones.

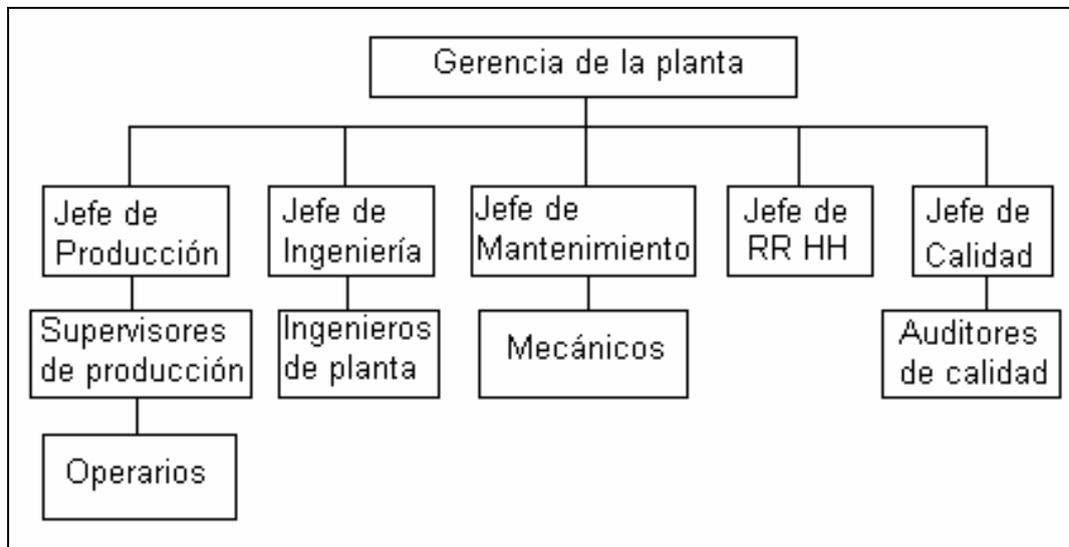
El papel de esta planta es únicamente el de “maquilar” o coser, términos que en este caso equivalen a ensamblar piezas y es una actividad que se lleva a cabo según sean las disponibilidades de tiempo, máquinas y operarios durante cada jornada de trabajo. Esto quiere decir que, esta planta no asume responsabilidades de diseñar, moldear ni cortar las telas que darán forma a los pantalones. Tampoco le corresponden las actividades posteriores de costura como: lavado, secado ni empaque del producto terminado.

## **1.3 Organización Administrativa**

En esta organización, las ordenes de producción se reciben en los altos niveles jerárquicos y se transmiten por delegación, es decir, que aquellas arrancan desde los altos niveles administrativos y se trasladan hacia los niveles administrativos inferiores, que es donde interpretan y ejecutan dicha orden.

La organización administrativa que caracteriza a cada planta de Koramsa es la de tipo lineal. Esta se caracteriza por los niveles jerárquicos que están colocados en orden gradual, de arriba hacia abajo (figura 1), reduciendo de esta manera, la capacidad de decisión cuando el nivel administrativo es más bajo.

Figura 1. Organigrama de la planta de costura.



#### 1.4 Productos

Los productos que se trabajan en la empresa actualmente son, como se mencionó anteriormente, pantalones y chumpas de lona y se puede decir que esta empresa es una de las pocas en Guatemala que cuentan con *Full Package*, que en español quiere decir Paquete Completo, nombre con que se designa a las empresas que han tenido una completa integración vertical tanto hacia atrás como hacia adelante.

## **1.5 Historia de la máquina de coser**

Es un dispositivo utilizado en la industria de la confección para unir piezas de tela mediante puntadas cerradas o en cadena. Este instrumento fué diseñado por primera vez en Inglaterra en 1790 por Thomas Saint y representaba ventajas notables sobre la costura que anteriormente se hacía a mano, usaba un único hilo por lo cual hacía una puntada en cadena. En vez de aguja utilizaba una lesna para perforar el material, otro mecanismo colocaba el hilo a través del agujero, tras lo cual una vara llevaba el hilo a través de la parte inferior donde un gancho recogía el hilo y lo llevaba a la parte inferior para la siguiente puntada. Ésta máquina estaba diseñada para coser piel y tela pero fué demasiado primitiva y nunca pasó del prototipo.

En 1830, Barthélemy Thimonnier inventó otra máquina más práctica, ésta usaba una aguja que se movía hacia abajo mediante un pedal y volvía a su posición inicial mediante un muelle. Ésta también producía una puntada en cadena. 80 de estos aparatos fueron reproducidos e instalados en una empresa de confección, pero en 1840 algunos sastres inconformes entraron a la tienda de Thimonnier y destrozaron esta novedosa máquina de coser. Este inventor murió arruinado en Inglaterra en el año de 1857.

En 1834, Walter Hunt inventó la máquina de puntada cerrada. Esta máquina empleaba una aguja con un ojo en la punta y una lanzadera oscilante. Independientemente de Hunt, El inventor estadounidense Elías Howe desarrolló otra máquina con los mismos dispositivos básicos que la de Hunt y la patentó en 1846. Luego, otro inventor estadounidense, Isaac Merrit Singer, patentó una máquina similar a la de Howe y sentó las bases para la producción en serie de estas máquinas.

La incorporación de la bobina rotatoria en una máquina patentada por el estadounidense Allen Benjamín Wilson en 1850, fué otro de los descubrimientos importantes en este campo, junto con la alimentación intermitente de cuatro movimientos para hacer avanzar la tela a velocidad uniforme entre cada puntada.

Las primeras máquinas de coser se accionaban por medio de una manivela. Más tarde se incorporó un pedal con un dispositivo de manivela (figura 2), esto le permitía al operario usar las dos manos para guiar el material bajo la aguja. Actualmente las máquinas de coser están equipadas con motores eléctricos que se activan con un interruptor o embrague que se acciona con el pie o la rodilla.

Figura 2. Máquina de coser de pedal



Fuente: [http:// www.theoldtimes/thehistoryofthesewingmachine.com](http://www.theoldtimes/thehistoryofthesewingmachine.com)

### **1.5.1 Características**

Las máquinas de coser industriales nos sirven para realizar una operación específica a la vez y sólo en casos muy particulares podemos realizar varias operaciones con la misma máquina<sup>1</sup>.

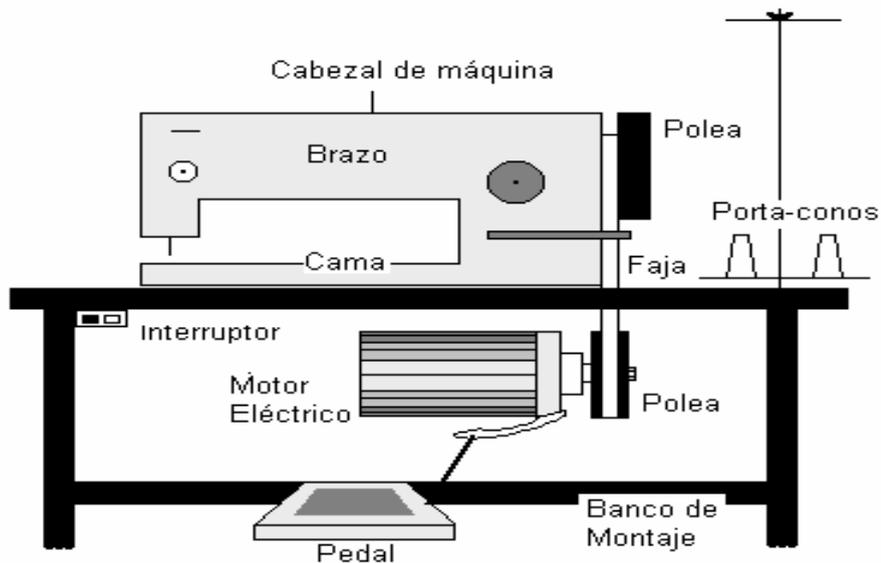
Todas las máquinas de coser industriales, aunque se les ha diseñado para realizar diferentes operaciones para cada tipo de material, su principio de funcionamiento es el mismo.

Otra característica importante con que cuentan estas máquinas es la capacidad de trabajar a altas velocidades con un alto nivel de precisión, todo gracias a la avanzada tecnología con que cuentan actualmente.

### **1.5.2 Partes**

Las máquinas de coser industriales en su parte superior, cuentan con un cabezal de máquina, en donde va situado el brazo y la cama (figura 3), cuenta también con una polea que es movida por medio de una faja conectada directamente al motor eléctrico colocado en la parte inferior del banco de montaje, este motor eléctrico es accionado por medio de un interruptor y transmite el movimiento por medio de un embrague accionado por un mecanismo de pedal.

Figura 3. Partes de la máquina de coser industrial



Todas estas piezas se coordinan para lograr el funcionamiento óptimo de los mecanismos de fijación de posición y transmisión de movimiento.

### 1.5.3 Formación de Puntadas

El primer paso en la formación de todas las puntadas se le llama penetración, esto ocurre cuando la aguja pasa el hilo a través del material y alrededor de una bobina que esta cargada con hilo. Luego, este hilo es halado hacia al centro del material llevando consigo el hilo de la bobina. La relación de cantidad entre el hilo de la bobina y el hilo de la aguja debe ser la misma en la formación de una puntada balanceada. Lo anterior es necesario para permitirle a la palanca tira hilos entregar hilo despacio al garfio en su movimiento descendente y halarlo rápido en su subida para poder sacar el hilo de la punta del garfio, fijar la puntada y sacar hilo del cono. El viaje de la palanca tira hilos es dos veces más rápido en su movimiento ascendente que en el descendente.

Es necesario tomar en cuenta que tanto la selección de la aguja como del hilo es determinante para la obtención de una puntada de calidad.

#### **1.5.4 Tipos de puntadas**

Existen seis tipos de puntadas las cuales se clasifican y describen como a continuación:

Tipo 100 puntada de cadena: Se utilizan para costuras invisibles de un solo hilo como en el cerrado de costales y pegado de botón, además, utilizan 1 hilo, 1 gancho y 1 aguja.

Tipo 200 que corresponden a todo tipo de puntadas realizadas manualmente.

Tipo 300 Puntadas cerradas: Se utilizan para realizar costuras rectas y costuras en zigzag como en los tejidos elásticos; utilizan 2 hilos, 1 cangrejo y 1 aguja. Comúnmente se les da el nombre de máquinas planas (figura 4).

Figura 4. Máquina Plana



Fuente: [http://: www.maquinasdecoser.com](http://www.maquinasdecoser.com)

Tipo 400 Puntadas a cadeneta por hilos múltiples: Se utilizan en pretinadoras, en dobladillo de mangas y bajos de playera polo y T-shirt; utilizan 2, 3 hasta 4 hilos, un gancho y 2 ó 3 agujas. Éste tipo de máquinas pueden ser de cadeneta (figura 5), pretinadoras (figura 6) y cerradoras (figura 7).

Figura 5. Máquina de cadeneta



Fuente: <http://www.maquinasdecoser.com>

Figura 6. Máquina Pretinadora



Fuente: [http://brotherie.es/coser\\_ind.html](http://brotherie.es/coser_ind.html)

Figura 7. Máquina cerradora



Fuente: <http://maquinasdecoser.net/maquinasespeciales.html>

Tipo 500 puntadas sobrehilado: Con 3 hilos, 2 ganchos y 1 aguja se utilizan para cerrado de playeras tipo polo y con 5 hilos, 3 ganchos y 2 agujas se utilizan para cerrado de costados y cerrado de entrepierna en pantalones de mezclilla. A estas máquinas se les da comúnmente el nombre de máquinas *overlock* (figura 8).

Figura 8. Máquinas *overlock*



Fuente: <http://www.maquinasdecoser.com>

Tipo 600 puntadas de recubrimiento: Se utilizan más que todo para realizar costuras de adorno; utilizan 4 hilos, 2 ganchos y 2 agujas.

### **1.5.5 Tipos de camas**

La cama es la parte de la máquina de coser en donde se apoya la prenda a coser, ésta le da facilidad al operario para poder maniobrar la prenda durante su operación. Entre los tipos de camas tenemos:

**Cama Plana:** se utilizan para realizar trabajos en prenda abierta, entre ellas tenemos las máquinas con puntada 300, las máquinas de puntada 400 y las máquinas con puntada 500.

**Cama Cilíndrica:** ésta es utilizada para trabajos en prenda cerrada y entre las máquinas que utilizan este tipo de camas se encuentran las de puntadas 300, 400 y 500. La máquina que más utiliza este tipo de camas es la pretinadora y se pudo observar en la figura 5 de la página 9.

**Cama de Poste:** son utilizados para trabajos específicos en material pesado y la puntada que se puede realizar es la puntada 300.

**Cama de codo:** es utilizada en unión de materiales, la puntada que se puede realizar es la 400 y la máquina que utiliza esta cama comúnmente se le denomina cerradora mostrada en la figura 6 de la página 9.

### **1.5.6 Tipos de ganchos**

Se encuentran al borde de la bobina. Se usan para enlazar el hilo por encima del ojo de la aguja cuando ésta se mueve hacia abajo, a través del material que se está cosiendo, también se usan para mantener la canastilla que sujeta la bobina en su posición, previniendo que ésta rote con la base del tomador de lanzada o garfio y los tipos de gancho que existen son el Gancho Tramador y el Gancho Guía-hilo.

### **1.5.7 Tipos de motores**

Las máquinas de coser industriales utilizan 2 tipos de motores que se clasifican como:

1. Motor eléctrico o embrague.

También se les conoce como “motor solo” debido a que el funcionamiento de la máquina depende únicamente del motor que en este caso, es lo que sustituye al pedal con mecanismo de manivela y existen en dos tipos, los cuales se diferencian en el voltaje que utilizan y son: el motor Monofásico y el motor trifásico, trabajando con voltajes de 120v y 220v, respectivamente.

2. Motor electrónico.

Llamado también servosistema debido a que cuenta con una caja de control independiente con dispositivos de mando y regulación que corrigen automáticamente el valor que se desea dar a una variable. Únicamente se encuentra en motores trifásicos.

### **1.5.8 Comparativo de motores eléctrico y electrónico**

El servosistema da al motor electrónico varias ventajas sobre el motor eléctrico, entre las más relevantes están:

- ? cambio de velocidad: mientras que en el motor eléctrico es necesario cambiar la polea, en el motor electrónico solo basta con mover el botón en la caja de control.
- ? posición de aguja y primeras puntadas lentas: esto es necesario cuando se están trabajando piezas pequeñas y con diseños complicados. Es imposible realizar esto en el motor eléctrico, pero, para el motor electrónico simplemente se seleccionan los comandos.
- ? levantamiento de pie: en el motor eléctrico esto debe ser por medio de un mecanismo accionado con la rodilla, mientras que en el motor electrónico es por medio de un solenoide o un mando neumático.
- ? corte de hilo: ésta es una demora que los operarios tienen al finalizar cada operación en las máquinas industriales con motor eléctrico y es posible eliminarla en los motores electrónicos por solenoide o accionamiento neumático.

### **1.5.9 Tipos de máquinas**

Existen diferentes tipos de máquinas que se distinguen dependiendo del tipo de motor que utilizan, y se describen a continuación en orden ascendente, en relación con las ventajas que estas poseen:

- ? máquinas mecánicas: son accionadas por un motor del tipo eléctrico que transmite el movimiento rotatorio a través de una banda al cabezal de la máquina.

- ? máquinas mecánico electrónicas: son accionadas por un motor del tipo servo y gracias a éste podemos realizar funciones específicas con sólo asignar un comando, las funciones son realizadas por medio de las válvulas solenoides contenidas en las máquinas.
  
- ? máquinas mecánico-electro-neumáticas: al igual que las anteriores, son accionadas por un motor del tipo servo y se pueden realizar funciones específicas con asignar un comando, la diferencia entre ambas es que las funciones son realizadas por medio de electroválvulas neumáticas que permiten el paso de aire cuando es necesario.
  
- ? máquinas autómatas: son accionadas por un motor del tipo servo y están diseñadas para que el operario realice su trabajo con un mínimo de movimientos con el objetivo de aumentar su producción y mejorar la calidad en el acabado de la prenda. Este tipo de máquinas cuenta con los tres sistemas anteriores de máquinas.

A continuación se muestra la tabla I en donde se pueden comparar las funciones que se pueden realizar en los diferentes tipos de máquinas:

Tabla I. Comparativo de máquinas industriales

MÁQUINAS / FUNCIONES	MÁQUINAS MECÁNICAS	MÁQUINAS MECÁNICO ELECTRÓNICAS	MÁQUINAS MECÁNICO ELECTRO NEUMÁTICAS	MÁQUINAS AUTÓMATAS
Levantar pie	NO	SI	SI	SI
Corte de Hilo	NO	SI	SI	SI
Puntadas lentas	NO	SI	SI	SI
Posición De aguja	NO	SI	SI	SI
Apilar prendas	NO	NO	NO	SI
Alimentación Automática	NO	NO	NO	SI
Realizar diseños	NO	SI	NO	SI

Fuente: Gustavo Suárez. Guía informática de Mantenimiento Industrial, Máquinas de Coser.  
Pág.. 46.

### 1.6 Descripción general de los aspectos involucrados en la eficiencia

Para mantener la eficiencia en un nivel aceptable, en donde la línea empiece a ser rentable, es necesario involucrar varios aspectos que definitivamente reflejan un aumento en la producción utilizando óptimamente los recursos con que cuenta la línea.

### 1.6.1 Concepto de eficiencia

Es una medida usual de efectividad a través de la cual las empresas determinan la cantidad de beneficios que consigue y por medio de ella se puede saber si se logran o no las metas previstas. Su lenguaje simbólico es “N” y generalmente se presenta en porcentaje<sup>2</sup>.

El cálculo se hace a través de los factores que se tomen en consideración, los cuales dependen de las políticas de cada empresa. El control de la eficiencia en la industria de la confección debe dar la información necesaria a toda persona que tenga bajo su responsabilidad aspectos relacionados con la producción de su empresa. Para ésta industria se toma en cuenta lo siguiente: El tiempo estándar de producción ( $T_{\text{estándar}}$ ), la producción diaria (Producción), el número de operarios que intervienen en el proceso ( $n$ ) y el tiempo disponible ( $T_{\text{disponible}}$ ). Quedando la relación así:

$$N = \frac{(T_{\text{estándar}}) (\text{Producción})}{(n) (T_{\text{disponible}})}$$

Es necesario tomar en cuenta que el sistema de producción se ve afectado por diversos factores entre los que podemos mencionar, materia prima atrasada o defectuosa, alteraciones en el proceso, tiempos improductivos, producto terminado defectuoso, etc., ocasionando bajas en la producción y por lo tanto se obtiene una disminución directa de la eficiencia.

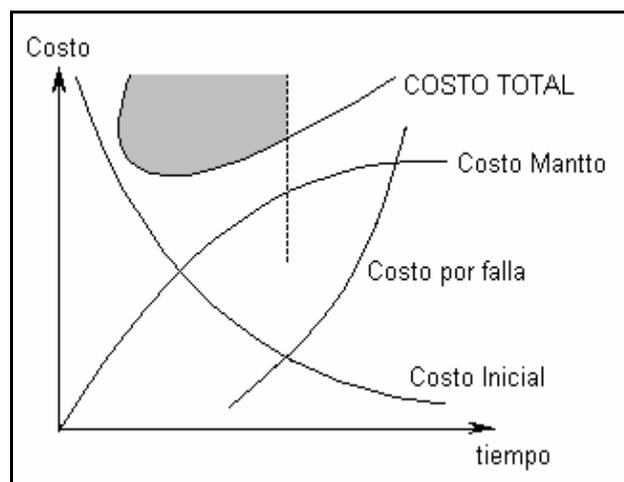
### 1.6.2 Mantenimiento en General

Mantenimiento es toda serie de trabajos que se realizan en una planta, maquinaria, equipo e instalaciones con el fin de conservar el servicio que están prestando, servicio para el cual fueron diseñadas.

En el caso de una planta de producción, el mantenimiento consiste en prevenir las fallas de un proceso continuo buscando la calidad deseada con el presupuesto planificado.

Existe un costo total del servicio el cual resulta de un costo inicial del equipo, considerando su depreciación, costo de mantenimiento, considerando su incremento y costo de falla de servicio, quedando gráficamente como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Costo total del servicio de mantenimiento



### 1.6.2.1 Mantenimiento Correctivo

Se efectúa a un equipo, planta, maquinaria o instalaciones cuando la avería ya se ha producido y es necesario reestablecerla a su estado operativo habitual. Es un mantenimiento que genera crisis al paralizar el proceso productivo de la planta. La avería se presenta y a partir de ese momento se planifican actividades, materiales, repuestos, mano de obra disponible, etc., para su reparación.

Algunas empresas confían sus operaciones a este tipo de mantenimiento debido a que no requiere elevado nivel técnico ni gran infraestructura administrativa o de diagnóstico. Este tipo de mantenimiento se aplica sí, y solo si es económicamente mejor que el Mantenimiento Preventivo y en equipos no críticos o secundarios.

Las averías son costosas, directa o indirectamente, dañan los materiales en proceso, crean riesgo para el personal de producción, desajustan programas de producción y aumentan costos de producción y operación. Para subsanar o prevenir estos efectos negativos y los gastos derivados se recurre al Mantenimiento Preventivo.

#### **1.6.2.2 Mantenimiento Preventivo (MP)**

Es una de las herramientas más importantes en la minimización de tiempo muerto, si es posible a este mantenimiento también se le puede llamar “Ingeniería Preventiva” y es la programación de actividades, intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados o según eventos regulares. Su objetivo es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación por medio de la planificación de intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

En su forma más simple, el MP podría limitarse a la lubricación periódica del equipo para evitar daños por desgaste. En el otro extremo, consiste en retirar del servicio las máquinas para realizar su reconstrucción total, entre uno y otro extremo es posible encontrar varios de procedimientos de inspección, evaluación y supervisión con el propósito de reducir la existencia de tiempos muertos provocados por averías de maquinaria.

### **1.6.3 Estaciones de Trabajo**

Es el área que el operario utiliza para realizar su operación, en ella se colocan ordenadamente todas las piezas a procesar o ensamblar. El objetivo de analizar y mejorar las estaciones de trabajo en una línea de producción es desarrollar un centro de trabajo eficiente por medio del estudio cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al ejecutar un trabajo, también se pueden eliminar o reducir al máximo los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes, buscando la ergonomía en la estación de trabajo.

La aplicación de la ergonomía puede llevar a estaciones de trabajo que disminuyan el tiempo por operación mejorando su eficiencia, y por consiguiente se logra un mejoramiento en la eficiencia de la línea de producción.

### **1.6.4 Métodos de Trabajo**

El objetivo del análisis de éstos es incrementar la producción por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios. El Ingeniero de Métodos utiliza esta técnica para analizar los elementos productivos y no productivos de una operación enfocándose al mejoramiento de la misma.

Todas las operaciones pueden mejorarse si se estudian suficientemente, y se logra analizando la finalidad de la operación, mejorando el diseño del producto, considerar los materiales a utilizar, simplificando y acelerando los movimientos necesarios, eliminando movimientos ineficientes, y estableciendo la secuencia de movimientos más favorables para lograr una máxima eficiencia.

Los pasos a seguir para analizar los métodos de trabajo son:

- a. estimar el volumen, la duración del trabajo y la necesidad de mano de obra.
- b. reunir la información acerca de los detalles de la fabricación, esto implica: operaciones, instalaciones, tiempos de operación, traslados, medios de transporte, distancias inspeccionadas, especificaciones, etc.
- c. presentación para su estudio por medio de un diagrama de recorrido.
- d. revisión del problema con miras a resolverlo.

La ergonomía también puede generar mejores métodos para realizar determinadas tareas, desde armar las partes de un lapicero hasta soldar una pieza metálica, ya que diseña la maquinaria y el equipo para adaptarse a los cuerpos y a las capacidades de las personas.

### **1.6.5 Balance de Líneas**

Una línea de producción es aquella en donde la maquinaria se sitúa de modo que, el flujo de una operación a la siguiente sea mínimo y se le conoce como el principal medio para producir grandes cantidades de elementos normalizados. El volumen de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea y esto dependerá del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.

Los tiempos de operación de cada operario deben ser aproximadamente iguales, esto significa que debe existir un equilibrio en la producción en línea para que toda la línea de producción trabaje a la misma eficiencia. El balance de líneas es una técnica para alcanzar dicho fin, al realizarlo se elimina la formación de los cuellos de botella dentro de la línea.

La línea de producción también debe cumplir con la condición de continuidad, pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de operaciones. Esto significa que, deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles y se debe tomar en cuenta la prevención de fallas en la maquinaria o el equipo.

En fin, el balance de líneas se utiliza para evitar los cuellos de botella, estimar la producción, definir la eficiencia con que se trabaja, definir el ritmo de producción que dependerá del operario más lento y determinar el número de obreros que se asignarán a la línea.

#### **1.6.6 Flexibilidad de producción**

Las plantas de producción de prendas de vestir, generalmente, están expuestas a realizar una gran variedad de cambios y exigencias que el cliente sugiere. Con el propósito de tener una línea flexible y así mantener la eficiencia de la línea de producción, es necesario realizar diversos análisis de preproducción, involucrando a los diversos departamentos de la planta, y crear operarios polifuncionales disponibles a dichos cambios.

La producción de la planta será más efectiva cuando pueda ser ajustada o reordenada con el mínimo de interrupciones manteniendo siempre el menor costo posible.



## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Eficiencia actual**

Cuando la línea inicia operaciones en un cambio de estilo, la eficiencia de la línea sufre un descenso considerable en su eficiencia por diversos motivos naturales debido al cambio, disminuyendo hasta en un rango promedio aproximado del 30 al 35% de eficiencia.

Se espera que si el estilo que esta ingresando es un pantalón básico, sin muchas complicaciones en su ensamble, la línea de producción debería llegar a un nivel aceptable de eficiencia, que es de 64%, en el segundo día de cambio, sin embargo, no lo hace, debido a varios aspectos tales como: fallas por mantenimiento preventivo de la maquinaria, mala distribución de maquinaria, inadecuado balanceo de la línea y mala actitud del recurso humano.

### **2.2 Costo de la línea de Producción**

El nivel aceptable de eficiencia será diferente entre cada cambio de estilo, debido a que cada uno de ellos variará en tiempo estándar de producción, mano de obra directa y en cantidad de maquinaria empleada en la línea. Todo esto debe ser planificado para que sea capaz de alcanzar el punto de equilibrio entre los beneficios obtenidos en la producción diaria con el costo total de la línea de producción.

Para determinar el costo de la línea de producción es necesario tomar en cuenta únicamente la mano de obra directa y los gastos generales de fabricación.

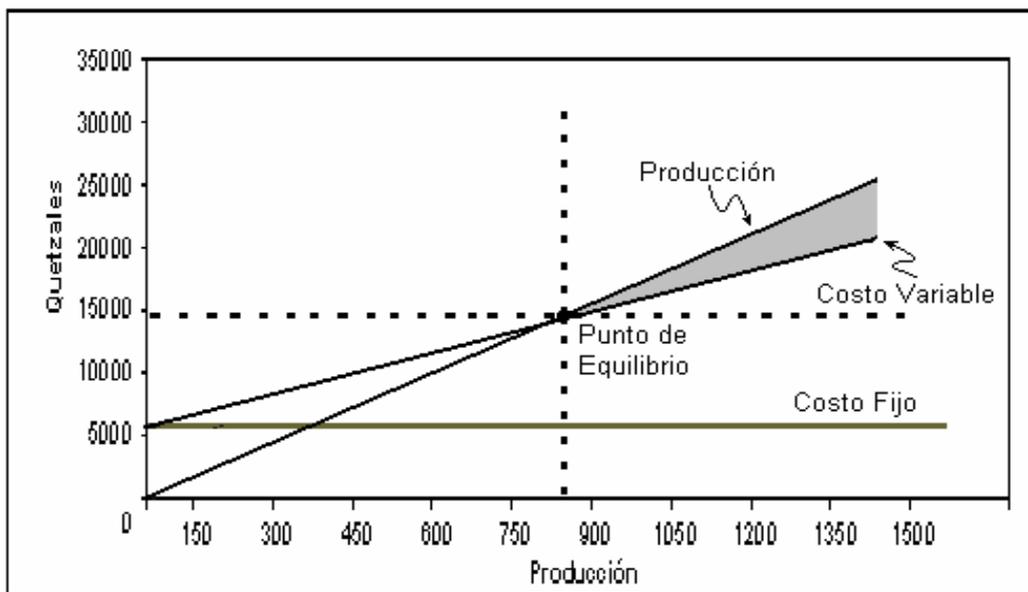
Lo anterior se ejemplifica a continuación con los recursos que se utilizan para elaborar un pantalón básico, quedando como se muestra en la tabla II.

Tabla II. Punto de equilibrio de la línea de producción

<u>Mno de Obra Directa</u>			
Salario Mensual	Q	1,440.00	
Salario Diario x operario	Q	62.61	
Número de Operarios en línea		37	
Costo de MOD			Q 2,316.52
<u>Gastos de Fabricación</u>			
MOI	Q	693.33	
Energía Eléctrica Kw-hora	Q	3,700.00	
Depreciación de maquinaria	Q	4,800.00	
Mantenimiento de maquinaria	Q	3,300.00	
Gastos de Fabricación			Q 12,493.33
<b>Costo total Línea</b>			<b>Q 14,809.86</b>
Beneficios por unidad	Q	18.00	
Producción mínima requerida		823	
<b>Beneficios por producción</b>			<b>Q 14,809.86</b>
<b>Punto de Equilibrio</b>	<b>Q</b>	<b>14,809.86</b>	
<b>SAM</b>		14.93	
<b>PRODUCCIÓN</b>		850	
<b>TIEMPO DISPONIBLE</b>		540	
<b>NUMERO DE OPERARIOS</b>		37	
<b>NIVEL ACEPTABLE DE EFICIENCIA</b>		<b>63.52%</b>	

En la tabla anterior, se observa que la meta diaria de la línea de producción se determina sobre la base del punto de equilibrio, por lo tanto, en el ejercicio anterior, la línea empezará a generar ganancias con una producción mayor de 823 unidades diarias y una eficiencia que sobrepase el 64%, y esto se puede observar gráficamente en la Figura 10.

Figura 10. Punto de equilibrio de la línea de producción.



Actualmente, la planta de producción trabaja con una eficiencia aproximada del 54%, esto significa que el promedio de eficiencia de cada línea de producción no está llegando a alcanzar el punto de equilibrio, por lo tanto no están siendo rentables.

## **2.3 Situación actual del departamento de mantenimiento**

Actualmente, se cuenta con un mecánico que tiene a cargo el mantenimiento de dos líneas de producción, cada una con 35 máquinas aproximadamente, esto quiere decir que, durante el transcurso del día, si dos o más máquinas de las líneas a cargo de un mismo mecánico necesitan sus servicios simultáneamente, mas de una operación de las máquinas averiadas empezarán a generar pérdida de tiempo, pérdida del ritmo de producción, disminución del flujo de materiales, etc., y si el tiempo de espera es demasiado, ésta operación inmediatamente se convertirá en un cuello de botella que definitivamente afectará los resultados al final de la jornada de trabajo, obteniendo con esto una disminución en la cantidad de pantalones producidos y por ende una disminución de la eficiencia de la línea y de la planta en general.

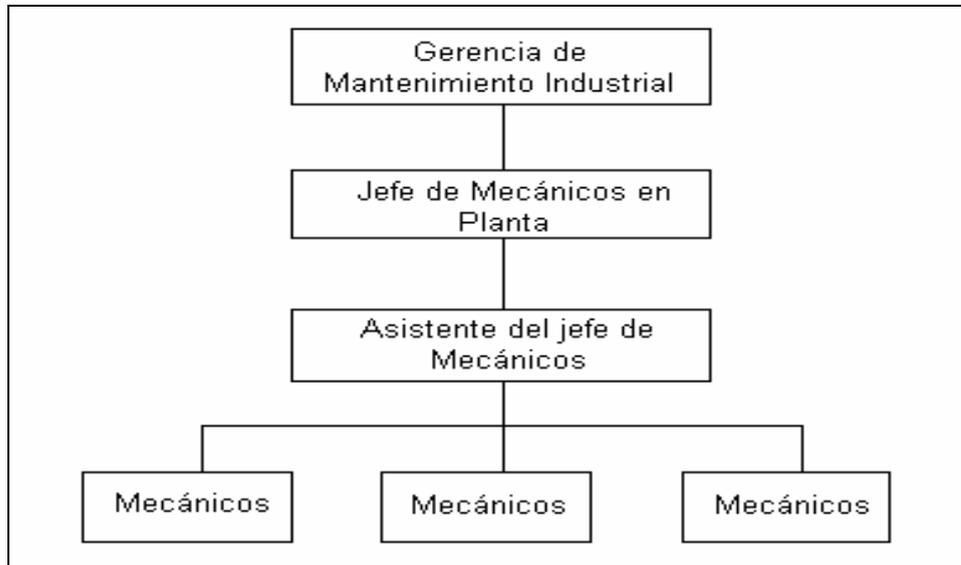
### **2.3.1 Estructura actual del Departamento de Mantenimiento**

Se cuenta con un jefe y un asistente de mecánicos, que están a cargo directamente de que los mecánicos brinden el servicio de mantenimiento de todas las máquinas de la planta de producción, la asignación de los mecánicos para que ejecuten su labor es de un mecánico por cada dos líneas.

#### **2.3.1.1 Organigrama actual del departamento**

Existe un Gerente de Mantenimiento, un Jefe de Mecánicos por planta, un asistente del jefe de mecánicos y los mecánicos. Todos colaboran para alcanzar los objetivos fijados por la Gerencia de Mantenimiento Industrial, que a su vez, se comunican directamente con los jefes de mantenimiento de las plantas, que son los encargados de brindar el servicio a la maquinaria, quedando el organigrama como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Organigrama del Departamento de Mantenimiento Industrial



### 2.3.2 Situación actual del Mantenimiento Preventivo

Actualmente, se hace uso de la Ingeniería Preventiva en las plantas de producción, pero ésta se limita únicamente a la revisión de algunos accesorios superficiales y se pasan por alto otros aspectos importantes que es necesario incluirlos en el programa de Mantenimiento Preventivo de máquinas de coser industriales.

### **2.3.2.1 Frecuencia con que se realiza el MP**

Este mantenimiento, a pesar de que se realiza 3 veces por semana en horas extraordinarias, se considera que las actividades son únicamente superficiales y se considera un sobremantenimiento, además, éste no se cumple como se debe, debido a la cantidad de maquinaria que tiene a su cargo cada mecánico y dos horas no son suficientes para ello. Por tal motivo, es necesario realizar una reestructuración de la frecuencia y programación de este mantenimiento.

### **2.3.2.2 Actividades actuales del Departamento**

Durante el día, el departamento de mantenimiento industrial se ocupa de solucionar problemas de mantenimiento correctivo, debido a que la cantidad de máquinas averiadas es bastante grande, los mecánicos no pueden dedicarse a otras actividades importantes de mantenimiento preventivo, por lo tanto, para realizar estas actividades, es necesario que los mecánicos se queden laborando horas extras el día en que realizan el mantenimiento preventivo.

### **2.3.2.3 Utilización actual del personal de Mantenimiento**

Como se dijo anteriormente, hay un mecánico encargado del mantenimiento tanto correctivo como preventivo de dos líneas de producción y, cuando se descomponen dos máquinas a la vez, el jefe de mecánicos es el responsable de asignar a otro u otros mecánicos para solucionar los problemas lo más pronto posible. Éste mantenimiento no es el adecuado, ya que para solucionar una avería se emplean desde 10 hasta 30 minutos, y el mecánico no se da abasto si se descomponen dos o más máquinas a la vez.

### **2.3.3 Cantidad de maquinaria en línea**

Depende del estilo que se esté trabajando en la línea, por ejemplo si es un estilo de pantalón básico, como el mencionado en el costo de la línea de producción, la cantidad de maquinaria utilizada es de 35, pero si es un estilo de pantalón fashion 3, entonces la cantidad de maquinaria asciende a 39 aproximadamente, depende de la cantidad de operaciones agregadas que el estilo requiere. Con esta información, se puede decir que, cada mecánico tiene bajo su responsabilidad el mantenimiento de aproximadamente 74 máquinas.

#### **2.3.3.1 Tipo de maquinaria existente**

Los diferentes tipos de máquinas con que cuenta la línea de producción son: máquinas planas de una y dos agujas, las máquinas de cadeneta, pretinadoras, cerradoras y las máquinas *overlock*. Cada una de éstas es diferente entre sí, y cada una se debe al objetivo para el cual fue diseñada, construida y adquirida, tal como se describe en el siguiente párrafo.

#### **2.3.3.2 Función de la maquinaria**

La planta cuenta con máquinas específicamente diseñadas para esta clase de producción que es ropa en general. Y la función de cada una de estas máquinas es:

Las máquinas planas de una aguja sirven para operaciones como: montar zippers, montar bolsas tanto delanteras como traseras y en algunas ocasiones para montar y sobrecoser pretinas.

Las máquinas planas de dos agujas se utilizan para hacer sobrecostura de bolsas delanteras y traseras, sobrecoser jareta y ruedos.

Las máquinas de cadeneta son utilizadas para sobrecostura de entrepierna o costados y en algunas ocasiones se utilizan para montar cuchillas a los paneles traseros.

Las máquinas pretinadoras, como su nombre lo indican, se usan específicamente para montar pretinas. Son de gran importancia en esta clase de industria, debido a que facilita el método de dicha operación, disminuyendo casi en un 50% la cantidad de maquinaria y mano de obra que se utilizaría si se realizara con otro tipo de maquinaria.

Las máquinas cerradoras, se utilizan para ensamble de piezas como: unir cuchillas, unir tiro trasero y cerrar entrepierna. Éste tipo de máquina brinda facilidad para unir piezas, por lo cual utiliza una cama de codo.

Las máquinas *overlock*, sirven para realizar trabajos de limpieza de jaretas, pretinas y paneles delanteros o traseros, también son utilizadas para unir cuchillas, unir entrepierna y cerrar costados.

Las máquinas atracadoras se usan para realizar atraques en varios puntos importantes del pantalón, como: atraque de bolsas delanteras, bolsas traseras, jareta y montaje de pasadores.

Las máquinas de ojal, como su nombre lo indica sirven exclusivamente para hacer ojales ya sea de gota o rectos.

Es necesario mencionar que la función de cada máquina es diferente dependiendo del producto que se este procesando, ya que es el cliente quien da las especificaciones del producto a trabajar. Además, las máquinas mencionadas son las que se utilizan específicamente en la línea de producción para ensamble de las prendas, no se incluyen en éste trabajo de graduación las máquinas que se utilizan en los módulos de partes pequeñas.

### **2.3.4 Tiempos Muertos**

La eliminación de las interrupciones que el trabajador hace en su trabajo productivo, es el mayor desafío que tiene la gerencia de la planta de producción, debido a que éstos tiempos muertos no dependen al 100% del operario, es necesario identificar, evaluar y buscar solución a cada uno de los aspectos que los provoquen, ya que éstos dan lugar a disminuir la capacidad real de la planta.

Actualmente, en la planta de producción existen varias causas que provocan tiempo muerto, estas causas se mencionarán y ordenarán en el siguiente subcapítulo, de tal manera que, la primera en mencionarse es la que tendrá mayor prioridad para darle solución.

#### **2.3.4.1 Causas actuales que ocasionan tiempos muertos**

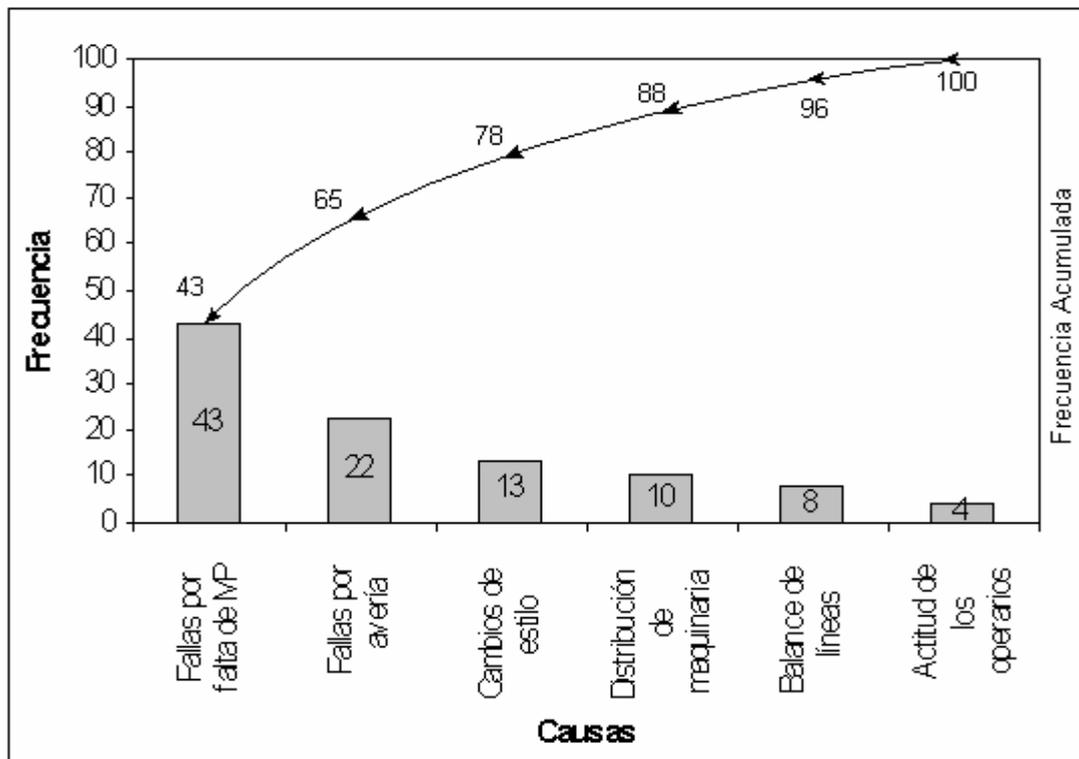
Existen varias causas que generan tiempos muertos, pero, debido a que no podemos resolver al mismo tiempo todos los problemas que generan estos tiempos muertos en la planta, debemos entonces asignar prioridades y resolver primero las más importantes, como se verá en la tabla III.

Tabla III. Prioridad de causas que generan tiempo muerto

No.	CAUSA	%	% ACUMULADO
1	Fallas por falta de Mantenimiento Preventivo	43	43
2	Fallas de maquinaria por avería	22	65
3	Cambios de estilo	13	78
4	Distribución de maquinaria	10	88
5	Balance de líneas	8	96
6	Actitud de los operarios	4	100

Lo anterior se puede representar por medio de un diagrama de Pareto como se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Diagrama de Pareto para tiempos muertos.



Como se puede observar, el mayor problema que genera tiempos muertos la genera el departamento de mantenimiento, por tal motivo, en el capítulo 3, se propondrán las soluciones alternativas para disminuir la frecuencia de cada uno de ellos en orden prioritario.

## **2.4 Situación actual de los aspectos de ingeniería de métodos involucrados en la eficiencia**

Como se pudo observar en el diagrama de Pareto, el 35% de tiempo muerto es generado por otros aspectos relacionados con Ingeniería de Métodos, y a continuación se describirá la situación actual de cada uno de esos aspectos con el propósito de conocer cuál es la raíz de los problemas que los generan.

### **2.4.1 Forma Actual de Realizar el inicio de producción**

Al momento de realizar el cambio de estilo ó inicio de producción, existe una relación entre varios departamentos de la planta de producción, sin embargo, es el tercer factor que genera tiempos muertos en una línea de producción, por tal motivo, a continuación se describen las actividades actuales de cada departamento.

#### **2.4.1.1 Actividades del departamento de Planificación**

Es el departamento que recibe las ordenes de producción y es el encargado de ordenarlas y distribuir las en las líneas de producción, de tal manera que, se minimicen las diferencias entre un estilo y otro. Esta información la transmite a los departamentos de ingeniería y grupo técnico.

Además, es el departamento encargado de que se tenga todo lo necesario para realizar el cambio de estilo, teniendo con anticipación los accesorios y la materia prima.

#### **2.4.1.2 Actividades del departamento de Ingeniería**

Actualmente es el departamento que se encarga de realizar el análisis de requerimiento de maquinaria y fólderes que se necesitará en el nuevo estilo, además, proporciona la secuencia de operaciones y los diagramas de recorrido a los supervisores de línea dos o tres días antes de realizar el cambio de estilo.

#### **2.4.1.3 Actividades del Grupo Técnico**

Es el departamento encargado de la realización de toda clase de moldes y guías para las máquinas que se utilizarán en el nuevo estilo, además, este grupo de trabajo está presente al momento de ingresar es estilo en la línea de producción.

#### **2.4.1.4 Actividades del departamento de Mantenimiento**

Es el departamento que recibe actualmente la información de los cambios de estilo del departamento de ingeniería y espera a que dicho departamento proporcione el requerimiento de maquinaria para tener la maquinaria lista en el momento y en el lugar en donde se realice el cambio de estilo. También, asigna a un mecánico capaz de dar solución a los problemas de maquinaria durante el cambio.

#### **2.4.1.5 Actividades del Departamento de Calidad**

Este departamento se encarga de asignar un auditor al final de la línea, éste tiene previo conocimiento del nuevo estilo en cuanto a medidas, color de hilos y clase de puntadas que tiene el nuevo estilo. El auditor debe revisar cada nueva operación de la línea para asegurar la calidad del producto desde el inicio, puesto que es allí en donde se pueden corregir con mayor facilidad los errores imprevistos.

#### **2.4.2 Balance de línea actual**

Actualmente existen algunas líneas que no están balanceadas correctamente, ya que existen operaciones que necesitan dividirse, mientras que otras requieren lo contrario y hay varias personas realizando operaciones manuales, esto es debido a que en los tiempos estándar para una sola persona actualmente se colocan dos. Por ejemplo: hay dos personas marcando la bolsa trasera del pantalón, existe una sujetando las bolsas en cintura y costados, una persona sólo para hacer parejas, tres personas montando pretina y una persona revisando hilos sobrantes al final de la línea.

##### **2.4.2.1 Cuellos de botella actuales**

Actualmente existen varios cuellos de botella que se mencionarán empezando por el ensamble delantero en donde la operación crítica es el sujetado de las bolsas delanteras en cintura y costados; en ensamble trasero la operación que forma cuello de botella es montar bolsas traseras y el cuello de botella directamente en ensamble es montar la pretina del pantalón.

### **2.4.3 Diagramas actuales de la línea**

Antes de que sea posible mejorar un proceso de fabricación se deben elaborar diagramas que indican el proceso actual, esto se realiza con el objetivo de comprender perfectamente el problema y determinar en que área existen las mejores posibilidades de mejoramiento, por tal motivo a continuación se muestran los diagramas actuales de la línea de producción.

#### **2.4.3.1 Diagrama de operaciones actual**

Aquí se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones necesarias para producir un pantalón dentro de una línea de producción, además de señalar globalmente los componentes y detalles de fabricación.

Actualmente se cuenta con la secuencia de operaciones escrita, la cual nos indica el nombre de la operación, la máquina que debe utilizar el operario y el tiempo estándar de cada operación. De tal manera que, si esta secuencia de operaciones la traducimos en un diagrama de operaciones quedaría como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Diagrama de operaciones actual

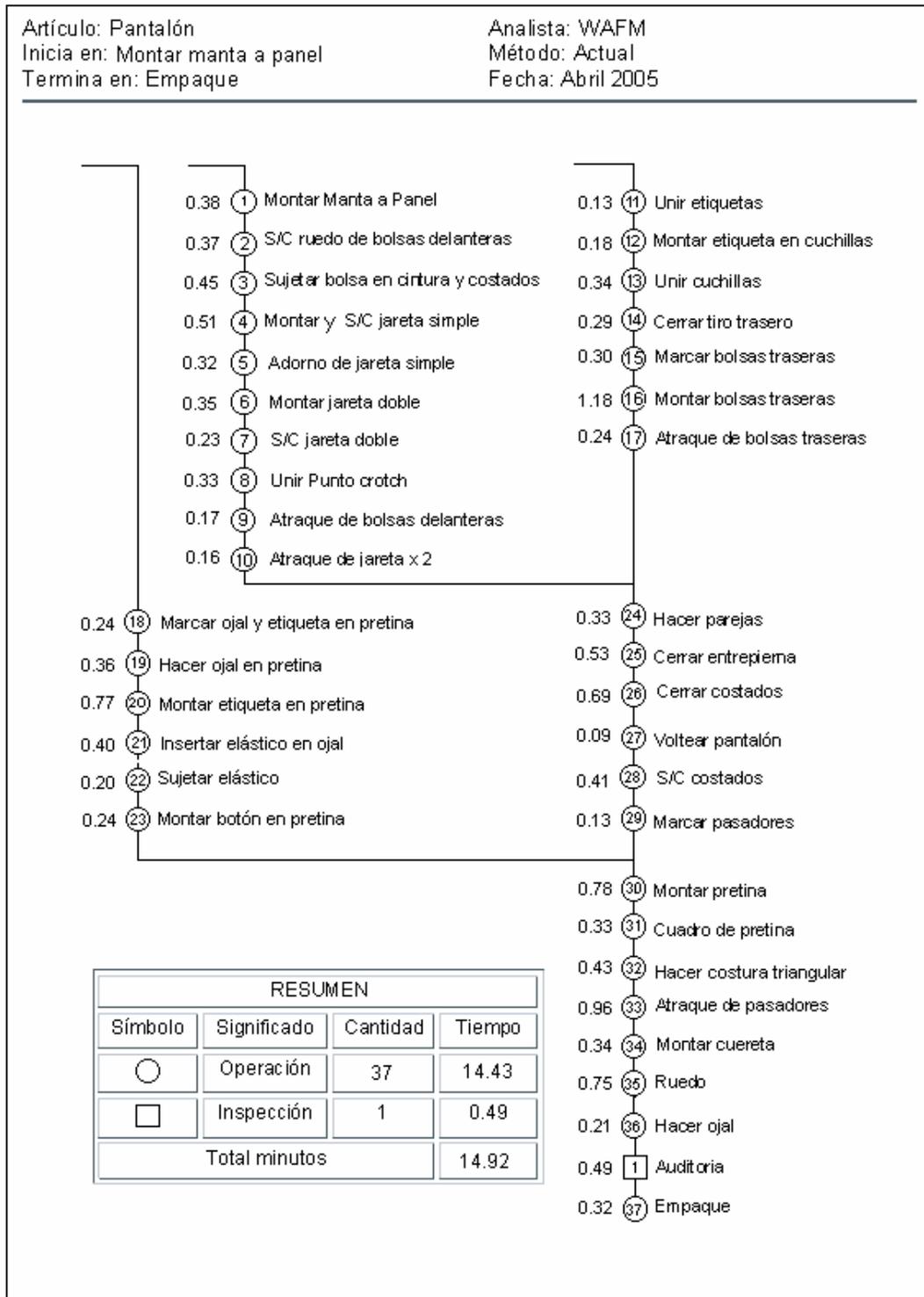
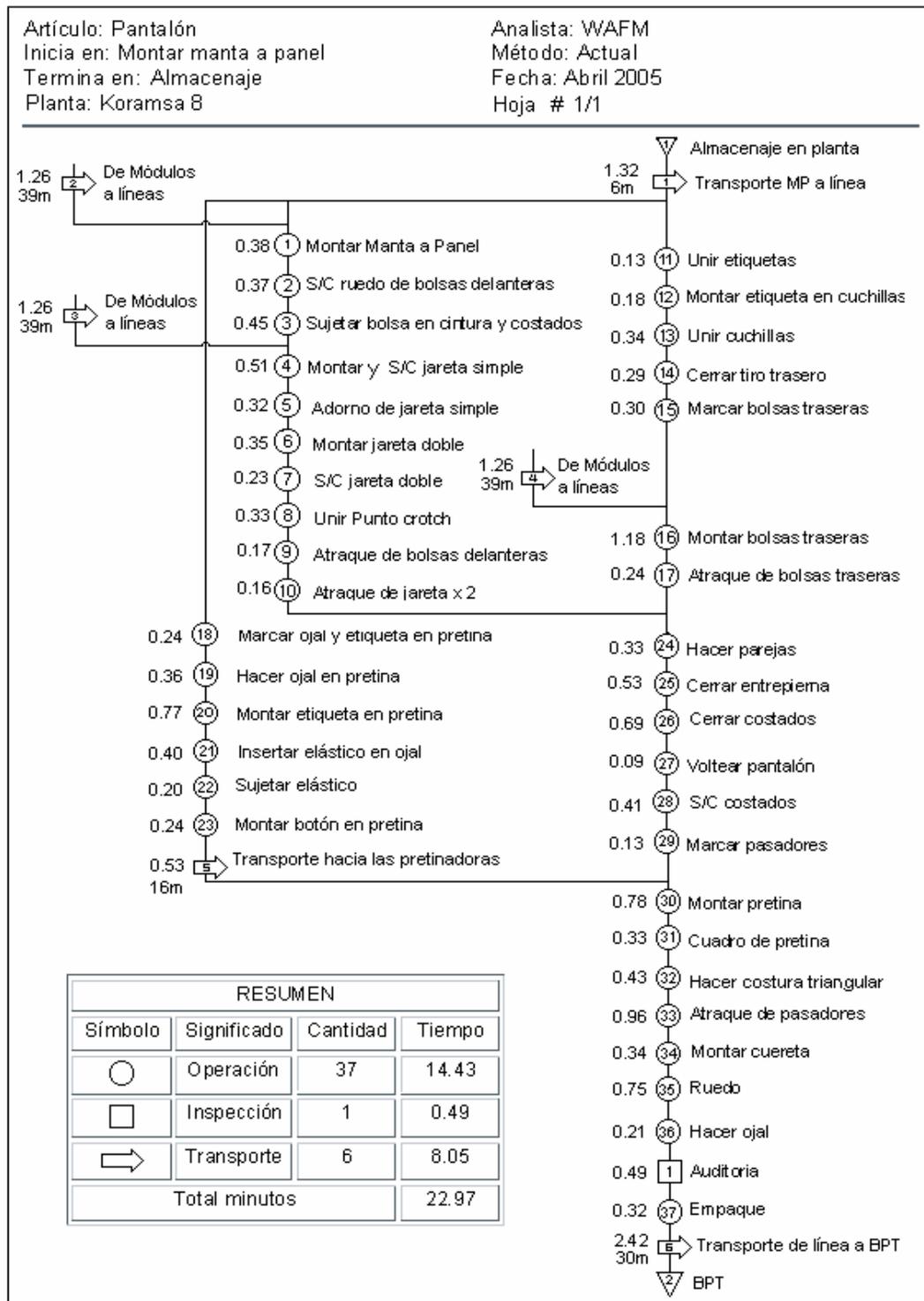


Figura 14. Diagrama de flujo actual



### **2.4.3.2 Diagrama de flujo actual**

La forma en que fluye la materia prima dentro de la línea de producción, inicia desde el carretón que la contiene ya dentro de la planta, transportándola hacia la primera operación de la línea y fluyendo por cada una de las operaciones a lo largo de toda la línea, hasta transportarlo finalmente hacia la bodega de producto terminado, (figura 14). Éste diagrama al igual que el diagrama de operaciones, se obtiene de la secuencia de operaciones que guía a los ingenieros, jefes de área y supervisores a la colocación de la maquinaria, sin mostrar los costos ocultos con distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales con los que tropieza el producto en su recorrido por la línea.

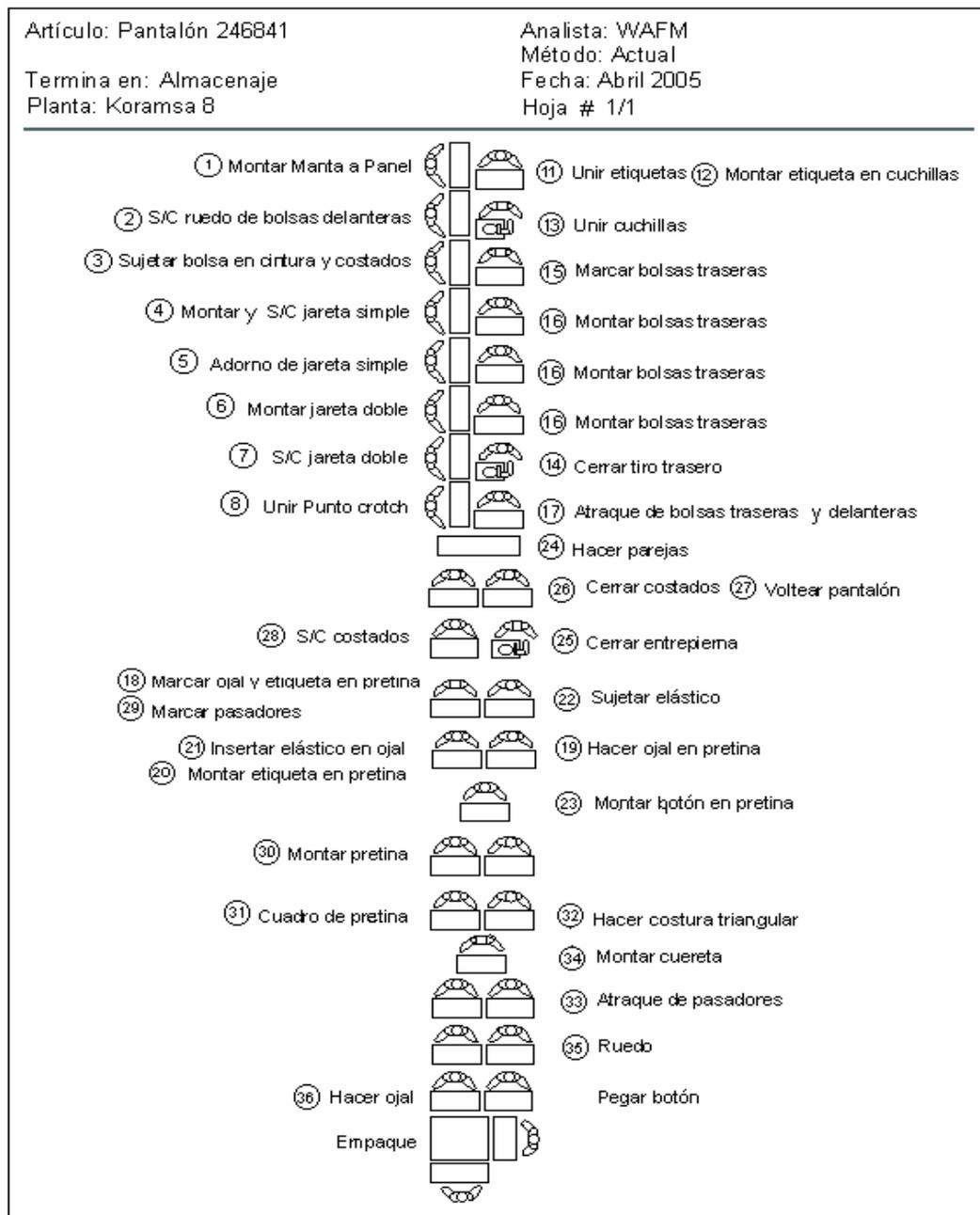
Actualmente, existen transportes de material y varios de ellos es debido a la distancia que recorren los operarios desde el área de módulos de partes pequeñas hacia la línea, esto provoca que los operarios tengan que trasladarse durante un día de trabajo varias veces, dependiendo de la velocidad con que el módulo esté alimentando a la línea, generando con esto, distracción de los operarios en el trayecto y aumento del tiempo muerto desde las primeras operaciones del proceso productivo.

### **2.4.3.3 Diagrama de recorrido actual**

Actualmente, se cuenta con una propuesta de la forma en que se debe colocar la maquinaria al realizar un cambio de estilo, Sin embargo, a pesar de que éste diagrama nos muestra la forma en que fluye la producción dentro de la línea, oculta transportes de los módulos de partes pequeñas y también del módulo que se forma dentro de la línea para preparar la pretina que en este caso es con elástico y botón.

Lo propuesta de la disposición de maquinaria, que en la planta se conoce como *lay out*, con que cuentan actualmente las líneas de producción se presentan de la siguiente manera (figura15):

Figura 15. Diagrama de recorrido actual



## **2.4.4 Actitud actual del Recurso Humano**

Actualmente, se cuenta con el 16% de operarios, 6 de cada 37, que están capacitados para realizar cualquier operación dentro de la línea de producción, no importando la máquina que tenga que usar, a éste tipo de operario se le llama polifuncionales. El resto es personal que acostumbrado a trabajar en una sola operación y en una sola máquina, y esto sucede en gran medida por la resistencia al cambio o la poca participación que algunas veces tienen los operarios dentro de la línea de producción.

### **2.4.4.1 Resistencia al cambio**

Este es uno de los problemas más grande con los que se enfrenta actualmente el Ingeniero de Métodos, ya que los operarios temen y se resisten al momento de que se les involucra en algún cambio que definitivamente mejorará y facilitará el método de trabajo.

Además, el supervisor de línea necesita tener operarios polifuncionales, para hacer uso de ellos cuando se le presenta un estilo complicado, y como se dijo anteriormente, sólo el 16% del recurso humano tiene ésta capacidad, el resto son operarios que tienen varios años de estar haciendo la misma operación con la misma máquina, por ende temen y dudan aprender a realizar una nueva operación.

#### **2.4.4.2 Participación del Recurso Humano**

Por lo anterior, también es necesario mencionar que, adicional a la resistencia que provoca el cambio a un operario, algunas veces el supervisor de la línea no motiva al recurso humano a hacer de ellos operarios polifuncionales, esto quiere decir que cuando la línea se ve frente a un nuevo estilo complicado, el supervisor asigna las operaciones más difíciles siempre a las mismas personas, dejando sin opción de aprender una nueva operación a los demás operarios.

## **3. PROPUESTA A IMPLEMENTAR**

### **3.1 Propuesta de la Ingeniería Preventiva**

La disminución del tiempo muerto en la producción en línea es un desafío para la gerencia de producción, ya que es el principal factor que afecta directamente la eficiencia y la rentabilidad de la línea de producción.

Debido a la necesidad de optimizar el tiempo total productivo, en el presente capítulo se presenta el mantenimiento preventivo, que es una de las herramientas más importantes en la minimización de tiempo muerto, si es posible a éste mantenimiento también se le puede llamar “Ingeniería Preventiva” y es la programación de actividades, intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados o según eventos regulares. Su objetivo es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación por medio de la planificación de intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

Toda empresa debe tener en lo posible un programa de mantenimiento preventivo en el orden mecánico, pues al subcontratar personas ajenas a la empresa, resulta caro, incomodo e inapropiado. Lo mejor es que el personal que efectúa el mantenimiento conozca las máquinas y la planta, además, existe la facilidad de que cuando se presente una avería, en ese mismo momento se pueda reparar, por tal motivo, a continuación se presenta cada uno de los aspectos que le darán a la ingeniería preventiva la imagen para la cual fue creada.

### **3.1.1 Importancia del mantenimiento Preventivo**

En este tipo de industria no se puede detener el flujo de la producción, debido a que la producción es en serie, por esa razón, es importante la aplicación de un eficiente programa de mantenimiento preventivo que sea capaz de disminuir la probabilidad de que se generen tiempos muertos en cualquiera de las operaciones de la línea.

Para ello se debe considerar que, un buen sistema administrativo, adiestramiento, trabajo de planeación y programación, informes de control y talleres y herramientas adecuados logran un programa eficiente de mantenimiento preventivo tanto de la maquinaria como de la planta, produciendo las siguientes retribuciones:

- a. disminución del tiempo ocioso.
- b. disminución de pago por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento.
- c. menor número de reparaciones en gran escala.
- d. disminución de los desperdicios, mejorando la calidad.
- e. reducción de los costos de mantenimiento, mano de obra y materiales.
- f. mayor seguridad para los trabajadores.
- g. menor costo unitario de producción.

### 3.1.1.1 ¿En dónde se aplicará el MP?

Ésta podría ser la pregunta más difícil de contestar al momento de iniciar cualquier esfuerzo de mantenimiento preventivo, por tal motivo, a continuación se presentan las reglas básicas, cuya observancia ayudará de forma específica a decidir dónde aplicar el programa de MP en la planta:

- a. aplicarlo principalmente en maquinaria en donde existe un cuello de botella.
- b. aplicarlo estrictamente en donde no se cuente con una máquina alterna dentro de la línea.
- c. en donde el tiempo fuera de servicio debido a fallas sea excesivo.
- d. en donde existan variaciones en la calidad de los pantalones y estén fuera de las especificaciones establecidas.
- e. en donde haya serio desgaste y deterioro de los accesorios de la maquinaria.
- f. en donde exista peligro para la seguridad de los operarios.
- g. en donde el costo de tiempo de paros y costo de reparaciones es mayor que el costo de MP.
- h. en donde se originen pérdidas de producción debido a fallas críticas en la maquinaria.

### **3.1.2 Nuevas responsabilidades de los departamentos**

Al momento de realizar la propuesta del mantenimiento preventivo en la planta de producción, es necesario involucrar a todos los departamentos relacionados directamente con el área productiva, esto quiere decir, que las actividades de mantenimiento se convierten en una responsabilidad conjunta entre cada uno de los departamentos.

Entre los departamentos involucrados están: el departamento de ingeniería de mantenimiento, el departamento de producción, el departamento de planificación y los grupos de ejecución del trabajo. Todos éstos departamentos deben aceptar y desempeñar en la mejor forma posible las actividades asignadas correspondientes con la finalidad de cumplir con los objetivos establecidos por la gerencia de la planta de producción.

#### **3.1.2.1 Ingeniería de Mantenimiento**

Será el departamento responsable de ejecutar los programas de Mantenimiento Preventivo, así como de llevar un control estricto de las ordenes de trabajo respectivas para suministrarlas al departamento de planificación y programación de mantenimiento.

Debido a que los programas de mantenimiento no son estáticos, y debido a que en la planta surgen nuevas variedades de la misma maquinaria que requieren más o menos mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento, también es responsable de revisar y modificar periódicamente los programas para seleccionar las partes y maquinaria crítica que serán incluidos en los programas de Mantenimiento Preventivo.

También será el responsable de suministrar a los departamentos de producción y planificación la frecuencia con que se realizará el Mantenimiento Preventivo de la maquinaria seleccionada, así como también, preparará las órdenes de trabajo respectivas para suministrarlas a los mismos departamentos para su justificación.

Finalmente, es el departamento que medirá la efectividad de los programas de Mantenimiento Preventivo implantados por planeación y será el responsable de realizar las modificaciones pertinentes.

### **3.1.2.2 Departamento de Producción**

Este departamento debe aprobar los programas de Mantenimiento Preventivo establecidos por ingeniería de mantenimiento en el caso de maquinaria crítica en la línea de producción, además de mencionar a Ingeniería de Mantenimiento las partes y equipos que, de acuerdo a su opinión y experiencia se beneficiarían con la aplicación de las técnicas de Mantenimiento Preventivo.

Es el departamento encargado de desempeñar los servicios pequeños de mantenimiento que los programas de Mantenimiento Preventivo aprobados han asignado al recurso humano, además de hacer un uso apropiado de la maquinaria para minimizar su depreciación.

Además, debe cooperar con la organización de mantenimiento en la implantación del programa de Mantenimiento Preventivo, especialmente en hacer que la maquinaria esté disponible para la aplicación de MP en las fechas y tiempos establecidos en los programas, esto analizado conjuntamente con el departamento de planificación.

### **3.1.2.3 Departamento de Planificación**

Este departamento es el responsable de decidir cuando se llevarán a cabo los programas aprobados de MP, de acuerdo a los períodos y frecuencias establecidas por el departamento de Ingeniería de Mantenimiento de una manera consistente, tomando en cuenta la producción requerida en los días de ejecución del mantenimiento.

Además de programar los días y las horas en las que se realizará el MP, también es el responsable de verificar que se lleven a cabo los programas aprobados de Mantenimiento Preventivo, en el día y en la frecuencia planeada con el departamento de Ingeniería de Mantenimiento y el departamento de producción.

### **3.1.2.4 Grupos de ejecución del Trabajo**

La responsabilidad de estos grupos de ejecución es vital, ya que son los responsables de ejecutar todas las actividades del programa de Mantenimiento Preventivo, utilizando una lista de chequeo, la cual será entregada por el departamento de Ingeniería de Mantenimiento a cada mecánico de la planta de producción.

Son los responsables de retroalimentar al departamento de Ingeniería de Mantenimiento cualquier información adicional que sirva para mejorar y asegurar el éxito de los programas de Mantenimiento Preventivo. Así mismo, son los grupos encargados de mantener la maquinaria en condiciones satisfactorias de operación al menor costo posible y deben participar con la jefatura de producción en la implantación de un programa de mantenimiento preventivo a largo y corto plazo.

### **3.1.3 Nuevas Actividades del Mantenimiento Preventivo**

El proceso de la aplicación de los programas de Mantenimiento Preventivo consiste en decidir que clase de trabajo de mantenimiento debe llevarse a cabo en determinada maquinaria y con qué frecuencia. Para ello debe hacerse una selección específica de las inspecciones adecuadas, ajustes, reparaciones, reposición de partes, reparaciones completas, etc., además de definirse con que frecuencia se deben ejecutar éstas tareas. En hacer tales decisiones consiste la programación del mantenimiento preventivo y para ello, se utilizan varias fuentes de información tales como:

- ? Manuales del servicio del fabricante
- ? Registros de mantenimiento
- ? Personal de operación (operarios)
- ? Personal de mantenimiento
- ? Requerimientos de seguridad

Todo tipo de maquinaria industrial, y principalmente la maquinaria que participe en la producción en línea necesita chequeos y reajustes para garantizar un buen funcionamiento y disposición de las mismas en cualquier momento. Para las maquinas industriales utilizadas en una línea de producción de costura, la parte esencial de la máquina es el nivel y la adecuada lubricación que ayuda a disminuir el desgaste en sus piezas internas.

También se pueden mencionar, como complemento del mantenimiento preventivo la revisión de los ajustes entre *Lóoper*, garfio y aguja, revisión del motor, fajas, porta conos, mesa de trabajo, cableado y limpieza general.

De las fuentes de información mencionadas anteriormente, se presentan a continuación las actividades necesarias para cumplir con un eficiente programa de mantenimiento preventivo, el cual ayudará a conservar el funcionamiento de las máquinas más utilizadas en la línea de producción, minimizando el tiempo muerto de los operarios.

### **3.1.3.1 MP para máquinas planas**

Para la realización del mantenimiento preventivo de las máquinas planas le corresponde la revisión de las siguientes actividades:

- ? Revisión de tensiones de hilo y platos
- ? Revisión de la plancha de aguja
- ? Revisión del garfio, pulirlo
- ? Revisión de la graduación del retenedor de la canasta
- ? Revisar ajuste de lubricación para el garfio
- ? Revisión del *bushing* de barra
- ? Revisión de presión y altura del prénsatela
- ? Revisión del nivel de los dientes
- ? Ajuste correcto de engranajes
- ? Ajuste de tiempos de la máquina
- ? Revisión del retenedor de aceite del volante
- ? Revisión del nivel de aceite
- ? Revisión del sistema de lubricación
- ? Revisión del porta conos

- ? Revisión de rodillera
- ? Revisión del devanador de hilo
- ? Aditamentos de seguridad industrial
- ? Revisión general del mueble
- ? Revisión de cables y mangueras

Es conveniente mencionar que el mantenimiento preventivo, tanto para las máquinas planas de una y de dos agujas, es el mismo, ya que éstas máquinas son semejantes en su estructura.

### **3.1.3.2 MP para máquinas de cadeneta**

A estas máquinas le corresponde la revisión de las siguientes actividades:

- ? Revisión de tensiones y de cadena
- ? Revisión del *bushing* de la barra de la aguja
- ? Revisión de *Lóoper*
- ? Revisión de la plancha de aguja
- ? Revisión del prensatela
- ? Revisión de dientes
- ? Revisión de bielas y levas
- ? Revisar sistema de ajuste de puntadas
- ? Revisión del sistema de lubricación
- ? Revisión de la polea
- ? Aditamentos de seguridad industrial
- ? Revisión del porta conos
- ? Revisión y limpieza de mueble
- ? Revisión de cables

### 3.1.3.3 MP para máquinas Pretinadoras

El mantenimiento preventivo de las máquinas pretinadoras exige las siguientes actividades:

- ? Revisión de tensiones de hilo
- ? Revisión de *spreader*
- ? Revisión de *Lóoper*
- ? Revisión de *bushing* de diente
- ? Revisión de *bushing* de la barra de aguja
- ? Revisión de sincronización
- ? Revisión de dientes planchas y prensatelas
- ? Revisión del volante
- ? Revisión del sistema de lubricación
- ? Revisión del porta cono
- ? Revisión y limpieza del mueble
- ? Revisión de la polea adecuada para el motor

### 3.1.3.4 MP para máquinas cerradoras

Las actividades para el MP de esta maquinaria son las siguientes:

- ? Revisión de tensiones
- ? Revisión del prensatela
- ? Revisión de *Lóoper*
- ? Revisión de defensa de agujas
- ? Revisión de defensa de *rach*
- ? Sincronización de *rach*
- ? Revisión de *pullers*
- ? Revisión de *bushing* en general

- ? Revisión del sistema de lubricación
- ? Revisión del porta conos
- ? Revisión del pedal
- ? Revisión y limpieza de mueble

### **3.1.3.5 MP para máquinas *overlock***

El mantenimiento preventivo para éste tipo de máquinas es el siguiente:

- ? Revisión de tensiones
- ? Revisión del *bushing* de la barra de la aguja
- ? Revisión de los guía hilos
- ? Revisión del prénsatela
- ? Revisión de la plancha
- ? Revisión de dientes
- ? Revisión de cuchillas
- ? Revisión de *Lóoper*
- ? Revisión del *Lóoper* de seguridad
- ? Revisión del sistema de lubricación
- ? Aditamentos de seguridad industrial
- ? Revisión del sistema de corte
- ? Revisión y limpieza de mueble
- ? Revisión de porta conos
- ? Revisión de cables

Como se puede observar, el mantenimiento preventivo es muy similar entre los diferentes tipos de máquinas, y se puede notar que todo se enfoca a la revisión y cambio, si es necesario, de varios sistemas o componentes de las máquinas.

Además de las actividades que se deben revisar periódicamente, se pueden mencionar actividades que se deben realizar cada 6 meses en las máquinas mencionadas anteriormente, las cuáles corresponden a piezas o componentes que tienen un período más largo de vida útil, entre lo que podemos mencionar:

- ? Cambio de Aceite
- ? Cambio de *clutch*
- ? Revisión y cambio de cojinetes del motor eléctrico
- ? Revisión del freno
- ? Aspirado interno de la máquina, no sopleteado

#### **3.1.4 Programación del Mantenimiento Preventivo**

La programación de este tipo de mantenimiento es una de las herramientas más efectivas que puede usarse para el mejoramiento de la eficiencia de cualquier línea de producción, ya que con una adecuada programación se logran realizar los trabajos de mantenimiento preventivo sin interrumpir el flujo de producción de la línea.

Para la programación de éste, se deben tomar en cuenta las horas que la maquinaria estará funcionando durante el día y la disponibilidad de recurso humano, además, la forma de programar abarca desde planear lo que se va a asignar a los operarios de la línea, hasta un sistema de planeación de las actividades que realizará un técnico de mantenimiento en trabajos específicos.

Debido a que este programa representa gastos de personal, repuestos, materiales, lubricantes, etc., es necesario programarlo de tal manera que, el costo de aplicar el mantenimiento preventivo sea menor que el costo de paros y costo de reparaciones.

#### **3.1.4.1 Frecuencia con que se realizará el MP**

La decisión sobre la frecuencia con que cada tarea se realice en un programa de mantenimiento preventivo es de crítica importancia económica, ya que, demasiada frecuencia en las diferentes tareas puede dar un excesivo trabajo de mantenimiento y excesivo gasto de materiales que puede ser muy superior al costo de paros y mantenimiento de descomposturas. Por el contrario, cuando la frecuencia de tareas es muy baja, puede originar muchas fallas, tiempo perdido de producción, costos de reparaciones más altos y en suma, costos de mantenimiento inmoderados.

Por tal motivo, tomando la información de las fuentes citadas en el subcapítulo de Nuevas Actividades del Mantenimiento Preventivo, se establece que la frecuencia conveniente en que se deben realizar las diferentes tareas de mantenimiento preventivo son aproximadamente cada 50 horas continuas de labores o una vez a la semana, esto quiere decir que el MP se debe programar de tal forma que sea posible realizar las actividades necesarias en tiempos prudenciales sin detener el flujo de producción de la línea.

Para orientarse en la administración de un programa de MP, los ejecutivos revisan un informe de paro imprevisto, el cual señala la falla o la necesidad de revisión general y ayuda a justificar la frecuencia más corta de inspección. Para que sea efectivo debe contener nombre, número y localización de la máquina, tiempo perdido y las reparaciones que se necesitaron.

### **3.1.4.2 Fijación de días en que se realizará el MP**

Las actividades del Mantenimiento Preventivo se planificarán para realizarse de acuerdo a los períodos y frecuencias establecidas por el departamento de Ingeniería de Mantenimiento de una manera consistente, en paros programados, sin detener la producción.

Para evitar que la producción se detenga debido a la ejecución del programa de MP, y debido a que las máquinas trabajan una jornada diaria de 9 horas aproximadamente, las actividades de MP se han programado para realizarse cada 5 días hábiles de trabajo continuo y después de que la línea cumpla con la producción diaria requerida, de tal forma que, el MP se programará para aplicarse los días sábados por la tarde, cuando la jornada a finalizado completamente.

Para cumplir con lo dicho en el párrafo anterior, se ha planificado que el Mantenimiento Preventivo se realice en períodos libres de los mecánicos, y después de las jornadas de trabajo, aunque haya que sacrificar horas extras de los mecánicos, puesto que éste costo es más bajo que el costo de paros imprevistos en la producción por la falta de MP.

### **3.2 Propuesta de la Ingeniería de Métodos**

El tiempo muerto no depende únicamente del servicio que esté brindando la maquinaria, también depende de técnicas de Ingeniería de Métodos para lograr el aprovechamiento del recurso humano, es por eso que, también es necesario analizar éstos aspectos relacionados con el mejoramiento de la eficiencia en éste tipo de industria, entre los cuales se involucra el correcto balanceo de la línea, mejoramiento de los métodos y estaciones de trabajo, análisis de diagramas de operaciones y vencimiento de la resistencia al cambio.

Como se dijo anteriormente, la aplicación de la Ingeniería de Métodos es un eslabón importante que ayuda a la conservación de la eficiencia de una planta de producción, ya que aporta varios análisis que influyen directamente en los resultados. Por tal motivo, se presenta a continuación la propuesta para lograr mantener el nivel aceptable de eficiencia, desde el inicio de producción de cada estilo de pantalón a producir, hasta la culminación del mismo.

#### **3.2.1 Forma en que se realizará el análisis de pre-producción**

El cambio de estilo es el tercer factor que genera tiempos muertos en la planta de producción, por tal motivo, es necesario realizar diversos análisis de pre-producción que ayudarán a fluir la producción del nuevo estilo desde sus inicios, reduciendo al mínimo los tiempos improductivos de los operarios entre un estilo y el otro. Y para realizar cada análisis se seguirán los siguientes pasos.

1. El Ingeniero de Métodos revisará el mapa de producción proporcionado por el departamento de planificación al menos dos veces por semana y con dos semanas anticipadas al cambio.
2. Junto con lo anterior el Ingeniero debe tener en su poder la muestra física para observación y análisis de especificaciones.
3. El Ingeniero debe tener en su poder la secuencia de operaciones, con el objetivo de realizar el balanceo de la línea previo al montaje de la maquinaria y así determinar la capacidad y los recursos necesarios por operación.
4. Comparar el proceso del pantalón actual con el nuevo proceso para obtener las diferencias.
5. Realizar, al departamento de mantenimiento, el requerimiento de maquinaria.

### **3.2.1.1 Análisis del Método de Trabajo**

El método de trabajo es un aspecto importante para la minimización de los tiempos muertos en una operación específica, ya que con ello se logra eliminar los movimientos ineficientes y se logra aumentar los movimientos eficientes. Por ello, al momento de que el ingeniero de métodos tenga la secuencia de operaciones, para analizar los métodos de trabajo debe realizar los siguientes pasos:

1. Verificar los minutos estándar permitidos (SAM) de cada operación,
2. Verificar que operaciones se realizaran con métodos convencionales y cuáles no.
3. Si existen operaciones con métodos no convencionales, realizar un análisis profundo del método.
4. Mejorar el método, si es posible.

5. Realizar la secuencia de movimientos del nuevo método..
6. Seleccionar el operario que realizará la operación.
7. Explicar al operario en que consiste el nuevo método.
8. Capacitar al operario con una semana de anticipación para el nuevo método.
9. Colocar curva de entrenamiento al operario para evaluar su desempeño.
10. Aplicar acciones correctivas al nuevo método si es necesario.

Los pasos anteriores deben de empezar a realizarse con dos semanas de anticipación para evitar que estas operaciones se vuelvan cuello de botella cuando el estilo sea montado en la línea de producción. Al mismo tiempo de ponerlo en práctica con el operario que realizará dicha operación.

### **3.2.1.2 Balance de Líneas Teórico**

Se le da el nombre Teórico debido a que se realizará tomando como base la secuencia de operaciones existente en la planta de producción. Con ello, el Ingeniero de Métodos podrá observar con anticipación cuáles son las operaciones que probablemente provocarán un cuello de botella y para ello tomarán en cuenta los siguientes factores:

- a. Tomar en cuenta la producción requerida.
- b. Tomar en cuenta el tiempo estándar de cada operación, según la secuencia de operaciones.
- c. Tomar en cuenta el número de operarios por operación.

El Ingeniero deberá unir las operaciones que crea necesarias para lograr aprovechar la disponibilidad del recurso humano y tomará en cuenta que las operaciones tengan la misma puntada, el mismo color y tipo de hilos, que el método sea similar y unirá las operaciones siguiendo el siguiente ejemplo:

Atraques de jareta y de bolsas delanteras.

Antes de unir las operaciones se observó que es la misma puntada y los mismos hilos para los atraques, por lo tanto se procede a realizar el análisis.

El tiempo estándar para el atraque de jareta ( $t_1$ ) es de 0.1586 min.

El tiempo estándar de atraques de bolsas delanteras ( $t_2$ ) es 0.1746 min.

El tiempo estándar para atraques de bolsas traseras ( $t_3$ ) es 0.2166 min.

Al unir operaciones con una misma máquina se resta las concesiones del tiempo estándar de dos máquinas quedando así:

$$\begin{array}{rcl}
 (t_1) & 0.1586 (1 - 0.20) \longrightarrow & 0.1266 \text{ min} \\
 (t_2) & 0.1746 (1 - 0.20) \longrightarrow & 0.1394 \text{ min} \\
 (t_3) & 0.2166 \longrightarrow & \underline{0.2166 \text{ min.}} \\
 S & = & 0.4826 \text{ min.}
 \end{array}$$

Si el tiempo disponible es de 540 minutos diarios, y si el operario trabaja con una eficiencia del 82%, entonces el operario será capaz de realizar:

$$\frac{540 \text{ min} \times 0.80}{0.4826 \text{ min}} = 895 \text{ unidades}$$

Si se tiene una meta de 850 pantalones, entonces estas operaciones se pueden realizar en la misma máquina con el mismo operario sin ningún problema.

Éste balanceo teórico de la línea también nos ayudará a elaborar el requerimiento correcto de la maquinaria y a establecer la cantidad de operarios que se necesitan en la línea de producción.

### **3.2.1.3 Análisis de Requerimiento de Maquinaria**

El ingeniero de métodos debe tener en cuenta que el requerimiento de maquinaria lo debe realizar con anticipación al departamento de mantenimiento, para que ellos tengan la maquinaria lista en el momento de hacer el cambio de estilo. Para realizar el requerimiento de maquinaria se deben seguir los siguientes pasos:

1. Tener presente la muestra física y el manual de operaciones.
2. Revisar especificaciones de los anteriores.
3. Realizar el Balance de líneas teórico según la secuencia de operaciones.
4. Determinar que cantidad de maquinaria que se utilizará por operación.
5. Comparar la maquinaria existente en la línea de producción que utiliza el estilo actual con la cantidad de maquinaria del nuevo estilo para obtener las diferencias.
6. Realizar el requerimiento de maquinaria al departamento de mantenimiento industrial aprobado por el departamento de Ingeniería y la gerencia.

#### **3.2.1.4 Análisis de Requerimiento de personal necesario**

Este análisis lo realizará el Ingeniero de Métodos tomando como base el balance de línea teórico obtenido de la secuencia de operaciones, esto ayudará a distribuir al recurso humano de manera adecuada, ayudará también a requerir el personal necesario si fuera el caso o a reubicarlo si el nuevo estilo requiere menor utilización del mismo.

Para ello, el Ingeniero es el responsable de revisar cada operación de la secuencia de operaciones y analizar que cantidad de operarios se necesitan por operación, luego sumará el personal requerido y lo comparará junto con el supervisor para revisar el recurso humano disponible. Finalmente, se hace saber a la gerencia la situación de los operarios para evaluar si es justificable el requerimiento de personal al departamento de Recursos Humanos de la planta.

#### **3.2.1.5 Distribución de la maquinaria**

Este diagrama se establece gráficamente, en base a los diagramas de flujo y de recorrido del proceso. Para elaborarlo se deben eliminar a lo largo de la línea cualquier obstáculo o cruce de material que pueda existir, además de eliminar o disminuir los transportes que se generan dentro de la línea.

El diagrama de operaciones que se debe perseguir cuando se monte un nuevo estilo de pantalón, debe ser aquel que nos muestre el flujo de operaciones minimizando el transporte de una de las operaciones críticas del proceso (figura 16), que en este caso es la operación 28 que corresponde a montar pretina, ya que los operarios de las pretinadoras no tienen que recorrer grandes distancias para recoger las pretinas ya procesadas, sino, tanto los pantalones como las pretinas están ubicadas cerca de ellos.



### **3.2.2 Forma en se realizará el análisis en producción**

Este tipo de análisis se realiza cuando el estilo ya esta montado en la línea de producción y es necesario realizar acciones correctivas que no se pueden tomar o medir en la planificación del análisis de preproducción, y para ello se proponen los siguientes puntos que ayudarán al Ingeniero de Métodos a obtener el volumen de producción deseado conservando con esto un nivel aceptable de rentabilidad de la línea.

#### **3.2.2.1 Análisis de Tiempos**

Este análisis dará como resultado el conocimiento del estado actual de la operación, dando a conocer si está empleando el esfuerzo de los operarios eficientemente, si cada una de las operaciones realizadas por éstos es ejecutada en el tiempo correcto y si la Administración está soportada sobre bases sólidas sobre las cuales pueda elaborar un programa de producción, cimentar sistemas de incentivos, etc. Para ello, es necesario que cuando el Ingeniero de Métodos lleve a cabo un análisis de tiempos realice los siguientes pasos:

1. No hacer en secreto el estudio de tiempos.
2. Indicar al sindicato, si lo hay, de la realización del estudio.
3. Análisis y comprobación del método.
4. Selección del trabajador, habilidad, temperamento, experiencia y deseos de cooperar.
5. No discutir con el trabajador ni criticarlo.
6. Tratar al trabajador como un ser humano
7. Tener una actitud positiva frente al trabajador.

8. Cronometrar.
9. Análisis de demoras.
10. Disminución o eliminación de demoras.
11. Repetir éste proceso y comparar resultados.

Es necesario que cuando se lleve a cabo un análisis de tiempos, se tomen datos de un número no menor de seis tiempos para hacer posteriormente un promedio y sacar conclusiones del caso.

Si el operario por cualquier motivo se atrasa en su trabajo, el analista debe tomar nuevamente dicho tiempo, ya que pueden ocurrir varios contratiempos que reduzcan el trabajo, por ejemplo, una aguja quebrada, rompimiento de hilo, cambio de bobina, elaboración mala de la costura, etc.

### **3.2.2.2 Balance de Líneas Real**

Éste es uno de los análisis más importantes que se realizan en producción, a diferencia del balance de líneas teórico que utiliza tiempos estándar, éste se realiza utilizando tiempos cronometrados, que brindan realmente la información que se requiere para conservar el flujo de producción constante, determinando cual es el ritmo de producción.

Antes de comenzar a balancear la línea, es necesario dividirla en tres, ya que se trabaja por separado el ensamble trasero, delantero y ensamble general, los cuales, pueden generar por separado un cuello de botella. Para realizarlo se seguirán los siguientes pasos:

1. Conocer la producción que se requiere durante la jornada.
2. Determinar cual es el tiempo promedio cronometrado de cada operación.
3. Determinar cuál es la cantidad de unidades a fabricar en el tiempo disponible de un operador, también conocido como índice de producción, éste dato se obtiene al dividir la producción requerida dentro de los minutos disponibles.
4. Se establece el número de operarios por operación, multiplicando el índice de producción del paso 3 por los minutos cronometrados por operación.
5. Obtener el número de operarios real por operación.
6. Al dividir el tiempo cronometrado dentro del número de operarios real, se obtienen los minutos asignados de la persona que establece el ritmo de producción y que determina el tiempo máximo permitido para el resto de operarios.
7. La cantidad de piezas por día se determina al multiplicar el número de operarios por el tiempo disponible dividido el tiempo cronometrado de la operación más lenta.
8. La eficiencia de la línea balanceada se obtiene de dividir el total de minutos cronometrados dentro de los minutos asignados del paso 6 multiplicados por el número de operarios.

### **3.2.2.3 Diagrama de Pitch**

Es otra de las herramientas que se utilizan en el análisis en producción y cuyo objetivo, al igual que un balance de línea, es mostrar los cuellos de botella, estimar la producción, definir la eficiencia con que se trabaja, el ritmo de producción, el cual dependerá del operario más lento y ayuda también a determinar el número de obreros que se asignarán a la línea.

La diferencia que existe con el balance de línea anterior es que, éste utiliza un medio gráfico para el análisis, el cual nos da la información que necesitamos para mejorar y alcanzar los resultados deseados. Y para realizarlo se siguen los siguientes pasos:

1. Tomar el nombre de la persona y de la operación que realiza, ya que entre cada persona existe variación en la manualidad de la operación, por lo tanto, variación en el tiempo de operación.
2. Tomar en cuenta la meta de la línea de producción.
3. Tomar en cuenta el tipo de máquina con que se trabaja en cada operación, ya que entre cada tipo de máquina existe diferencia en las concesiones por maquinaria.
4. Realizar la toma de 6 tiempos, como mínimo, a cada una de las operaciones de la línea de producción.
5. Promediar en minutos el tiempo de cada operación.
6. Estimar la capacidad potencial, que se obtiene al dividir el tiempo disponible dentro de el tiempo promedio multiplicado por las concesiones.
7. Trasladar la capacidad potencial de todas las operaciones a un gráfico de Excel, colocando en el eje X los nombres de las operaciones de la línea y en el eje Y una línea recta que muestre la meta de la línea junto con la curva que indique las capacidades potenciales del paso 6.
8. Determinar la operación que forma cuello de botella.
9. Aplicar acciones correctivas en el cuello de botella.

#### **3.2.2.4 Establecer la capacidad de los operarios**

Este análisis se obtiene del análisis de tiempos y muestra en porcentaje el aprovechamiento de tiempo productivo que tendrá cada operario, obtenido de la relación que existe entre el tiempo estándar de cada operación con el tiempo estándar de la operación más lenta.

Además, este análisis permite definir que operarios tienen suficiente capacidad como para asignarle operaciones manuales, tales como, quitar sticker de identificación de piezas, ordenar paquetes completos de material, transportar piezas, unir parejas de material y quitar los sobrantes de hilo de operaciones anteriores que podrían ser cuello de botella.

De esta manera, se pueden disminuir los operarios manuales dentro de la línea de producción, contribuyendo directamente a un aumento de por lo menos 5% en la eficiencia de la línea, haciéndola más rentable por medio de la disminución del costo de mano de obra aprovechando la capacidad no utilizada de otras operaciones.

#### **3.2.2.5 Establecer cuello de Botella Real**

En la planta de producción existen dos tipos de recursos, uno es lo que se llama recurso tipo cuello de botella y el otro es un recurso que no es cuello de botella. Un cuello de botella es aquel cuya capacidad es igual o menor a la demanda que hay de él y un recurso no cuello de botella es cualquier recurso cuya capacidad sea mayor a la demanda que hay de él.

Al encontrar un cuello de botella en la línea, no se mantiene el flujo suficiente como para satisfacer la demanda y hacer rentable a la línea, por lo tanto, para aumentar la capacidad de la línea es necesario incrementar la capacidad de los cuellos de botella. Y para optimizar el uso de los cuellos de botella se necesita:

1. Aprovechar el tiempo de los cuellos de botella.
2. Otra es que no esté trabajando partes que ya estaban defectuosas.
3. Descargar parte del trabajo del cuello de botella pasándolo a recursos que no sean cuello de botella, por ejemplo: asignarle a los recursos que no son cuello de botella las tareas de transporte de materiales, eliminación de stickers, eliminación de hilos sobrantes, formar parejas, etc.

### **3.2.2.6 Analizar y mejorar la Estación de Trabajo**

El planeamiento de la estación de trabajo debe ser tal, que evite excesiva tensión en los músculos, articulaciones, ligamentos, y sistema respiratorio y circulatorio. Los requerimientos deben mantener al hombre dentro de los deseables límites fisiológicos, seguir ritmos naturales, mantener la posición del cuerpo y la extensión de los movimientos de éste debe estar en armonía unos con otros.

Para lograr dicho objetivo, sólo queda definir y diferenciar las ayudas técnicas, que son adaptaciones especiales que permiten a un individuo ejercer fácilmente diversas actividades de la vida diaria que, sin tal ayuda, complicarían la realización de la operación, es decir, son elementos que ayudan al individuo a aproximarse lo más a la normalidad, partiendo de su capacidad deficiente, transformando su entorno y deben reunir las siguientes características:

- ? Sencillez, para que el operario pueda hacer uso de él, solo.
- ? Ser utilizadas cuando no existe otro medio razonable para solucionar el problema.
- ? Responder a las necesidades para las que han sido concebidas, eliminando los movimientos ineficientes, acelerando los eficientes, y simplificando los necesarios.
- ? Evitar sobrecarga física o sensorial causante de fatiga.
- ? Evitar infracarga de trabajo, productora de una monotonía que disminuya la vigilancia.
- ? Seguras, evitando riesgos innecesarios.
- ? Fabricadas con materiales resistentes, duraderos, de fácil limpieza, estéticos y de bajo costo.

Finalmente, éste análisis presentado anteriormente también se aplica al proyecto de condiciones de trabajo óptimas con vistas al bienestar humano, la salud óptima y la seguridad, teniendo en cuenta la eficacia tecnológica y económica.

### **3.2.2.7 Control de producción y producto en proceso**

Para llevar el control de producción de un operario durante el día, se pueden realizar controles bi-horales, los cuales se definen como la comparación entre la producción asignada a un operario y la producción real obtenida del mismo operario durante el transcurso de dos horas de trabajo. A través del bi-horal, el ingeniero de métodos identificará fallas que ocurran en la producción, eficiencia de los operarios, cuellos de botella y sirve también para orientar y tomar decisiones en la producción.

Esto ayudará a llevar un control eficiente de operaciones ya que con ello se planificará el trabajo diario de cada operario de acuerdo a la meta que se tenga prevista de producción. Y para lograr tal objetivo, se propone la tabla IV, que consta de varias casillas en donde se deben colocar los datos generales de la línea en análisis, además de contar con casillas separadas con diagonales, donde, de un lado se coloca la producción que debería llevar el operario cada dos horas dependiendo de la meta, y del otro lado de la diagonal la producción real del operario en el mismo período.

Tabla IV. Control de producción bi-horal

Estilo:							Planta		Línea:		
Fecha:			Ingeniero:								
Operación	Operario	9:00	11:00	14:00	16:00	17:00					
Observaciones:											

Es necesario que las operaciones, las cuales necesitamos someter al análisis de producción, sean colocadas en el orden del proceso de operaciones para mantener el flujo de producción.

Si un operario no cumple con la producción requerida en alguna operación específica, es necesario profundizar análisis mencionados anteriormente, como analizar la capacidad del operario, facilitar el método de trabajo, mejorar la estación de trabajo o mejorar la actitud de los operarios venciendo la resistencia al cambio.

### **3.2.3 Cómo se vencerá la Resistencia al Cambio**

No podemos olvidar que por regla general, los posibles usuarios a quienes se propondrán nuevas maneras de realizar su operación, van a sentir algún tipo de rechazo hacia éstas. Éstos obstáculos para el cambio, son factores ambientales que dificultan la aceptación y la aplicación del cambio. Las personas levantan barreras para el cambio ya sea por temor a lo desconocido, por desconfianza hacia los iniciadores del cambio o por sentimientos de seguridad amenazada.

La gerencia de la planta debe aprovechar la influencia de aquellos individuos que se detecten con aptitudes de liderazgo o de quienes tienen deseos de hacer algo por la planta, para que sean los agentes de cambio. Aquellos que tengan buena aceptación de la gente, los elementos nuevos en la organización o los ejecutivos un poco alejados de la estructura de poder.

Cuando se encuentra resistencia al cambio la planta debe tomar en cuenta, por un lado, concienciar y motivar al operario, y por el otro, utilizar tácticas como agentes de cambio para reducir sus efectos negativos, tales como las que se mencionan en los párrafos siguientes.

### **3.2.3.1 Educación y Comunicación**

La sensibilización al cambio a través de capacitar a la gente y comunicarse con ellos abiertamente, ayudará a los operarios a ver la lógica del cambio y a ganar confianza mutua y credibilidad a lo nuevo.

Para lograr esto, el Ingeniero de Métodos debe estar preparado para dar al operador toda la información concerniente a su trabajo sin esconder nada ni dar suposiciones, ya que de lo contrario, sus resultados serán generalmente negativos. Además, el encargado del cambio debe estar enterado de los hechos que podrían presentar algunos cambios emocionales del operador.

### **3.2.3.2 Participación**

Es difícil que la gente se resista a un cambio en el que ha participado desde sus orígenes, tomar en cuenta opiniones y sugerencias de los mismos operarios, ayuda al Ingeniero a diseñar el cambio y hace sentir a los operarios parte del proyecto que se ha emprendido, haciendo de su conocimiento ya con anticipación que posteriormente habrá un cambio en la manera de hacer su operación.

Es muy importante darle participación a la gente y obtener su compromiso. Si ellos mismos se convencen que los deseos del encargado de la planta son apropiados y razonables, darán una cooperación en el funcionamiento eficiente del proyecto que se pretende emprender en la planta de producción.

### **3.2.3.3 Apoyo y facilitación**

El Ingeniero de Métodos es el responsable de ofrecer una amplia gama de esfuerzos de apoyo a los operarios, debido a que es el responsable directo de estar pendiente de los efectos positivos y negativos que pueda generar el cambio. El temor y la ansiedad disminuyen cuando la gente se identifica con un líder que este pendiente de satisfacer sus legítimas necesidades.

Aparte de estas tácticas mencionadas anteriormente, existen otras menos éticas como, manipular a los operarios proporcionando información falsa, negociando con los operarios para disminuir la resistencia, utilizando el castigo o haciendo uso directo del poder sobre las personas que se resisten al cambio. Pero todas ellas producen efectos negativos en la organización, por lo cual, no se recomiendan para disminuir la resistencia al cambio.

Finalmente, la implantación del cambio deberá ser gradual, no radical, porque esto permitirá que se vayan adecuando tanto las personas como las circunstancias. Se deberán observar los efectos de las decisiones y las acciones y la lucha por el poder dentro de la organización, porque esto determinará en gran medida la velocidad y la magnitud de los cambios que se realicen.

### **3.2.4 Cómo se disminuirán los tiempos muertos**

Finalmente, cuando en una parte de la línea de producción se identifiquen factores que producen tiempos muertos, y por ende una disminución en la eficiencia de la línea de producción, éstos tiempos muertos se disminuirán poniendo en práctica lo siguiente:

- ? Controlar el flujo eficiente de las operaciones, por medio de una adecuada secuencia de operaciones y una eficiente distribución de maquinaria.
- ? Disminuir las unidades que contiene cada bulto, ya que esto hace que el flujo de producción sea más lento.
- ? Proporcionar a la línea de producción una buena supervisión, el supervisor debe estar consiente de las funciones de su trabajo para dar solución inmediata a los problemas que se presenten en la línea.
- ? Balanceo adecuado de la línea de acuerdo a la producción diaria que se desea obtener. Se debe dar especial atención a aquellas actividades que se necesita aumentar las horas de trabajo para alcanzar la producción planificada ya que estas actividades siempre pertenecerán al camino crítico del proceso de operaciones y cualquier alteración de sus tiempos perjudica el balance de línea.

#### **3.2.4.1 Estandarización de actividades**

Estandarizar es otra forma en la que los Ingenieros de Métodos pueden reducir los tiempos muertos, y significa que cualquier operación que se haga tenga lineamientos establecidos, pasos necesarios para dicha operación, y con un análisis detallado se puede realizar el mejor modelo determinado.

Cuando se realice la estandarización de alguna actividad en particular, se deben de tomar todos los movimientos del operario, también todos los aditamentos y ayudas técnicas que utilice en su operación. Todo ello hay que dejarlo escrito en hojas de papel o en un formato para tener un mejor control de la operación y mejorar cada movimiento, colocándole la ayuda técnica necesaria, de esta manera el operario podrá realizar una operación más ágil y eficiente. Y como dijo Frederick Taylor, los mejores resultados de la producción se obtienen cuando cada trabajador desempeña una función determinada en un tiempo asignado y de una manera definida<sup>3</sup>.

#### **3.2.4.2 Rendimiento potencial del MP**

Finalmente, la aplicación del Mantenimiento Preventivo recompensa a los usuarios reduciendo los tiempos muertos, y generando un aumento directo en la eficiencia de la línea de producción, además de proporcionar los siguientes rendimientos potenciales:

- ? Menos tiempo muerto inactivo en la producción, con los relativos ahorros y ventajas para el cliente, debido a menos descomposturas.
- ? Menos tiempo extra pagado por los ajustes ordinarios y las reparaciones normales, que por una reparación motivada por una descompostura.
- ? Menos rechazos de los pantalones, menos desperdicios debido al equipo correctamente ajustado.
- ? Cambio de mantenimiento de emergencia a mantenimiento programado menos costoso.
- ? Costo unitario más bajo de producción.
- ? Y mayor seguridad para los trabajadores.

## **4. IMPLANTACIÓN DE LA INGENIERÍA PREVENTIVA**

### **4.1 Implantación de la Ingeniería Preventiva**

Es aquí en donde se establecerán todos los parámetros que darán al mantenimiento preventivo la debida importancia. Para esto, es necesario establecer las responsabilidades, políticas, objetivos, procedimientos, actividades, etc., relacionadas con la aplicación e importancia del programa de mantenimiento preventivo.

#### **4.1.1 Responsabilidades del Mantenimiento Preventivo**

Al momento de implantar el mantenimiento preventivo en la planta, se convierte en una responsabilidad conjunta entre todos los departamentos relacionadas con el área productiva.

Todos los departamentos deben aceptarlo y desempeñar en la mejor forma posible las actividades asignadas correspondientes con la finalidad de cumplir con los objetivos establecidos.

##### **4.1.1.1 Ingeniería de Mantenimiento**

Será el departamento responsable de ejecutar los programas de Mantenimiento Preventivo, así como de llevar un control estricto de las ordenes de trabajo respectivas para suministrarlas al departamento de planificación y programación de mantenimiento.

Debido a que los programas de mantenimiento no son estáticos, y debido a que en la planta surgen nuevas variedades de la misma maquinaria que requieren más o menos mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento, también es responsable de revisar y modificar periódicamente los programas.

Finalmente, es el departamento que medirá la efectividad de los programas de Mantenimiento Preventivo implantados por planeación y hará las modificaciones pertinentes.

#### **4.1.1.2 Departamento de Producción**

Es el departamento encargado de desempeñar los servicios pequeños de mantenimiento que los programas de Mantenimiento Preventivo aprobados han asignado al recurso humano.

También deben operar en forma apropiada la maquinaria para minimizar su depreciación.

Además, debe cooperar con la organización de mantenimiento en la implantación del programa de Mantenimiento Preventivo, especialmente en hacer que la maquinaria esté disponible para la aplicación de MP en las fechas y tiempos establecidos en los programas, esto analizado conjuntamente con el departamento de planificación, cuyas responsabilidades se describen en el siguiente párrafo.

#### **4.1.1.3 Departamento de Planificación**

Éste departamento es el responsable de verificar que se lleven a cabo los programas aprobados de Mantenimiento Preventivo, en el día y en la frecuencia planeada con el departamento de Ingeniería de Mantenimiento y Producción.

#### **4.1.1.4 Grupos de ejecución del Trabajo**

Son los responsables de ejecutar todas las actividades de Mantenimiento Preventivo, utilizando una lista de chequeo que le entregará el departamento de Ingeniería de Mantenimiento a cada mecánico de la planta de producción.

Deberá mantener la maquinaria en condiciones satisfactorias de operación al menor costo posible.

Participar con la jefatura de producción en la relación e implantación de un programa de mantenimiento preventivo a largo y corto plazo.

#### **4.1.2 Programa de Mantenimiento Preventivo**

La programación del trabajo es una de las herramientas más efectivas que puedan usarse en el mejoramiento de la eficiencia de cualquier departamento de mantenimiento. Y de allí depende la justificación del mismo para determinar su efectividad en términos de mejoría de la eficiencia, o sea, dinero ahorrado.

Con el programa se pueden colocar las tareas en un programa de acuerdo a la producción estimada, condiciones de operación, materiales y mano de obra disponible con el propósito de tener suficientes tareas disponibles para cumplir, de acuerdo con la prioridad analizada.

#### **4.1.2.1 Misión del Mantenimiento Industrial**

Es el departamento que reconoce la importancia de su función dentro de la empresa, garantizando la disponibilidad de la maquinaria e instalaciones en cualquier momento y brindando un servicio eficiente a las mismas, disminuyendo los tiempos improductivos de los operarios, aprovechando los insumos de la empresa y buscando la rentabilidad deseada.

#### **4.1.2.2 Visión del Mantenimiento Industrial**

Ser el departamento que atiende eficientemente las necesidades de los empleados de la empresa, proporcionándoles el ambiente y los recursos que necesitan, en cuanto a instalaciones y maquinaria se refiere, para la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes de una manera rentable.

#### **4.1.2.3 Políticas del Mantenimiento Preventivo**

Es responsabilidad de Ingeniería de Mantenimiento que todas las máquinas estén al 100% de disponibilidad para la producción.

Cuando el mecánico que realiza el MP detecta que una máquina tiene apariencia de deterioro o falta de pintura, es su responsabilidad informar a Ingeniería de Mantenimiento para pintarla o retocarla.

Es responsabilidad de Ingeniería de Mantenimiento realizar el mantenimiento preventivo durante los períodos libres o después de la jornada en los días establecidos.

El mecánico al realizar el MP, debe utilizar la lista de chequeo entregado por Ingeniería de Mantenimiento, la cual, indicará el procedimiento a seguir y le servirá para anotar las correspondientes anotaciones.

Cuando se detectan indicios de falla, el mecánico tiene la obligación de realizar las correcciones necesarias en la maquinaria antes de que suceda la falla.

El Ingeniero de Mantenimiento es responsable de cumplir con las políticas mencionadas anteriormente y sancionar a las personas que no cumplan con ellas.

#### **4.1.2.4 Objetivos del Mantenimiento Preventivo**

Garantizar el máximo nivel de calidad en los productos con el costo de mantenimiento mínimo.

Aprovechar los tiempos en que la planta detiene la producción para realizar las actividades del mantenimiento preventivo.

Brindar la disponibilidad de maquinaria y equipos al departamento de producción de manera que, siempre estén aptos y en condición de operación inmediata.

Demostrar que es un programa interesado en alcanzar la reducción o eliminación de los tiempos muertos en la línea de producción debido a las fallas inesperadas de los equipos.

Y la meta de la actividad completa de Mantenimiento Preventivo puede describirse como la disponibilidad máxima de la maquinaria en condiciones satisfactorias a un costo mínimo.

#### **4.1.2.5 Selección y perfil del personal**

Para seleccionar al personal interno de la planta, es recomendable que la participación de los mecánicos sea voluntaria, lo mejor es hacer una publicación interna indicando los requisitos que deben cumplir los mecánicos para formar parte del Departamento de Mantenimiento.

También se puede hacer uso de las fuentes externas de la cual será probable reclutar y seleccionar al personal, entre ellas están los anuncios en prensa y radio, instituciones educativas y recomendaciones del personal.

Luego del reclutamiento, se procederá a evaluar a las personas, tomando en cuenta todos los requisitos que solicitamos para poder conformar el departamento de Mantenimiento.

Se debe considerar el proceso de selección como el punto de partida, ya que de ellos depende la calidad del servicio de mantenimiento preventivo que brinde el departamento.

El personal que se contrata para el departamento de Mantenimiento debe tener principalmente una actitud y aptitud positiva, además de conocimientos de costura, que son los tres elementos básicos para el éxito del programa de Mantenimiento Preventivo.

Cuando su actitud es positiva, la probabilidad de tener éxito en el Mantenimiento Preventivo será alta, ya que el mecánico pondrá mayor interés en lograr los objetivos propuestos por el departamento de Mantenimiento, de nada sirve tener personas con mucha experiencia en el campo, si no tienen actitud positiva, por tal motivo, el elemento con mayor peso al momento de contratar personal, es aquel que tenga actitud positiva y capacidad de trabajar en equipo.

#### **4.1.2.6 Procedimiento del Mantenimiento Preventivo**

Asignación de líneas a cada mecánico en las cuales deberá realizar el Mantenimiento Preventivo.

Proporcionar a cada mecánico la lista de chequeo correspondiente a la maquinaria a la cual realizará el Mantenimiento Preventivo.

Las actividades del mantenimiento preventivo se deberán realizar todos los días sábado después de medio día.

Luego de realizar los ajustes y revisiones correspondientes, deberá completar la boleta con todos los datos correspondientes y entregarla al departamento de Ingeniería de Mantenimiento.

Cada semana se entregarán los reportes del Mantenimiento Preventivo realizado en la planta a la Jefatura Central de Mantenimiento para ingresarla a una base de datos la cual generará reportes del trabajo realizado.

#### **4.1.2.7 Actividades del Mantenimiento Preventivo**

Todo tipo de maquinaria industrial, y principalmente la maquinaria que participe en la producción en línea necesita chequeos y reajustes para garantizar un buen funcionamiento y disposición de las mismas en cualquier momento. Para las máquinas industriales utilizadas en una línea de producción de costura, la parte esencial de la máquina es el nivel y la adecuada lubricación que ayuda a disminuir el desgaste en sus piezas internas.

Una máquina con un adecuado sistema de lubricación, evitará que sus piezas internas se desgasten debido al calentamiento por fricción provocado por las piezas que están en constante movimiento dentro de la máquina. Con el sistema de lubricación correcto, se evitará el desajuste de las piezas, se disminuirán las máquinas inservibles y lo más importante, se disminuirán los tiempos muertos debido a una máquina muy problemática para la producción en línea.

Por tal motivo, las actividades del Mantenimiento Preventivo de la maquinaria industrial utilizada en la industria de la confección se basan en la adecuada lubricación de todas las partes en movimiento y como complemento se realizan ajustes y revisiones en *Lóoper*, garfio y aguja, defensa, revisión del motor, fajas, porta conos, mesas de trabajo y limpieza en general.

#### **4.1.2.8 Planificación del Mantenimiento Preventivo**

Como se dijo anteriormente, las actividades del Mantenimiento Preventivo se planificarán para realizarse de acuerdo a los períodos y frecuencias establecidas por el departamento de Ingeniería de Mantenimiento de una manera consistente, en paros programados, sin detener la producción.

Para cumplir con lo dicho en el párrafo anterior, se ha planificado que el Mantenimiento Preventivo se realice en períodos libres de los mecánicos, y después de las jornadas de trabajo, aunque haya que sacrificar horas extras de los mecánicos, puesto que éste costo es más bajo que el costo de paros imprevistos en la producción por la falta de MP.

La programación del mantenimiento preventivo se realiza con dos fines: primero, tener una idea mucho mejor de las horas hombre que se deberían emplear en tales tareas rutinarias y segundo, asegurar que todo el equipo se lubrique e inspeccione en tiempos programados regularmente.

Además, el plan de mantenimiento preventivo debe incluir un registro de todo el trabajo de reparación en todos los equipos. Esto se puede hacer simple e informativamente preparando una tarjeta para cada pieza de equipo y, con el simple llenado de una copia la orden de reparación detrás de la tarjeta dirá la fecha y el tipo de reparación, la frecuencia, el costo hora hombre y el costo de material.

Todo lo anterior se realizará con el objetivo de:

1. Uso eficiente de la fuerza humana.
2. Disminución del tiempo ocioso del equipo de producción mientras se efectúan reparaciones.
3. Reducción en costos de tiempos extras, logrando más trabajo en las horas regulares.

#### **4.1.2.9 Ordenes de trabajo**

Una orden de trabajo es una lista de verificación que desglosa para el mecánico que realiza el MP todos los puntos que deben comprobarse en cualquier maquinaria y también proporciona espacios para fechas y nombres para mostrar cuándo se realizó y por quién. En conclusión, no se deja nada a la memoria<sup>4</sup>.

Las ordenes de trabajo que se utilizarán para realizar el MP en la planta se puede observar en la tabla V, en donde se muestra únicamente la orden de trabajo para las máquinas planas.

Tabla V. Ordenes de trabajo de MP

<b>Planta:</b>								
<b>Supervisor:</b>								
<b>Línea:</b>	<b>Máquina No.</b>							
<b>Para comprobarse</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
Revisión de tensiones								
Revisión de plancha de aguja								
Revisión de punta de garfio								
Revisión del retenedor de canasta								
Revisión ajuste de lubricación garfio								
Revisión del bushing de barra								
Revisión de presión del prénsatela								
Revisión del nivel de los dientes								
Ajuste correcto de engranajes								
Ajuste de tiempos de la máquina								
Revisión del retenedor de aceite								
Revisión del nivel de aceite								
Revisión del sistema de lubricación								
Revisión del porta conos								
Revisión de rodillera								
Revisión del devanador de hilo								
Aditamentos de seguridad industrial								
Revisión general del mueble								
Revisión de cables y mangueras								
<b>Revisado por:</b>								
<b>Fecha:</b>								
<b>Se necesita incluir algo en la siguiente inspección:</b>								

Éstas ordenes de trabajo de MP se pueden utilizar 4 veces para la misma máquina, facilitando y disminuyendo el papeleo de la maquinaria industrial, y será semejante para cada tipo de maquinaria que se utiliza en la línea de producción. Luego ésta tarjeta debe archivar para eliminar cualquier escritura adicional o de copiado.

#### **4.1.2.10 Inspecciones programadas**

Se puede tomar en cuenta que una parte del equipo puede tener varias frecuencias de servicio, como una diaria para limpieza, una semanal para ajustes, pintura, pruebas, etc., pero se excluyen reparaciones.

Para programar las inspecciones se toman en cuenta varias consideraciones como edad y condición de la maquinaria, severidad del servicio, horas de operación, etc.

También hay que considerar que una inspección excesiva es un gasto innecesario y puede involucrar más tiempo ocioso de producción que un paro de emergencia. Contrariamente, la subinspección produce más paros y más reemplazos anticipados. Se necesita un buen equilibrio para producir ahorros óptimos.

Actualmente, las inspecciones se realizan los días martes, jueves y sábado, pero se cree que puede ser exceso de inspección, por lo tanto, para corroborarlo, fue necesario colocar al final de las ordenes de operación que se observaron en la tabla V (véase página 83), un espacio para que las personas que realicen el MP indiquen si el ciclo de frecuencia necesita reducirse o puede prolongarse.

Otra forma de verificar si hay exceso de mantenimiento es detectando si no hay reparaciones, por el contrario si hay demasiadas reparaciones, las inspecciones no están llegando a la raíz del problema. Por lo tanto, las inspecciones programadas se realizarán una vez por semana siguiendo las ordenes de trabajo.

#### **4.1.2.11 Actividades del mecánico**

El mecánico encargado de la línea es responsable de realizar todas las actividades del Mantenimiento Preventivo siguiendo cada línea de las órdenes de trabajo, chequeando conscientemente cada una de las partes de la maquinaria, reportando cada avería que en ella encuentre y realizando cada reparación necesaria para disminuir la probabilidad de paros imprevistos por falla de maquinaria.

#### **4.1.2.12 Actividades del operario**

Muchos problemas consisten en el mal funcionamiento y paralización de las máquinas. Los operarios pueden aprender a graduarlas, mas no podemos pretender que tengan repentinamente los conocimientos para arreglar las averías. Por tanto, los operarios necesitan mantenerlas en buenas condiciones con un procedimiento de mantenimiento preventivo diario.

Por tal motivo, a los operarios se les asignarán las siguientes tareas rutinarias, que deben realizar diariamente al inicio de la jornada y que pueden evitar los paros imprevistos por fallas.

- ? Revisar que las agujas no estén despuntadas
- ? Revisar porta conos
- ? Revisar estado de los guardas
- ? Revisar que los dientes de las máquinas estén limpios
- ? Revisar que los cables estén ordenados
- ? Revisar botón de encendido y apagado
- ? Limpieza de cabezal y mueble
- ? Revisión diaria de aceite
- ? Informar al supervisor de línea cuando se presente alguno de los problemas anteriores.

El abuso de la maquinaria por parte de los operarios es una gran queja del personal de mantenimiento. Una buena idea es asignar a los operarios las mismas máquinas, esto hace que el sujeto destructivo o descuidado se destaque, y al mecánico le señale la persona que necesita más adiestramiento.

#### **4.1.2.13 Contratistas externos**

La necesidad de contratistas externos, llamado también *outsourcing*, se basa en el tipo de trabajo a realizar, en la existencia de trabajos retrasados y en el equipo existente o la falta de él en la planta. Los pintores, carpinteros, herreros y otros que provienen de fuentes externas, se utilizan hasta cierto grado en la mayor parte de las plantas.

Además, probablemente siempre habrá cierto tipo de trabajos que pueden ser ejecutados en forma más rápida y barata por contratistas externos.

## **5. SEGUIMIENTO DE LOS PLANES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA**

### **5.1 Programa de entrenamiento**

Una vez establecidos todos los lineamientos que debe seguir el programa de Mantenimiento Preventivo, es necesario elaborar un plan de entrenamiento que abarque todos los aspectos básicos que deben necesitar los empleados. Para ello, es necesario separar dos grupos diferentes, los cuales la capacitación para el líder del grupo y para los mecánicos tendrán un enfoque diferente como se menciona en los párrafos posteriores.

#### **5.1.1 Al Líder de Grupo**

A continuación se presentan los temas de capacitación que se impartirán al líder de los grupos para tener una mejor eficiencia en los trabajos de mantenimiento preventivo.

- ? Administración: se les enseñarán las funciones administrativas básicas para poder administrar un equipo, las cuales son: Planificación, Organización, Dirección y Control.
  
- ? Comunicación: se les enseñará el propósito y la importancia que tiene la comunicación en el trabajo y sus métodos: Oral, escrito y no verbal.

- ? Motivación: se les enseñarán técnicas de motivación para que puedan transmitirla a sus empleados para que ellos mantengan el comportamiento orientado a sus metas.
  
- ? Liderazgo: es lo más importante en capacitación que se da a éste tipo de personas. Se les enseñarán las principales técnicas y principios para influir en los demás para que actúen a favor del cumplimiento de las metas de la línea de producción.

### **5.1.2 Al Mecánico**

Tanto los líderes de los grupos como los mecánicos, necesitan un adoctrinamiento breve sobre la ideología del MP. Ellos necesitan conocer los objetivos y procedimientos generales. Para ello se usarán películas de los fabricantes de equipo para ambos propósitos.

Otra forma de capacitar y adiestrar al personal es en el mismo trabajo, aunque no es un programa formal de entrenamiento, es en donde muchos mecánicos expertos han adquirido sus habilidades. Esto se hará asignando a cada técnico con experiencia un trabajador nuevo como ayudante; el practicante aprende por exposiciones sobre el trabajo y las instrucciones que le da el técnico con experiencia.

Es responsabilidad del Ingeniero de Mantenimiento programar trimestralmente, con la ayuda de la persona quien capacita, certificar y capacitar a todo su personal de la planta.

Además de eso, la capacitación debe ser programada trimestralmente hacia todo el personal y debe cumplir con lo siguiente:

- ? accesible: Al líder del grupo y a los mecánicos se les dará la facilidad de poder asistir a toda clase de capacitación.
- ? flexible: Adecuado al nivel de función que desempeñan y área en que se encuentran trabajando.
- ? didáctica: Con los métodos de instrucción apropiados al nivel y necesidades a quienes se están capacitando.
- ? y se considera una instrucción continua.

## **5.2 Mejora Continua**

Los programas de mantenimiento no deben considerarse estáticos, y debido a que en la planta surgen nuevas variedades de la misma maquinaria que requieren más o menos mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento, también es responsable de revisar y modificar periódicamente los programas.

Por otra parte, con el objetivo de trabajar con eficiencia y calidad, todo operario que participe en la producción de la línea será responsable de la calidad de trabajo en cada operación que realice, como también de las operaciones anteriores que serán realizadas antes de las de él, en resumen, todo el grupo es responsable de la calidad del producto manufacturado.

Para lograr lo anterior, los operarios deben cumplir por con las siguientes reglas importantes y así enfocarse a una mejora continua:

- ? revisar los saltos o caídas de puntada.
- ? no tocar las tensiones de los hilos.
- ? no dañar las piezas cuando se despita.
- ? hacer las cosas bien la primera vez

El objetivo de estas revisiones es que el producto fabricado responda a las especificaciones cualitativas y cuantitativas esperadas para que, tanto el distribuidor final como el consumidor, queden satisfechos con su adquisición. Después de éstas operaciones se procede a la elaboración de bultos de los productos terminados como también al empaquetamiento de la mercadería para que pueda ser remitido y enviado sin dificultad alguna a la siguiente intervención que es en la planta de lavandería.

### **5.2.1 Inspección de Actividades Rutinarias de MP**

El control de las inspecciones rutinarias es una medio por el cual se ejecuta cada tipo de trabajo de mantenimiento, éste queda cubierto por una forma normal escrita, que muestra el trabajo que se requiere, el cual se describe en forma adecuada.

Cada mecánico es responsable de entregar al líder de mecánicos una copia de la orden de trabajo que realizó, con el propósito de mantenerlo informado periódicamente de los beneficios importantes que resulten de un programa como mayor vida de las máquinas, más horas de operación y de producción, y reparaciones menos frecuentes y menos costosas del equipo. Esto le ayudará a la gerencia a tomar mejores decisiones acerca de la aplicación del MP.

Además, a los operarios se les asignarán tareas al finalizar el turno que constan de: asegurarse de apagar la máquina, dejarla limpia, colocar tela bajo el prensatela y cubrir la máquina. Para ello, los supervisores de línea serán los encargados de inspeccionar que lo anterior se realice periódicamente, ya que son tareas en las que los beneficiados son todas las personas que participen en la línea de producción.

### **5.3 Círculos de Calidad (Q)**

Son grupos de ocho a diez personas que realizan un mismo trabajo bajo la dirección de un mismo supervisor, y que se reúnen cerca de una hora cada semana con el fin de identificar, analizar y resolver problemas relacionados con el producto que realizan<sup>5</sup>.

Estos círculos de calidad se basan en una técnica de resolución participativa de problemas. Cada miembro del grupo aporta ideas para nuevos trabajos, como también ayudan a la solución de problemas. Es por ello que, en primer lugar, la gerencia general debe fomentar el trabajo en equipo e instruirlos con cursos enfocados a las técnicas de producción en grupo, así como también cursos de relaciones humanas, organización de grupos y técnicas de resolución de problemas.

En segundo lugar, los círculos bien integrados logran muchas cosas que los sistemas de sugerencias no pueden lograr. Tienen impacto enorme sobre la empresa en general, mejoran la productividad de los empleados, reducen los defectos de calidad, la alta rotación de personal, el ausentismo, el tiempo perdido y hasta la tasa de accidentes.

Y en tercer lugar, los círculos de calidad brindan la participación del operario al darle la oportunidad de formar parte en la toma de decisiones de la compañía, por lo menos en aquellas que atañe el área donde se desarrolla en su trabajo.

### **5.3.1 Integración de los círculos de calidad**

Como se dijo anteriormente, es un pequeño número de empleados de la misma área de trabajo, que se reúnen voluntariamente para estudiar técnicas para mejorar el control de calidad y la productividad relacionados directamente con su trabajo, y las personas que lo integrarán son:

- ? el Ingeniero de Métodos.
- ? el jefe de área.
- ? el supervisor de la línea de producción.
- ? el encargado de control de calidad de la línea.
- ? el encargado de mantenimiento industrial de la línea.
- ? 3 operarios de la línea, alternándolos en cada reunión.

### **5.3.2 Objetivos de los círculos de calidad**

Las personas que integran los círculos de calidad son los que elegirán cuál es el problema a dar solución, y por medio de esto cumplen con los objetivos de los círculos de calidad que son:

- ? cubrir la totalidad de la organización en todos los niveles.
- ? dedicarse al estudio permanente de formas que podrían contribuir a mejorar la calidad y la productividad.
- ? identificar los problemas relacionados con la producción.
- ? analizar y resolver problemas relacionados con el producto que realizan.
- ? promover la participación de los operarios.
- ? fomentar el trabajo en equipo.
- ? incrementar la eficiencia de la línea a la que pertenecen.

### **5.3.3 Programación de reuniones de los círculos de calidad**

Después de haber mencionado la importancia de la existencia de los círculos de calidad en una empresa, se procede a la determinación de los días indicados para la realización de las reuniones.

Con el propósito de no afectar la producción de la línea, ni generar horas extras por la determinación de la hora, las reuniones se han programado para realizarse en los momentos en que se tiene un bajo rendimiento por parte de los operarios. Y se ha determinado que se harán los días lunes de cada semana a las 7:00 de la mañana, hora en la que se espera la menor producción no solo del día, sino de la semana.

#### **5.4 Control de tiempos muertos**

En general los tiempos muertos son la tolerancia que se aplica para cubrir las necesidades que retrasan la producción. Se debe evitar un alto porcentaje de tiempo muerto ya que esto da lugar a disminuir la capacidad real de la planta.

En la línea de producción es muy importante que en el equipo de trabajo exista una muy buena coordinación en cada miembro del grupo, para así mejorar el flujo de trabajo, tiempo de operación y traslado para que los resultados sean superiores.

##### **5.4.1 Control de tiempos muertos por demoras personales**

Para reducir el tiempo muerto por demoras personales, a los operarios se les ha mencionado la importancia que tiene su presencia dentro de la línea de producción, y se les demostró que:

Los tiempos muertos por llegadas tarde generan las siguientes pérdidas:

Si el tiempo de trabajo es de 540 minutos y se tiene que producir una cantidad de 850 unidades. ¿Cuántas unidades se confeccionarán con 30 minutos de atraso?

Si en,      540 minutos al día ————— 850 unidades  
                 510 minutos al día ————— X

Al usar la regla de tres, obtenemos que X tiene un valor de 802 unidades y se concluye diciendo que: con una persona que llegue tarde, la línea ya no es capaz de cumplir con la meta establecida diariamente.

Este mismo análisis se realizará para aquellas demoras personales en el trabajo necesarias para la comodidad y bienestar del empleado; esto comprende las idas a tomar agua y a los sanitarios.

#### **5.4.2 Control de tiempos muertos en reparación de maquinaria.**

Si la reparación de una máquina dentro de la línea de producción pasa de los 20 minutos, es obligación del departamento de Mantenimiento Industrial sacarla de la línea y reemplazarla por otra máquina que se encuentre en buen estado. Ya que de lo contrario, ocasionará tiempos muertos dando los resultados que se mencionaron en el párrafo anterior.

#### **5.5 Control de costos**

Una vez que la maquinaria ha sido seleccionada para la aplicación de MP, la siguiente pregunta que hay que hacerse es cuanto hay que gastar en MP.

El costo total de mantenimiento en lo referente a MP comprende:

1. costo de MP
2. costo de mantenimiento de descomposturas
3. costo de pérdidas de producción

Para encontrar el nivel óptimo de aplicación, que se encuentra en el punto de la suma mínima de éstos tres costos, se grafican los costos de MP, de reparaciones y pérdidas de producción constantemente a diferentes niveles de actividad de MP.

### **5.5.1 Método para controlar los costos**

El primer paso es diseñar y poner en uso un sistema completo de ordenes de trabajo escritas junto con un sistema de control de tiempo, las cuales, proporcionarán un medio para los trabajadores de cargarle a cada tarea de mantenimiento las horas empleadas en el mismo y de esta manera mantener controlados los costos de mano de obra de mantenimiento preventivo.

El segundo paso importante es la fijación de estándares de tiempo para los trabajos repetitivos y aplicar principios de simplificación de trabajos a todas las tareas de mantenimiento.

El tercer paso importante es establecer los procedimientos de toma de tiempo. Se pueden asignar cantidades contables permanentes de rutina a cada una de éstas tareas, así que los trabajadores pueden reportar el tiempo empleado y el personal de control de costos puede acumular las horas de cada semana dedicadas a dicho trabajo.

Uno de los deberes del personal de control de costos es mantener reuniones con la supervisión de mantenimiento para informarle de los hechos en cada caso y ayudar a desarrollar medidas que remediarán tales costos elevados. Entre éstas medidas está la posibilidad de un mejor planeamiento, el empleo de menos hombres en el trabajo o la necesidad de estudios por el departamento de ingeniería industrial, especialmente en donde intervienen trabajos costosos de rutina o trabajos repetitivos.

Otra fuente que ayuda a controlar los costos es la disminución de la contratación de trabajos durante periodos de tiempos extras que podrían hacerse durante las horas de trabajo regular, siempre y cuando éstos trabajos se realicen en momentos en que la producción de la línea sea detenida por factores que no estén a su alcance.

## **5.6 Preparación previa de los cambios de producción**

En esta etapa, el Ingeniero de Métodos debe proporcionar al supervisor de la línea la secuencia de operaciones del nuevo estilo, la forma en que se distribuirá la maquinaria por medio de un diagrama mejorado de recorrido, también debe tener los registros de las habilidades del personal dentro de la línea y el supervisor distribuye a cada quién en la operación que él crea conveniente junto con el análisis del Ingeniero.

También es necesario tener una plática con toda la línea de producción dos días antes de ingresar el nuevo estilo, enseñándoles la nueva pieza a producir y la meta diaria que se tendrá.

### **5.6.1 Análisis previo de operaciones críticas**

Todos los operarios de la línea deben saber con anticipación en qué colaborarán con el supervisor en el nuevo estilo a procesar.

El Ingeniero de Métodos debe analizar previamente cada una de las operaciones que el nuevo estilo tendrá y debe identificar las posibles operaciones que pueden traer dificultades al momento de montar el estilo en la línea.

Luego, debe corroborar con el supervisor de la línea si cuenta con el recurso humano capaz de realizar las posibles operaciones críticas, y si no cuenta, deben seleccionar a los operarios para realizar una capacitación previa ante las nuevas operaciones que van a realizar. Ya que si se le enseña al operario algo dentro de la línea, retrasará la producción y ésta operación se convertirá en un cuello de botella que generará tiempos muertos en las operaciones posteriores.

### **5.6.2 Capacitación previa a operarios**

Puesto que la capacitación es un entrenamiento teórico que se da a todos niveles de la organización con políticas grupales. El tipo de entrenamiento dependerá de las posibilidades potenciales del instructor y sus participantes, y para éste caso en particular, se capacitará al personal del área de producción que comprenderá al personal operativo, al supervisor y al ingeniero del área para los cambios de estilo.

Cuando se tienen los datos de las habilidades del personal de la línea, se facilitará la colocación de cada operario en la operación adecuada, y si se descubre la falta de habilidades de alguna persona, con anticipación se asignará a un instructor al operario seleccionado para que se capacite en la operación una semana antes que ingrese el nuevo estilo.

Con lo anterior se reducen los problemas con la operación de cada persona, solamente es necesario que el supervisor avise a cada elemento de la línea la operación que se le asignará en el nuevo estilo, de modo que no cause demasiada pérdida de tiempo durante el cambio de estilo.

### **5.6.3 Preparación anticipada de maquinaria**

El Ingeniero de Métodos debe analizar previamente cada una de las operaciones que el nuevo estilo tendrá y debe identificar los posibles cambios de maquinaria que se requieren, además, debe comparar la maquinaria existente en la línea de producción con la maquinaria del nuevo estilo de pantalón.

Una vez realizada la comparación, se debe realizar el requerimiento de maquinaria con una semana de anticipación al departamento de mantenimiento industrial, para que ellos preparen la nueva maquinaria y puedan incluirla en el programa de mantenimiento preventivo, para que ésta no de ninguna posibilidad de detener la producción cuando ésta ya este en marcha.

## CONCLUSIONES

1. La misión del departamento de Mantenimiento Industrial es reconocer la importancia de su función dentro de la empresa, garantizando la disponibilidad de la maquinaria en cualquier momento, disminuyendo los tiempos improductivos de los operarios, aprovechando los insumos de la empresa y buscando la rentabilidad deseada. Y la visión es ser el departamento que atiende, eficientemente, las necesidades de los empleados de la empresa, proporcionando el ambiente y los recursos que necesitan, en cuanto a maquinaria se refiere, para la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes de una manera rentable.
2. Entre las reglas y políticas de MP en una planta de producción están: mantener las máquinas con un 100% de disponibilidad para la producción; realizar el mantenimiento preventivo durante los períodos libres o después de la jornada en los días establecidos; al realizar el MP, el mecánico debe utilizar la lista de chequeo entregado por Ingeniería de Mantenimiento y realizar correcciones en la maquinaria cuando se detectan indicios de falla, antes de que ésta suceda.
3. Las actividades periódicas del MP de la maquinaria industrial utilizada en la industria de la confección se basan en la adecuada lubricación de todas las partes en movimiento y, como complemento, se realizan ajustes y revisiones en Lóoper, garfio y aguja, defensa, revisión del motor, fajas, porta conos, mesas de trabajo y limpieza en general. Éstas actividades se realizarán todos los días sábado después de medio día, asignando las líneas a cada mecánico en las cuales deberá realizar el MP y proporcionando a cada mecánico la lista de chequeo correspondiente..

4. La Ingeniería Preventiva es el aspecto más importante para la disminución de los tiempos muertos, ya que, con la correcta implantación de ésta, se disminuye el 35% del total de tiempo muerto que existe en la línea de producción, asegurando la disponibilidad máxima de máquinas en condiciones satisfactorias para desarrollar sus funciones a un costo mínimo.
5. El flujo de materiales en la línea de producción se mejora cuando la maquinaria se sitúa de modo que, el flujo de una operación a la siguiente sea mínimo y cuando los tiempos de operación de cada operario sean, aproximadamente, iguales, esto significa que debe existir un equilibrio en la producción para que toda la línea de producción trabaje a la misma eficiencia. El balance de líneas es una técnica que alcanza dicho fin, al realizarlo se elimina la formación de los cuellos de botella en la línea.
6. Para optimizar el tiempo productivo en un cuello de botella, se realiza un análisis, tanto del método, como de la estación de trabajo, los cuales, en conjunto, disminuyen los micro movimientos que el operario realiza en la operación, sometiéndola a una minuciosa investigación, con vistas a introducir mejoras que faciliten la realización del producto.
7. Para conservar un nivel constante de eficiencia en la línea de producción se realizan varios análisis de producción que, en cuanto a MP se refiere, se realizan inspecciones semanalmente, con el propósito de garantizar el funcionamiento correcto de la maquinaria y, en cuanto a Ingeniería de Métodos se refiere, se realizan análisis de producción previo al cambio de estilo, para que dicho cambio entre a la línea sin ningún atraso ni complicación que afecte la eficiencia de la línea junto con varios análisis que se realizan cuando la producción del nuevo estilo ya está en marcha.

## RECOMENDACIONES

1. El objetivo es halar la producción, reducir inventarios en proceso, tener bultos de trabajo pequeños, idealmente de una unidad en cada puesto de trabajo, pues la eficiencia de la línea de producción no depende de las unidades que están en proceso, sino del número de unidades terminadas que se sacan en un día de trabajo.
2. Debido a los factores que se toman en cuenta para obtener el porcentaje de eficiencia de la línea de producción, la forma en que ésta se puede mejorar es incrementando la producción por unidad de tiempo, o sea, obtener un mayor número de producción utilizando óptimamente los recursos de mano de obra y maquinaria.
3. La gerencia de la planta de producción debe estar atenta a la necesidad del mantenimiento preventivo, pues debe tomar en cuenta que la maquinaria tiene varios años de trabajo y, por lo mismo, se tiene que llevar un control más estricto siempre que los costos no sean elevados y que excedan el costo de reposición de la maquinaria.
4. Es importante adiestrar a los operarios para que aprendan una operación en particular, la operación que precede y la siguiente. Cuando haya aprendido estas tres primeras operaciones, deberá aprender otras tres más, cada miembro del grupo debe ser polifuncional, este sistema de adiestramiento ayudará a que no haya demora en el flujo de producción y evitará cuellos de botella.

5. En un proceso productivo, los operarios llevan a cabo operaciones consecutivas, por lo tanto, la velocidad de la línea depende del operario y operación más lento, por tal motivo, se debe dar orientación a ese operario y los mecanismos para hacer eficiente su trabajo y, así, aumentar la eficiencia de la línea.
6. Es necesario que las líneas de producción sean flexibles, para poderse adaptar a los cambios y exigencias que el cliente sugiere. Ésta flexibilidad de la línea dependerá, grandemente, del adiestramiento de sus operarios y del apoyo logístico que reciba.
7. Es necesario capacitar, tanto al personal de mantenimiento como al personal de línea, ya que, constituye una de las mejores inversiones en recursos humanos y una de las principales fuentes de bienestar para el personal.
8. Siempre se debe estar mejorando el sistema de producción, ya que no existe un camino perfecto y siempre existe una manera más eficiente de hacer los productos, por lo tanto, se debe estar buscando las mejores estrategias para mejoramiento de la eficiencia de la planta, y hacer de ella, una planta que, constantemente, evolucione; que sea capaz de adaptarse a las demandas, exigencias y cambios de los clientes y, de particular importancia, que, continuamente, aprenda en todos sus niveles.

## REFERENCIAS

1. Cardona Revolorio, Juan Ángel, **Diseño y evaluación de un programa de mantenimiento preventivo.** (Guatemala: 1979), p. 41.
2. Cordón, Morrow Lester. **Enciclopedia de Mantenimiento Industrial.** (México, 1986), p. 113.
3. Menéndez Orellana, Rosa Maria, **Un método para control de eficiencia en una planta de producción.** (Guatemala, 1981), p. 3.
4. Suárez, Gustavo. **Guía informática de Mantenimiento Industrial Máquinas de Coser.** (Guatemala, 2004), p. 7.
5. Asociación Internacional de Círculos de Calidad de Estados Unidos, 1977, citado por Castro Gutiérrez, Sergio Ernesto, **Sistemas Modulares de producción aplicados a la industria de confección en Guatemala** (Guatemala: 1999), p. 02.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Everett E. Adam, Ronald J. Ebert. **Administración de la producción y las operaciones.** Mexico. Pentice Hall. 1981.
2. Leo Alting. **Procesos para ingeniería de manufactura.** México: Alfaomega, 1990.
3. **Manual del ingeniero mecánico.** México McGraw-Hill, 1989.
4. **Manual de mantenimiento industrial.** México: McGraw-Hill, 1989.
5. Morrow Lester Cordón. **Enciclopedia de mantenimiento industrial.** México: CECSA, 1986.
6. Niebel, Benjamín W. **Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos.** México: Alfaomega, 1996.
7. Peiro Spiteri, José V. **Organización del mantenimiento preventivo.** Madrid, España, 1977.
8. Richard J. Schonberger. **Manufactura de categoría mundial.** Colombia: Editorial Norma, 1997.
9. Arrivillaga Ramazzini, José Francisco. **Mantenimiento preventivo, reparativo y correctivo de las máquinas de existentes en las empresas Credexa S. A. y Meico S. A.** Tesis Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 86 pp.

10. Cardona Revolorio, Juan Ángel. Diseño y evaluación de un programa de mantenimiento preventivo. Tesis Ingeniería Industrial, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 68 pp.
11. Castro Gutiérrez, Sergio Ernesto. Sistemas modulares de producción aplicados a la industria de confección en Guatemala. Tesis Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 75 pp.
12. De Czaky Czigler, Luis Esteban. Estudios de ingeniería industrial en pequeñas y medianas empresas, donde no cuentan con medios para pagar un estudio de este tipo y así mejorar sus métodos e incrementar su eficiencia. Tesis Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 49 pp.
13. Menéndez Orellana, Rosa Maria. Un método para control de la eficiencia en una planta de confección. Tesis Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 79 pp.
14. Suárez, Gustavo. Guía informática de mantenimiento industrial, máquinas de coser. Área de capacitación, departamento de mantenimiento industrial, KORAMSA.