



308917  
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

11

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO  
TOTAL (TPM) EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN SEMIAUTOMATIZADA**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ÁREA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**P R E S E N T A N**

**MARCELA GUTIÉRREZ PÉREZ, CÉSAR ANDRÉS ZEPEDA MONCADA,  
CARLOS CARRILLO ORDAZ, ROBERTO JIMÉNEZ GÓMEZ Y  
ERNESTO KIRSCHNER VELÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: M. I. LEOPOLDO GONZÁLEZ GONZALEZ**

MÉXICO, D.F.

2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	2
ALCANCE.....	3
ANTECEDENTES.....	3
CAPÍTULO 1: TEORÍA DEL TPM.....	8
1.1 Evolución del Mantenimiento.....	9
1.2 Conceptos de TPM.....	14
1.3 Filosofía TPM.....	18
1.4 Indicadores de TPM.....	19
1.5 Relación con otras teorías.....	22
1.6 Actividades esenciales para implantar TPM.....	26
CAPÍTULO 2: LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	31
2.1 Descripción del producto.....	32
2.2 Proceso de Manufactura.....	33
2.3 Descripción del equipo.....	41
2.4 Factor Humano.....	49
CAPÍTULO 3: PROCESO DE IMPLANTACIÓN.....	52
3.1 Diagnóstico del Proceso.....	54
3.2 Herramientas de Calidad.....	55
3.3 Herramientas Estadísticas.....	57
3.4 Metodología TPM.....	59
CAPÍTULO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y PROPUESTAS.....	85
CONCLUSIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	107

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN

Las plantas armadoras de autos en México, así como en las de otros países, demandan productos y servicios a menor costo con excelente control de los procesos. Ante esto, las empresas manufactureras proveedoras de autopartes tienen la necesidad de mejorar los índices de productividad en calidad y servicio.

Esta medida contribuye a la competitividad de una empresa en el mercado, porque sólo mejorando y estando a la par con los adelantos tecnológicos se mantiene la calidad y el menor costo del producto.

Por ello, la mayoría de las empresas están adoptando cambios de estilo y filosofías de trabajo, que conllevan a actitudes positivas para mejorar sus procesos, servicios y productos en un contexto general de calidad total.

Al mismo tiempo, crece la competencia, hay un mayor intercambio y cooperación internacional. Los requerimientos para crear un sistema bien integrado y efectivo en costos son aún mayores que en el pasado.

Los consumidores están exigiendo productos de calidad más elevada y mejores costos, ya sea que estén comprando una instalación de fabricación, un sistema electrónico o un automóvil.

Se ha comprobado que el mantenimiento es un camino para prolongar la vida útil de la maquinaria y equipo, su mayor beneficio es la reducción notable de fallas en la manufactura de los productos, por lo que el presente trabajo se basa en una de las herramientas más modernas del mantenimiento para el ataque de los problemas prácticos de producción en el ámbito industrial. Esta herramienta es llamada, **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**.

La industria debe concientizarse más en su función económica y social y, por tanto, buscar la mayor productividad posible, minimizando costos y haciendo más eficiente la capacidad

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

instalada, dentro de los diferentes sistemas productivos. Para mejorar la producción, actualmente se busca efectuar estudios y programación de métodos, tales como localización de planta, estudio de tiempos y movimientos, programas de mantenimiento, involucramiento de todo el personal en las diferentes áreas. Así, se evita la improductividad, el incumplimiento de los objetivos fijados, el mal servicio y el incremento en los costos

Por lo anterior, en el trabajo se presenta la teoría del TPM en el capítulo 1, en el capítulo 2 se describe una línea de producción para que en el capítulo 3 se muestre la propuesta de implantación del TPM en una línea de producción y por último en el capítulo 4 se presentan los resultados y conclusiones del presente trabajo.

## **ALCANCE**

El presente trabajo muestra la implantación del método de "Mantenimiento Productivo Total", en una línea automatizada de semiejes, parte de una empresa dedicada a la manufactura de ejes diferenciales de tracción trasera; y versa sobre las causas de paros inesperados en la producción.

La pretensión es formular e implantar un programa de mantenimiento preventivo integral que comprenda e integre a todas las áreas, dentro de la metodología del Mantenimiento Productivo Total con el objeto de obtener un índice de eficiencia, productividad y disponibilidad que sea competitivo.

## **ANTECEDENTES**

Tomando como referencia una línea automatizada de semiejes, se analizaron los motivos de paros en los diferentes procesos de fabricación, resultando que el error más frecuente estaba en la falta de continuidad del programa de mantenimiento y en la falta de involucramiento del personal que opera el equipo. Ellos esperaban la descompostura total de las máquinas para repararlas, ocasionando paros en la producción y un elevado costo en la reparación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El tema a desarrollar, trata sobre un plan estratégico para mejorar las condiciones de trabajo del equipo quitando desperdicios innecesarios; entrando en los objetivos centrales de la empresa.

Este plan, está basado en el Mantenimiento Productivo Total, TPM = "*Total Productive Maintenance*". El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

El término TPM es asumido en el presente trabajo, bajo los siguientes enfoques: la letra M representa acciones de "*management*" y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P esta vinculada a la palabra "productivo" o "productividad" de equipos, pero se ha considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "perfeccionamiento". La letra T es la palabra "total" y se interpreta como todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa", estos enfoques están representados en la figura A1.

### Mantenimiento Total de la Producción

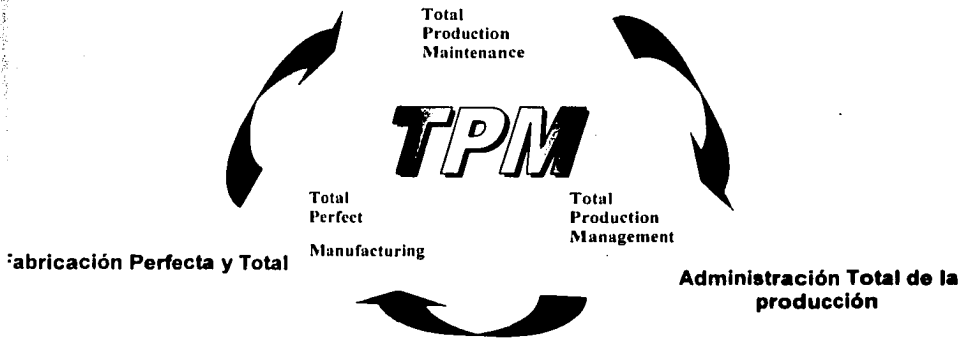


Fig. A.1 Enfoque del ciclo del TPM

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización con relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El "*Japan Institute of Plant Maintenance*" (JIPM) define TPM como un sistema orientado a lograr:

- cero accidentes
- cero defectos
- cero averías

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. En la filosofía del TPM no sólo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

Después de la Segunda Guerra Mundial, las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Con este fin, incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias. Posteriormente, sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior.

El Mantenimiento Productivo Total nació en Nippon Denso Co. Lid. , una importante empresa proveedora de la industria automotriz. Esta compañía introdujo esta visión de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

mantenimiento en 1961. La compañía logró grandes resultados de su modelo de mantenimiento a partir de 1969 cuando introdujo sistemas automatizados y de transferencia rápida, los cuales requerían alta fiabilidad. El nombre inicial fue "*Total member participation PM*" abreviado TPM. Este nombre muestra el verdadero sentido del TPM, esto es, participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo (PM). La compañía recibió un premio por la excelencia al PM en 1971. Para el desarrollo del PM de Nippon Denso, el "*Japan Institute of Plant Engineers*" (JIPE) apoyó y ayudó a desarrollar el modelo de mantenimiento. Posteriormente el JIPE se transformaría en el *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) organización líder y creadora de los conceptos TPM.

El JIPM ha evolucionado la idea de TPM y hoy se reconoce que el TPM ha logrado cubrir todos los aspectos de un negocio. Se conoce como el modelo TPM de tercera generación, donde además de mantener el equipo, se orienta a mejorar la productividad total de una organización. TPM no es aplicar 5S e informatizar la gestión de mantenimiento como algunos creen. El modelo JIPM moderno pretende que una organización sea dirigida dentro del concepto de que mantener, es hacer uso adecuado de todos los recursos de una organización.

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

- **Objetivos estratégicos:**

Ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a la contribución de la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

- **Objetivos operativos:**

Tiene como propósito que en las acciones cotidianas, los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **Objetivos organizacionales:**

Busca fortalecer el trabajo en equipo, el incremento de la moral en el trabajador y crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO I**  
**TEORÍA DEL TPM**

## CAPÍTULO I. TEORÍA DEL TPM

### 1.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La idea general del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento también está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se contienen los costos.

Los cambios están poniendo a prueba al límite las actitudes y conocimientos del personal en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento, desde el ingeniero hasta el gerente, tienen que adoptar nuevas formas de pensar y actuar. Al mismo tiempo que se hacen más patentes las limitaciones de los sistemas actuales de mantenimiento, a pesar del uso de las computadoras.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal encargado del mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quieren evitar a toda costa equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. En lugar de ello tratan de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances de un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlo racionalmente y aplicar aquéllos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones.

#### *La 1ª Generación*

La primera generación cubre el periodo hasta la II Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito

determinado. Esto hacía que fuera fiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

### **La 2a Generación**

Durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de formas considerables. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas. La industria había comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más patente. Esto llevó a la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían de prevenir, lo que dió como resultado el nacimiento del concepto del *mantenimiento preventivo*. En el año 1960 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo de mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar *sistemas de control y planificación del mantenimiento*. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

### **La 3a Generación**

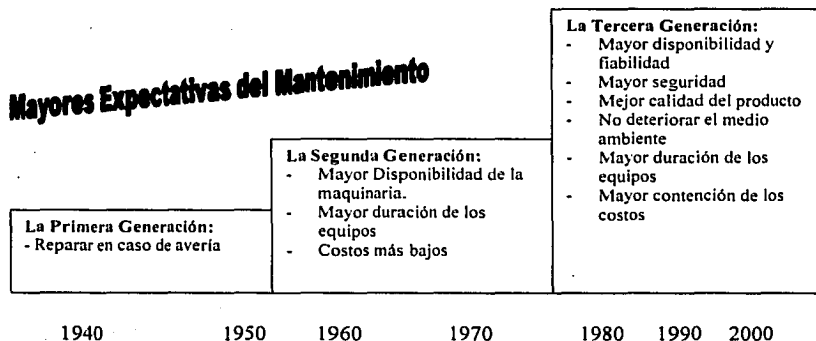
Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de *nuevas expectativas, nueva investigación y nuevas técnicas*.

**Nuevas expectativas:** En la figura 1.1 se muestra cómo han evolucionado las expectativas de las funciones del mantenimiento. El crecimiento continuo de la mecanización significa que los *periodos improductivos* tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más patente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de "stock" en curso

hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento.

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la *calidad del producto*. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización, es que cada vez son más serias las consecuencias de los fallos de una planta para la seguridad y/o el medio ambiente.



**Fig. 1.1** Evolución del alcance del Mantenimiento

Al mismo tiempo los estándares en estos dos campos también están mejorando en respuesta a un mayor interés del personal gerencial, los sindicatos, los medios de información y el gobierno. También esto ejerce influencia sobre el mantenimiento.

Finalmente, el costo del mantenimiento todavía está en aumento, en términos absolutos y en proporción a los gastos totales. En algunas industrias, es hasta ahora el segundo gasto operativo de costo más alto y en algunos casos incluso el primero. Como resultado de esto,

en sólo treinta años lo que antes no suponía casi ningún gasto, se ha convertido en la prioridad de control de costo más importante.

**Nueva Investigación:** Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva una máquina funcionando y sus posibilidades de falla.

La figura 1.2 muestra cómo el punto de vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen, tienen más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la "curva de la bañera". (llamada así por la forma que toma la gráfica). Sin embargo, la investigación hecha por la Tercera Generación ha revelado que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino seis diferentes.

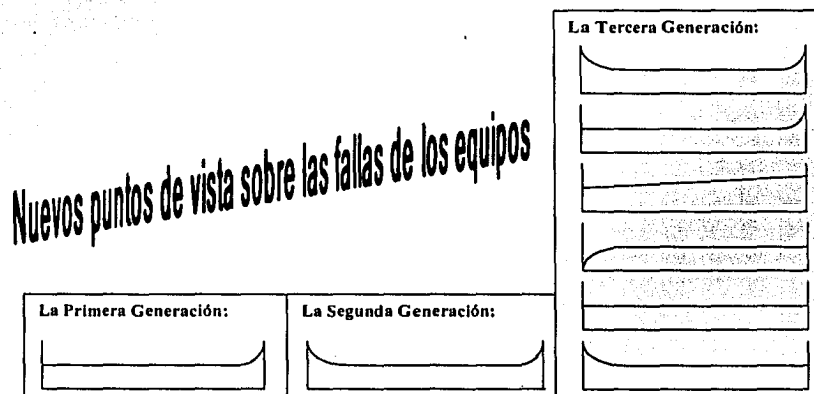


Fig. 1.2 Puntos de Vista de los tipos de falla a través de la evolución

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Nuevas Técnicas:** Ha habido un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento. Se cuentan ahora centenares de ellos, y surgen más cada vez.

Estos incluyen:

- Técnicas de monitoreo de condición
- Sistemas expertos
- Técnicas de gestión de riesgos
- Modos de falla y análisis de efectos
- Fiabilidad y mantenibilidad

El problema al que se enfrenta el personal de mantenimiento hoy en día, no es sólo aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no lo son para sus propias compañías.

En resumen, el mantenimiento está directamente relacionado con la prolongación o la recuperación de las funciones de la maquinaria.

Los objetivos del mantenimiento son prevenir eventos indeseables y evitarlos, poner al servicio los mecanismos que han fallado y, en general, asegurar para la producción la máxima disponibilidad de los equipos al menor costo posible.

La disponibilidad de las máquinas que ya están en la planta, se obtiene de dos maneras: logrando que fallen lo menos posible y, una vez que han fallado, reparándolas rápidamente. Ambas situaciones se pueden representar matemáticamente por los conceptos de confiabilidad y mantenibilidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si las máquinas no fallaran, no habría necesidad del mantenimiento, por lo tanto, son las fallas los eventos más importantes que deben condicionar toda la actividad de mantenimiento. En la medida que se les preste una atención preferente, será posible orientar los recursos de manera eficiente.

Existen dos enfoques que abordan distintos aspectos de este tema. El primero, Fiabilidad Centrada en Mantenimiento (RCM) que fue desarrollado inicialmente por la "United Airlines" de Estados Unidos y el segundo, Mantenimiento Productivo Total (TPM) desarrollado por la empresa japonesa Nippon Denso Co. Ltd, el cual es el tema principal del presente trabajo.

## 1.2 CONCEPTOS TPM

Se entiende por mantenimiento, las acciones realizadas para que una máquina, línea de producción o empresa funcione óptimamente.

El TPM es una metodología que tiene como objetivo maximizar la eficiencia del sistema productivo, eliminando y previniendo las pérdidas (basado en el objetivo de cero defectos, cero accidentes y cero fallos), a través del involucramiento de todos los departamentos de la organización, con la participación de todos los empleados en actividades de mejora por pequeños grupos.

El TPM pretende aumentar la productividad de la empresa a través de las siguientes acciones:

- 1) Medir y eliminar el deterioro de los equipos.
- 2) Desarrollar una cultura de prevención.
- 3) Eliminar las pérdidas o desperdicios en los procesos productivos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4) Promover un entorno de mejora continua y trabajo en equipo.

La optimización en el uso de los 4 recursos que intervienen en el proceso conocidos como las 4 "M" (Man, Machine, Material, Method), Hombre, Máquina, Material y Método, traen como consecuencia la mejora en producción, calidad, costos, tiempo de entrega, seguridad y moral como se puede ver en la figura 1.3. Al mejorar cada uno de estos elementos directamente se refleja en una mejora a la productividad.

### MINIMIZAR

### MAXIMIZAR

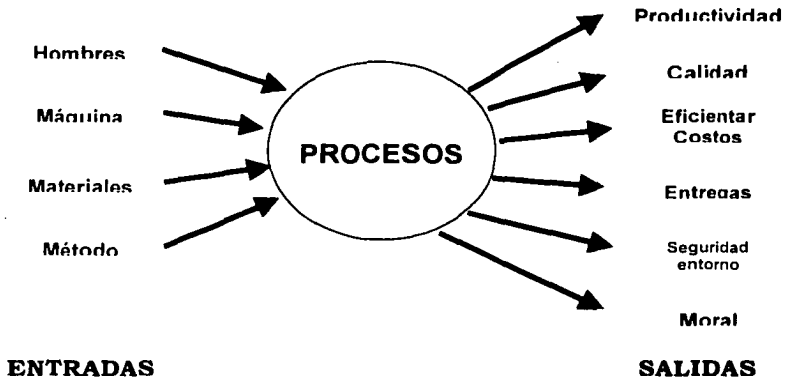


Fig. 1.3 Relación entre las Entradas y las Salidas del Proceso

El TPM permite crear entornos corporativos capaces de responder al clima cambiante de los negocios, los avances tecnológicos y las innovaciones de los equipos, además incluye estrategias para elevar la capacidad de cada individuo involucrado en el proceso.

Cuando el desempeño del proceso o equipo empieza a deteriorarse, la productividad disminuye, en estas condiciones se puede aplicar el TPM para restaurar la productividad original e inclusive mejorarla. Esto se puede llevar a cabo en 4 fases:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1. Concientización, educación y entrenamiento
2. Acciones de conservación y bloqueo contra reincidencias
3. Replicación horizontal de conocimientos adquiridos
4. Retorno a condiciones iniciales y búsqueda de nuevas condiciones.

**El TPM se soporta en 8 pilares,**

**1. Mejora Continua.**

Organizar equipos interfuncionales para detectar oportunidades de mejora.

**2. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente.**

Tener un lugar más limpio y placentero, con medidas de seguridad implantadas en los puntos de riesgo para evitar accidentes, además de contar con un ambiente de colaboración y trabajo en equipo.

**3. Mantenimiento de Calidad.**

Consiste en realizar sistemáticamente actividades que garanticen en los equipos, las condiciones para que no produzcan defectos de calidad.

**4. Mantenimiento Planeado.**

Utilizado para mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas. (Incluye al mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo).

**5. Mantenimiento Autónomo.**

Se refiere al compromiso del operador en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que eviten el deterioro acelerado de sus equipos.

### 6. Control Inicial.

Es muy importante desarrollar productos de calidad que anticipen las expectativas del cliente, que sean competitivos y fácil de producir.

### 7. TPM para Oficinas.

Aunque los departamentos de apoyo no se involucran directamente con la operación, pueden apoyar documentando sus sistemas administrativos y reduciendo sus desperdicios o pérdidas, logrando con esto responder rápidamente ante los cambios del entorno.

### 8. Capacitación y Entrenamiento.

Recibir capacitación sobre la metodología mostrando los beneficios tangibles para la empresa y para el empleado. A su vez esta capacitación se refuerza de manera horizontal entre grupos de trabajo.

El TPM contempla una clasificación llamada "Las 6 grandes pérdidas", la cual engloba todas las posibles pérdidas que puedan suceder en la planta.

#### PÉRDIDA POR TIEMPOS DE PARADA

1. Averías / fallas.
2. Cambio de línea / regulaciones.

#### PÉRDIDAS DE VELOCIDAD

3. Operación en vacío.
4. Caída de la velocidad.

#### PÉRDIDAS POR PRODUCCION DEFECTUOSA

5. Falla en el proceso de producción.
6. Caída del rendimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las tres primeras se utilizan para calcular el índice de disponibilidad, las dos siguientes para el índice de desempeño y las dos últimas para el índice de calidad; los cuales se detallan en el inciso 1.4.

### 1.3 FILOSOFÍA TPM

La filosofía típica de trabajo está basada por una clara delimitación de labores y responsabilidades. En la filosofía TPM todos son responsables y existe una participación proactiva de todos para trabajar en equipo, es decir, es una filosofía de actitud al trabajo en equipo.

En México y Latinoamérica es difícil implantar una metodología de este tipo, debido al tipo de cultura, la falta de disciplina para ejecutar actividades, la informalidad y la falta de compromiso; todos estos factores culturales dificultan la implantación del TPM en empresas, ocasionando mayores tiempos de implantación que en otros países.

La conciencia de cooperación e involucramiento a las actividades de la empresa aplican a todos los niveles, desde la alta dirección hasta el operador de la máquina, los beneficios se ven en ambas direcciones, de la alta dirección hacia abajo, sirve para difundir las políticas y objetivos, y de abajo hacia la dirección, se verán los resultados.

El TPM debe ser parte integral de las directrices básicas de la administración de la empresa a mediano y largo plazo. Debe estar contenido en los planes y metas anuales, para definir los planes por departamento y sección hasta llegar a las actividades básicas de operación.

El TPM es un proceso de cambio cultural, a través del aprendizaje continuo. El efecto multiplicador de los conocimientos realizados de manera horizontal por los propios operadores, maximizar los efectos del autodesarrollo de manera práctica y sistemática, logrando con esto conformar una organización que aprende.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Otra característica del TPM es la eliminación de pérdidas, entendiendo por pérdidas "lo que no agrega valor, es una pérdida", el desaprovechamiento del recurso humano, producto defectuoso, mal aprovechamiento del tiempo, paros de la maquinaria y defectos en logística.

Los beneficios del TPM en términos financieros se reflejan en la reducción de costos de operación, tales como mermas, tiempos muertos, reprocesos, mantenimientos correctivos y de emergencia. El precio del producto ofrecido al cliente no cambia, sin embargo el costo se reduce, dejando un margen de utilidad mayor.

#### **1.4 INDICADORES TPM**

El TPM es un método que mejora la eficiencia de los equipos y tiene como finalidad la optimización de la producción. El objetivo de las actividades de mejora en el proceso productivo, es el de incrementar la productividad a través de minimizar y eficientar las entradas y maximizar las salidas. El maximizar las salidas con TPM se logra manteniendo las condiciones operativas ideales y manejando el equipo eficientemente.

La mejora de la efectividad se mide cualitativamente, a través del índice de Eficiencia Global del Proceso (EGP).

Este indicador, se obtiene mediante los índices de Disponibilidad, Desempeño y Calidad, los cuales son consecuencia de las "seis grandes pérdidas", las cuales se describen a continuación:

##### **PÉRDIDA POR TIEMPOS DE PARADA (Disponibilidad)**

1. Averías por fallas de los equipos
2. Configuración, desmantelación, cambios, regulaciones y ajustes

**PÉRDIDAS DE VELOCIDAD (Desempeño)**

3. Tiempos muertos y pérdidas menores. Pequeñas paradas
4. Reducción y caídas de la velocidad de ejecución.

**PRODUCCIÓN DEFECTUOSA (Calidad)**

5. Pérdidas del proceso por falla (chatarra, retrabajos y productos no conformes)
6. Caída del rendimiento.

**ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD:** Mide el tiempo en que el equipo está operando realmente, considerando el tiempo real del trabajo y los tiempos por pérdidas directas del proceso como se muestra en la ecuación ecu. 1.1

$$\text{Disponibilidad} = \left[ \frac{\text{Tiempo real de Trabajo} - \text{Tiempo por Paros}}{\text{Tiempo real de Trabajo}} \right] \dots\dots\dots(1.1)$$

En dónde:

*Tiempo real de Trabajo:* es el tiempo disponible empleado para producir, restando tiempo de comida, entrada, salida, juntas o reuniones y de aquellas actividades que ya están programadas.

*Tiempo por paros:* es el tiempo que se emplea para llevar a cabo reparaciones de maquinaria, cambios de modelo, ajustes, cambios de herramientas de corte, etc.

**ÍNDICE DE DESEMPEÑO:** Mide la capacidad real a la que está operando el equipo con relación a su velocidad real para producir piezas, por lo cual, se requiere primeramente, evaluar el “Índice de Velocidad de Operación” como se muestra en la ecuación ecu 1.2.

$$\text{Índice de Velocidad de Operación} = \left[ \frac{\text{Tiempo ideal de ciclo}}{\text{Tiempo real de ciclo}} \right] \dots\dots\dots(1.2)$$

En dónde:

*Tiempo ideal de ciclo:* es el tiempo en que se fabrica una pieza considerando el tiempo que se lleva el operador en tomar la pieza, meterla a la máquina y sacarla para ponerla en el rack. Sin considerar que haya flujo de línea.

*Tiempo real de ciclo:* es el tiempo en que se fabrica una pieza considerando el tiempo que se lleva el operador en tomar la pieza, meterla a la máquina y sacarla para ponerla en el rack. Considerando el flujo de la línea.

A continuación se requiere evaluar el “Tiempo neto de Operación” como se muestra en la ecuación ecu 1.3

$$\text{Tiempo neto de operación} = \left[ \frac{\text{Cantidad total procesada} \times \text{Tiempo real de Ciclo}}{\text{Tiempo real de trabajo} - \text{Tiempo por Paros}} \right] \dots\dots\dots (1.3)$$

En donde:

*Cantidad total procesada:* es la cantidad de piezas procesadas considerando las piezas que salieron con defectos o para retrabajos.

Con las ecuaciones 1.2 y 1.3 se calcula el índice de Desempeño como se muestra en la relación ecu 1.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$\text{Índice de Desempeño} = \frac{\text{Índice de Velocidad de Operación}}{\text{Tiempo Neto de Operación}} \times X \quad \dots (1.4)$$

**ÍNDICE DE CALIDAD** Mide la relación de la cantidad de producto óptimo procesado y del producto con defectos en el proceso, como se muestra la relación ec 1.5.

$$\text{Índice de Calidad} = \left[ \frac{\text{Cantidad óptima procesada}}{\text{Cantidad total procesada}} \right] \dots\dots\dots (1.5)$$

Donde:

*Cantidad óptima procesada:* es el número de piezas buenas procesadas.

Finalmente con las relaciones 1.1, 1.4 y 1.5 se obtiene la Eficiencia Global del Proceso mediante la relación 1.6

$$\text{EGP} = [\text{Disponibilidad} \times \text{Desempeño} \times \text{Calidad}] \times 100 \quad \dots\dots\dots(1.6)$$



## 1.5 RELACIÓN CON OTRAS TEORÍAS

### 1º. CICLO DEMING O CICLO PHVA (PLANIFICAR - HACER - VERIFICAR - ACTUAR)

Para realización de acciones de mejora enfocadas como uno de los pilares del TPM, éste sigue los pasos del conocido ciclo Deming o PHVA (Planificar, Hacer o Ejecutar, Verificar y Actuar). Este ciclo refleja un mecanismo de evolución para la mejora continua. La planificación, es simplemente la determinación de la secuencia de actividades necesarias para alcanzar los resultados deseados. Hacer, es el acto de implantación del plan. Las actividades de planificación y ejecución nos son muy familiares. Cuando al implantar el plan no se alcanzan los resultados, algunas veces se regresa a la "mesa de diseño" y se toma una nueva hoja en blanco, descartando el plan que presenta fallos. Este es el proceso común en un ciclo que no es el PHVA.

Bajo el ciclo Deming no se toma una nueva hoja en blanco; en lugar de esto, se verifican los resultados de lo que se ha ejecutado para determinar la diferencia con el resultado esperado. Cuando se actúa (sobre la base del análisis) se determinan los cambios necesarios para mejorar el resultado. Se repite el proceso, se capitaliza el nuevo conocimiento ganado para los planes futuros como se muestra en la figura 1.4

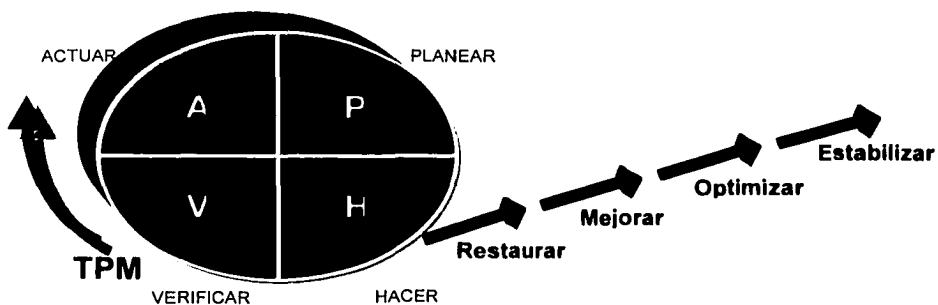


Fig. 1.4 Esquema del Ciclo Deming

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El ciclo PHVA es un proceso interactivo que busca la mejora a través de cada ciclo. La filosofía básica del ciclo PHVA es hacer pequeños incrementos, en lugar de hacer grandes rupturas a la vez. Algunas organizaciones emplean el término "competición salto de rana" para ilustrar el concepto de saltos cuánticos de la mejora. El enfoque seguro y progresivo de aprender de la experiencia y construir con éxito en base a las experiencias pasadas, lleva a numerosas ganancias que se acumulan y con el tiempo pueden ser superiores las mejoras.

## 2ª 5S

La estrategia de las 5S está fuertemente relacionada con las actividades de calidad, productividad y competitividad de una empresa. Las 5S se deben asumir como los fundamentos sobre los que se puede construir una cultura de calidad, ya que están orientadas a reforzar actitudes y buenos hábitos en el puesto de trabajo. Estos hábitos de trabajo disciplinado, ordenado y con método, conducen a lograr metas de calidad y productividad superiores.

Si se analiza la trilogía que caracteriza la competitividad de los sistemas productivos japoneses (Just in Time (JIT), Total Quality Control (TQC) y Total Productive Maintenance), la base de estas estrategias son las 5S. Analizando esta relación se tiene lo siguiente:

- Las dos primeras S tienen un efecto significativo en la aplicación de los controles visuales de "stocks" en el JIT. "Cada cosa en su sitio" conduce a que sea fácil el control de materiales de producción que sobran, o la falta de ellos al observar que el sitio indicado y marcado no tiene el material esperado. La cuarta y quinta "S" contribuye a lograr un respeto por los estándares de producción y de otro tipo.
- La tercera "S" está fuertemente relacionada con la primera etapa del mantenimiento autónomo. Para la puesta en marcha de este primer paso, la existencia de la cultura de 5S facilitará la introducción eficiente de los diferentes pasos de autónomo.

- El TQC para su desarrollo exige que el Ciclo Deming sea utilizado en los niveles operativos en acciones de mejora continua. La eliminación gradual de todos los aspectos que deterioran el ambiente y sitio de trabajo, se podrá realizar aplicando el Ciclo Deming. Este trabajo de sensibilización hacia la mejora del lugar de trabajo permite crear el espacio cultural necesario para desarrollar acciones de mejora más complejas en contenido técnico.
- El Mantenimiento Autónomo se beneficia de la práctica previa de las 5S.
- El Mantenimiento Autónomo en los pasos avanzados, está relacionado con las acciones de mantenimiento preventivo de los equipos más allá de la limpieza.
- Las 5S ayudan a desarrollar la disciplina para el cumplimiento de los estándares técnicos de varios pilares del TPM.
- Numerosas de las técnicas empleadas en las 5S serán útiles para el desarrollo del Mantenimiento Autónomo en los primeros pasos.
- “Seiri” y “Seiso”; tienen una fuerte relación con el trabajo previo que se debe hacer para desarrollar el primer paso del Mantenimiento Autónomo (limpieza).
- “Seiton”; aportará la metodología necesaria para implantar el segundo paso del Mantenimiento Autónomo.
- El pilar “Mejoras Enfocadas”, (llamado también “Kobetsu Kaisen”), es fundamental para aplicar correctamente “Seiton” en la mejora de equipos.
- El TQC puede ayudar a eliminar problemas identificados en el “Seiri”
- “Seiketsu” es la base del tercer paso del Mantenimiento Autónomo, esto es, limpieza estandarizada. En este caso, el tercer paso de autónomo, requiere que se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

apliquen los conceptos de estandarización a la lubricación y apriete de elementos de fijación.

- El paso cuatro del Mantenimiento Autónomo, tiene que ver con la capacidad técnica del operario. Esto se logra con entrenamiento y la aplicación de las lecciones de un punto, técnicas reconocidas como específicas de TPM.
- Los pasos avanzados del mantenimiento autónomo se benefician de la práctica del "Shitsuke" o quinta S.

La metodología existente en las 5S será útil para implantar con éxito las primeras etapas de mantenimiento autónomo. Se debe reconocer que los pasos del Mantenimiento Autónomo, especialmente los avanzados, cubren aspectos adicionales no considerados por las 5S, especialmente los relacionados con el mantenimiento preventivo.

La aplicación de mantenimiento autónomo en oficinas y áreas administrativas, se podrá realizar aplicando las 5S, ya que en estas áreas no es necesario realizar acciones de mantenimiento preventivo, como en una línea de producción.

## 1.6 ACTIVIDADES ESENCIALES PARA IMPLANTAR TPM.

El TPM se implanta normalmente en cuatro etapas que se descomponen en doce pasos básicos, es de vital importancia observar cuidadosamente las estrategias y fundamentos básicos recomendados para un programa de TPM.

A continuación se enumeran los 12 pasos básicos para la implantación exitosa del TPM

### **Paso 1. - DECLARACIÓN DE LA ALTA DIRECCIÓN PARA INTRODUCCIÓN**

- a) Declaración en el comité directivo para introducción de TPM.
- b) La decisión de la introducción debe ser comunicada a todos los empleados en cualquier momento, *no delegando tal atribución a subordinados.*

- c) Organización de seminarios y pláticas sobre TPM, tomando éstos como oportunidad para confirmar la introducción del TPM.
- d) Disposición de tiempo y recursos

### **Paso 2. - EVALUACIÓN Y CAMPAÑA PARA LA INTRODUCCIÓN**

Antes de practicar un programa de TPM, se debe garantizar que los objetivos fundamentales del TPM y las razones estratégicas que se tienen por parte de la dirección sean comprendidas, a través de programas de capacitación y entrenamiento por niveles jerárquicos.

### **Paso 3. - ORGANIZACIÓN DE PROMOCIÓN Y MODELO FUNCIONAL**

El objetivo primordial es crear una estructura en forma matricial para la promoción del TPM, que pueda *unir* a la estructura horizontal formada por los diferentes comités, con la estructura formal de cada empresa.

### **Paso 4. - ESTABLECIMIENTO DE ESTRATEGIA Y METAS**

El TPM debe ser parte integral de las directrices básicas de la administración de la empresa a mediano y largo plazo. Debe estar contenido en los planes y metas anuales, para definir los planes por departamento y sección hasta llegar a las actividades básicas de operación.

### **Paso 5. - ELABORACIÓN DEL PLAN MAESTRO**

Debe elaborarse un plan de metas que englobe desde los preparativos para la introducción, hasta la consolidación, **inicialmente el plan debe contener los 12 pasos contenidos en los pilares básicos**, indicando con claridad lo que debe hacerse y hasta cuándo. Tomando como base el plan maestro, cada uno de los departamentos deberá elaborar su propio plan.

### **Paso 6. - INICIACIÓN DEL TPM**

Una vez aprobado el plan maestro se puede realizar el lanzamiento del TPM. Este lanzamiento debe perfilarse para cultivar una atmósfera que eleve la moral e inspire

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

dedicación para enfrentar el desafío de eliminar pérdidas. Este debe ser aceptado por los representantes del personal de la empresa (sindicalizados y empleados).

#### **Paso 7. - MEJORAMIENTO CONTINUO**

Seleccionar un área prototipo y formar un equipo interdisciplinario de trabajo TPM, con la participación de los diferentes departamentos (producción, mantenimiento, ingeniería, recursos humanos y el operador), dentro de este equipo de trabajo se debe encontrar como mínimo un experto del análisis de Mantenimiento Preventivo. Los temas de mejora deben estar orientados a la eliminación de pérdidas.

#### **MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**

Los operadores se involucran en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que eviten el deterioro acelerado, controla la contaminación y ayuda a mejorar las condiciones del equipo. Cada empleado se encarga de cuidar efectivamente sus propios equipos y este compromiso se debe adoptar por cada operador.

Se implanta en siete pasos empezando por la limpieza inicial y procediendo regularmente hasta la plena autogestión, con ello se establecen condiciones de proceso óptimas.

#### **MANTENIMIENTO PLANEADO**

El mantenimiento planeado se establece para lograr dos objetivos. Mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la eficiencia. La gestión del equipo está basada en tres factores fundamentales, características del equipo, naturaleza del proceso y fallas en equipos o instalaciones. Además se toma en cuenta la capacidad y funciones del personal de mantenimiento.

#### **CAPACITACIÓN**

El objetivo del TPM, es crear entornos corporativos capaces de responder al clima cambiante de los negocios, los avances tecnológicos y las innovaciones de los equipos. El TPM incluye estrategias para elevar la capacidad de cada individuo involucrado en el proceso.

El TPM es un proceso de cambio cultural, a través del aprendizaje continuo. El efecto multiplicador de los conocimientos realizado de manera horizontal por los propios operadores, maximiza los efectos del autodesarrollo de manera práctica y sistemática, logrando con esto conformar una *organización que aprende*.

#### **Paso 8.- CONTROL INICIAL DE NUEVOS PRODUCTOS Y EQUIPOS**

Es de vital importancia el desarrollar productos de calidad que anticipen las necesidades del usuario, que sean competitivos, fáciles de vender y producir. Para lograrlo deben identificarse las entradas del proceso, asegurando que el equipo de producción sea fácil de operar, mantener, altamente fiable y con análisis de ingeniería a último nivel.

#### **Paso 9.- MANTENIMIENTO DE CALIDAD**

Conforme los equipos asumen el trabajo de la producción, la calidad depende crecientemente de las condiciones del equipo. El mantenimiento de calidad consiste en realizar sistemáticamente actividades que garanticen en los equipos las condiciones para que no produzcan defectos de calidad.

#### **Paso 10.- TPM PARA OFICINAS**

Las actividades TPM en los departamentos administrativos y de apoyo no involucran directamente al equipo de producción. Estos incrementan su productividad documentando sus sistemas administrativos y reduciendo sus desperdicios y pérdidas, ayudando con esto a elevar la eficacia del sistema de producción. Pudiendo así responder rápidamente a los cambios del entorno tecnológicos y socioeconómicos.

#### **Paso 11. - SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD**

La administración de la seguridad y el entorno es una actividad clave en cualquier programa TPM. Para minimizar la posibilidad de accidentes y contaminación hay que desarrollar personas que sean promotoras de la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

## **Paso 12. - REALIZACIÓN PLENA DE TPM**

El procedimiento paso a paso sistemático que se recomienda para las actividades TPM es eficaz para lograr resultados. Es también útil un enfoque de mejora continua mediante el ciclo Deming PHVA revisando continuamente los objetivos.



CAPÍTULO II  
LÍNEA DE PRODUCCIÓN

## CAPÍTULO 2. LÍNEA DE PRODUCCIÓN

En la empresa en cuestión, se decidió por invertir en equipo nuevo para la fabricación del semieje, con el objetivo de brindar mejor servicio y un producto de alta calidad. La línea cuenta con varias operaciones de maquinado y varios sistemas de manipulación que se describirán a continuación; estos sistemas están intercomunicados entre sí para lograr armonía y una secuencia de operaciones progresivas donde cada operación se vuelve única e importante para lograr el producto.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

En la línea se fabrican semiejes, los cuales, físicamente son barras largas, sólidas con terminación en forma de plato y su producción es por forja, funcionalmente éstos son una parte dinámica del eje tractivo de vehículos. El semieje tiene la función de transmitir la potencia del sistema de engranes a las ruedas traseras, éste debe ser maquinado con tolerancias cerradas para su adecuado funcionamiento. Además debe soportar elevados esfuerzos cortantes, por lo tanto debe recibir un tratamiento térmico para lograr un núcleo blando y una superficie dura.

En la figura 2.1 se muestra un dibujo seccional del semieje terminado, en el cual se pueden apreciar las operaciones de maquinado requeridas, y que se detallan más adelante.

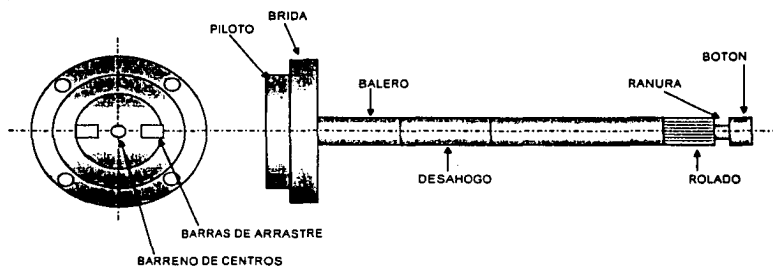


Fig. 2.1 Detalle del producto

La tabla 2.1 muestra el número de operación, así como las tolerancias mínimas que deben guardar los maquinados para su producción:

OPERACIÓN	CARACTERÍSTICA	TOLERANCIAS (mm)
10	Longitud total	1.5
10	Profundidad de barrenos de centros	1.5
20	Diámetro prerrolado	0.035
20	Espesor de botón	0.10
20	Diámetro de ranura	0.25
20	Longitud total (referencia)	0.40
30	Longitud de estriado	45.72 mínimo
30	Espesor de diente	Sumario 412 ref.
70	Longitud total	1.6
70	Diámetro piloto	0.10
70	Espesor de brida	0.50
70	Diámetro de brida	0.50
90	Diámetro de balero (rectificado)	0.013
90	Longitud "H"	1.50
100	Diámetro de balero	0.013
100	Rugosidad	10 a 20 micropulgadas

Tabla 2.1 Inspección del proceso de maquinado

## 2.2 PROCESO DE MANUFACTURA

A continuación se describe el recorrido que realiza el semieje por el proceso de manufactura, y se muestra con la ayuda gráfica de un "layout" segmentado, como está distribuida la maquinaria y su descripción en cada una de las operaciones, así como los manipuladores ("Gantry" y "Pick and Place") para la obtención del producto final para aplicar el mantenimiento.

a) Etapa I. Se alimenta el transportador 1 (entrada) en forma manual, el "Gantry 1" alimenta a la cortadora y centradora CNC (máquina 2151) que corta a la longitud requerida y hace los barrenos de centros (ver figura 2.2).

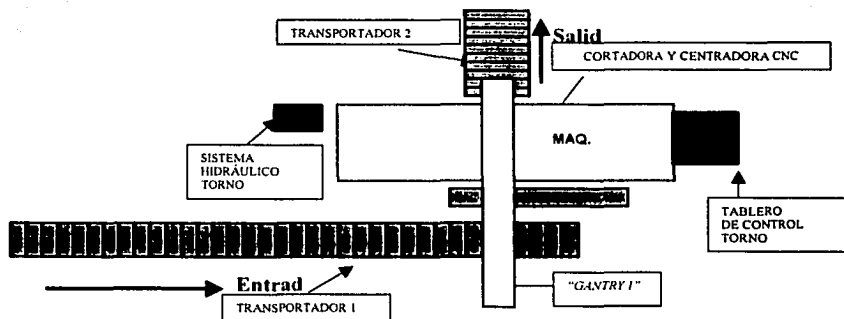


Fig. 2.2 Etapa I

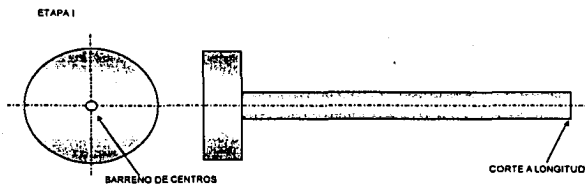


Figura 2.2.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa I"

b) Etapa II. La pieza terminada pasa al transportador 2 que tiene cuatro estaciones:

- La primera estación recibe la pieza de la primera operación
- En la segunda estación, orienta la brida
- En la tercera estación, el producto es tomado por el "Gantry 2" y lo lleva a un torno, en el cual se desbasta a los diámetros requeridos (diámetro balero, diámetro prerolado) y hace el botón.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Al terminar estas operaciones, el "Gantry 2" lleva la pieza a la mesa de inspección I donde se revisan dichas características. Si es rechazado, el semieje es dejado en la estación de rechazo 1; si es aprobado, lo lleva al transportador 2 (ver figura 2.3).

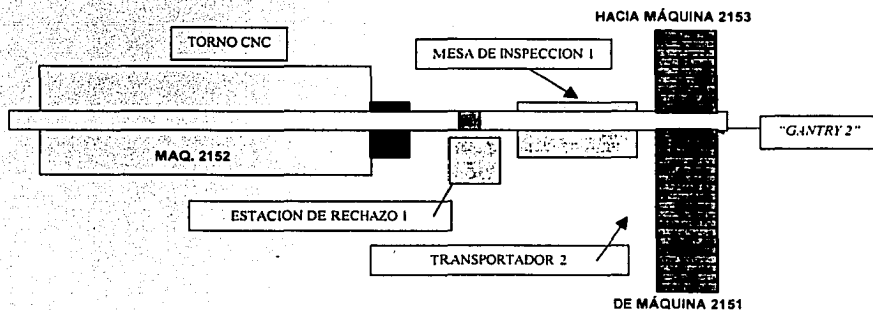


Fig. 2.3 Etapa II

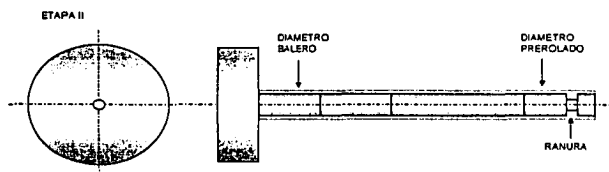


Fig. 2.3.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa II"

c) Etapa III. Pasa a la cuarta estación donde el semieje es tomado por el "Pick and Place 1" y lo lleva a la tercera operación donde es rolado. Después, el "Pick and Place 1" lo toma de nuevo y lo lleva a la cuarta operación, en donde recibe un tratamiento térmico llamado templado (ver fig. 2.4)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

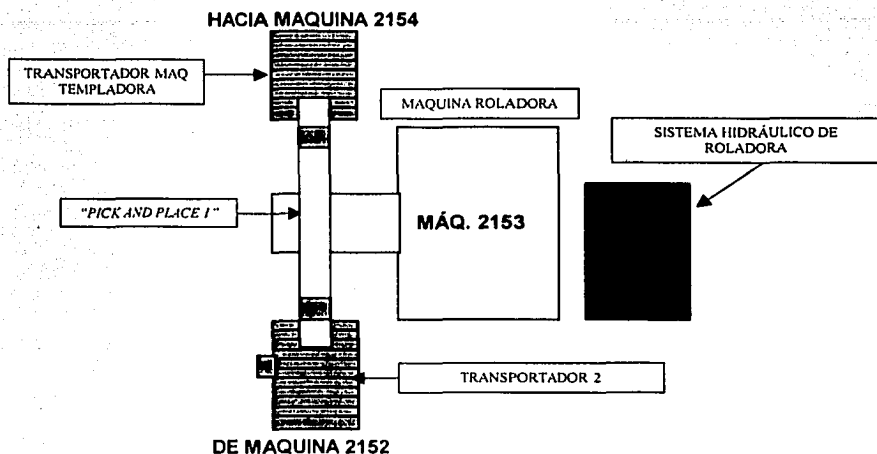


Fig. 2.4 Etapa III

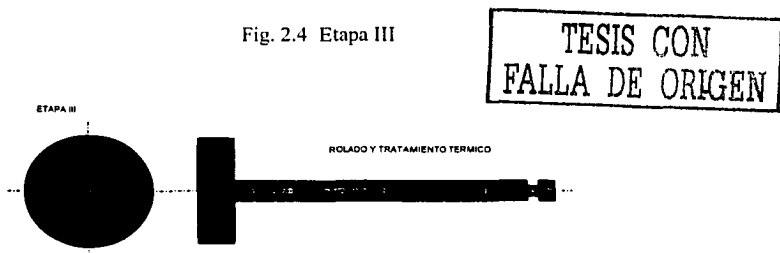


Fig. 2.4.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa III"

d) Etapa IV. Una vez que se temple la pieza, la recoge el "Pick and Place 2" y la lleva a la operación de marcado. El "Pick and Place 2" la deja en la operación de enderezado (ver figura 2.5).

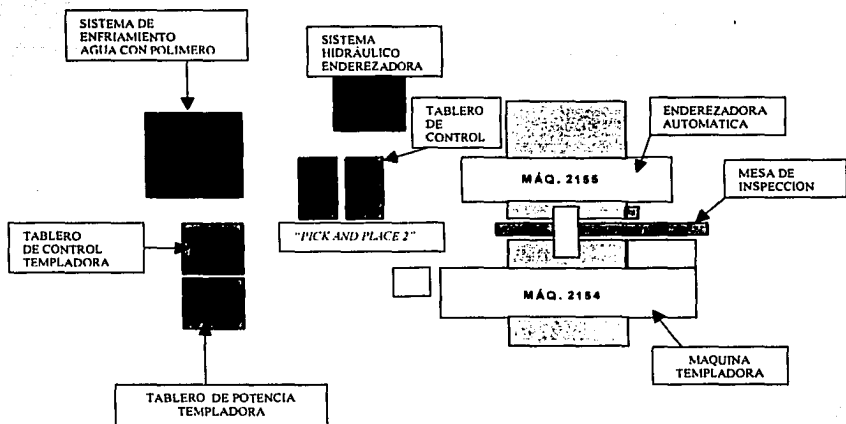


Fig. 2.5 Etapa IV

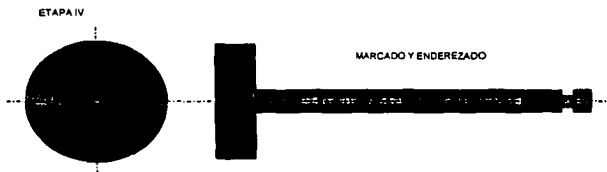


Fig. 2.5.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa IV"

e ) Etapa V. La enderezadora deja la pieza en la operación de revenido, ya terminada la operación, el "Pick and Place 3" la pone en una tina con refrigerante, después la pasa al transportador 3 que tiene cuatro estaciones, en la primera recibe el semieje de la tina y la orienta para la entrada a la siguiente operación (ver figura 2.6).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

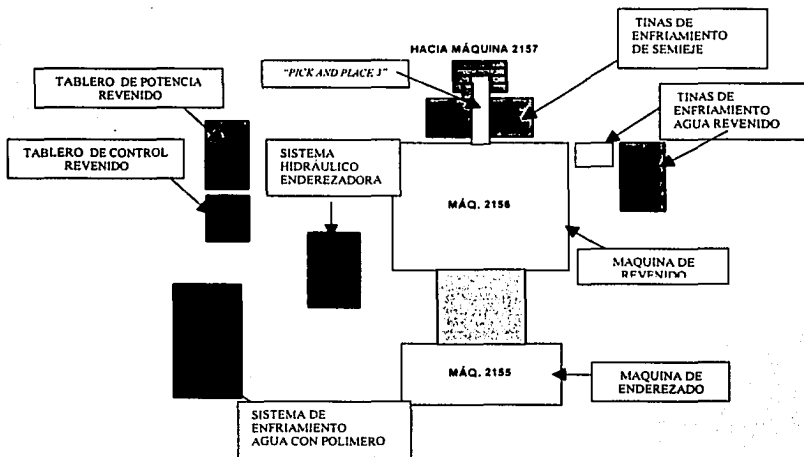


Fig. 2.6. Etapa V

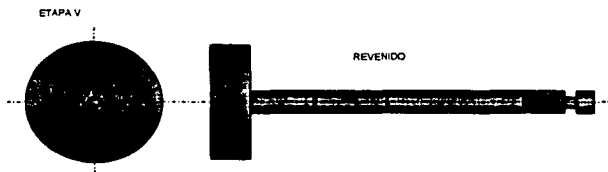


Fig. 2.6.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa V"

- f) Etapa VI. En la segunda estación es tomado el semieje por el "Gantry 3" y lo lleva a un torno, en éste, se desbasta el diámetro y espesor de brida, el diámetro piloto y el diámetro desahogo; al terminar, el "Gantry 3" regresa la pieza al transportador y la lleva a la tercera estación (ver figura 2.7).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



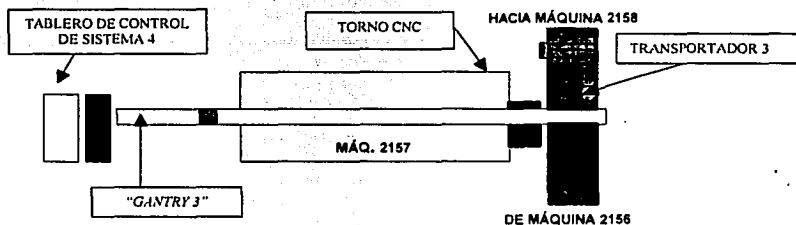


Fig. 2.7 Etapa VI

- g) Etapa VII. En la tercera estación se alimenta la operación de barrenado de brida por el "Gantry 4", la operación de rectificado es alimentada a la salida de la anterior operación por el mismo "Gantry", al terminar se revisan las características en la estación inspección 2, si es rechazada se depositan en la estación de rechazo 2, si se aceptan, se alimenta el transportador en la estación 3 (ver figura 2.8).

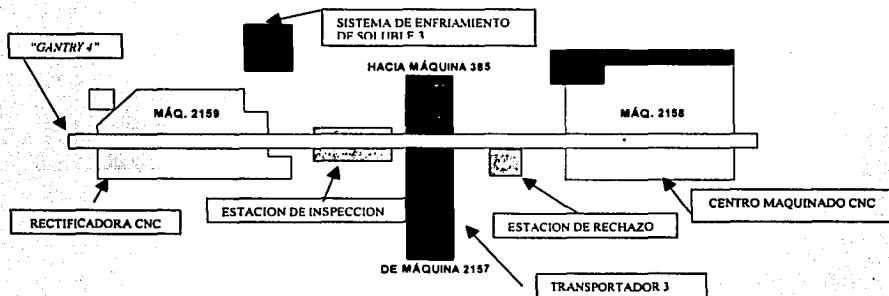


Fig. 2.8 Etapa VII

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

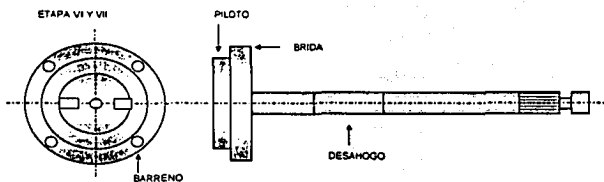


Fig. 2.8.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa VI y VII"

h ) Etapa VIII. En la estación 4 se alimenta la operación de pulido y en la estación siguiente se lava el semieje y al salir éste, se coloca en el transportador 4 (salida) por el "Pick and Place 4" (ver figura 2.9)

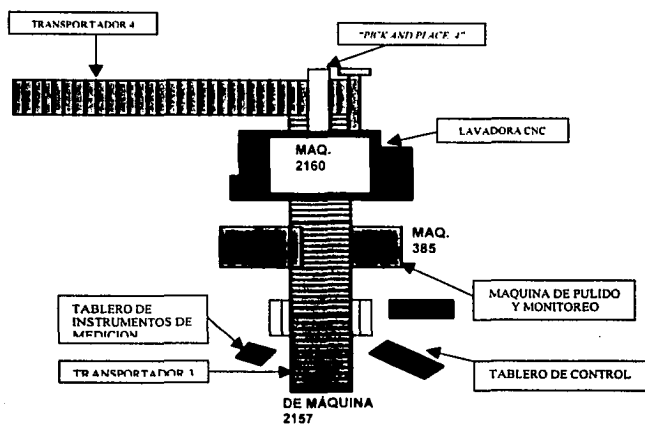


Fig. 2.9 Etapa VIII

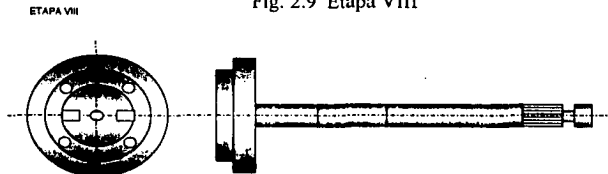


Fig. 2.9.1 "Forma de la pieza al salir de la etapa VIII"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se muestra el proceso con un diagrama de flujo (ver figura 2.10)

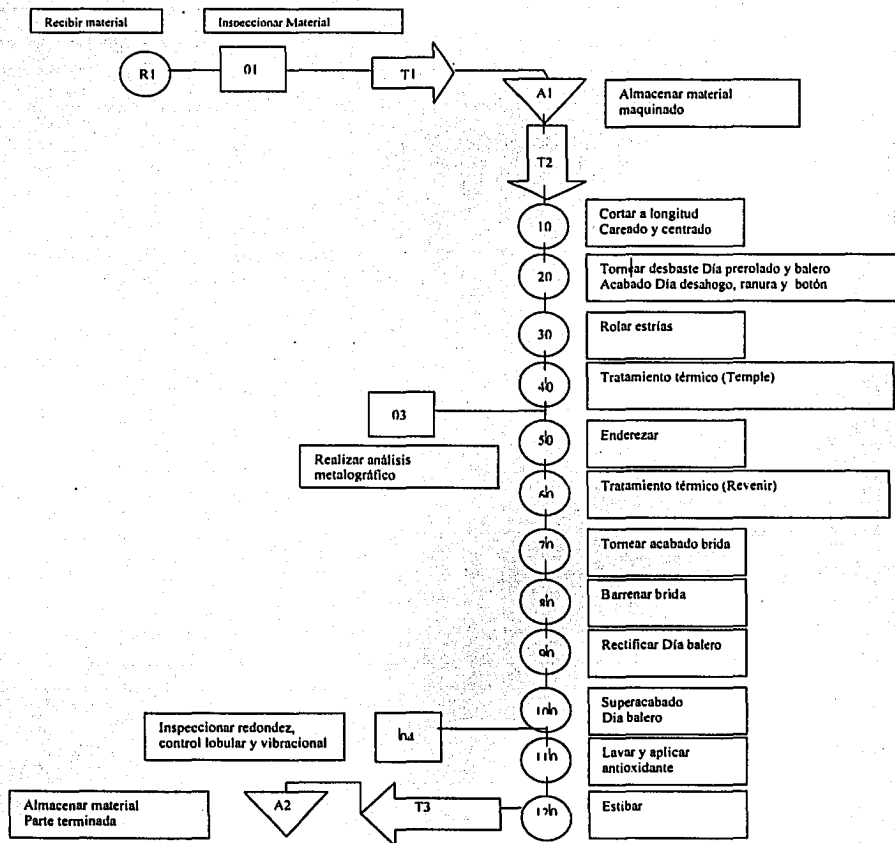


Fig. 2.10 Diagrama de flujo del proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

- Operación 10. "Cortar a longitud y barrenos de centros"

Está compuesta por dos estaciones, en la primera una sierra que corta el material a longitud, esta sierra usa insertos intercambiables, se desliza perpendicular a la pieza, empleando dos motores, mecánicamente cuenta con husillo para desplazarse perpendicular a la pieza, utiliza sistema hidráulico para sujeción de la pieza, como se muestra en la figura 2.11

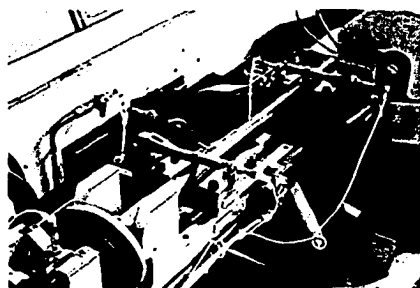


Figura 2.11 Sistema hidráulico de sujeción

En la segunda estación, que es utilizada para hacer los barrenos de centros, se usan brocas de centros con portaherramientas, y se deslizan sobre la línea de centros del semieje, empleando dos servomotores. Se utiliza sistema hidráulico para la sujeción de las piezas y su localización es por medio de brazos giratorios, emplea sistema neumático para abrir y cerrar las puertas. Mecánicamente utiliza un sistema para transportar la rebaba, para moverlo se utiliza un motor, usa sistema de refrigerante por lo que utiliza una bomba. Toda la máquina es controlada por CNC y cuenta con sensores para confirmar los movimientos de los elementos, emplea sistema de lubricación automática. (ver figuras 2.12 y 2.13).

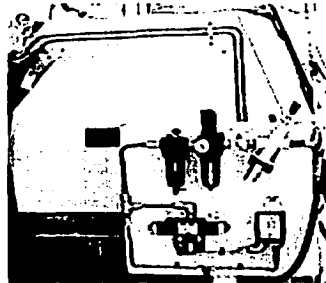
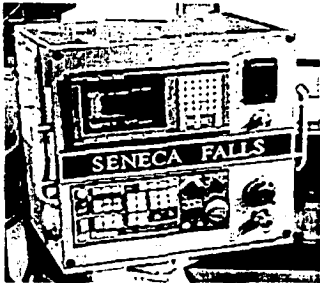


Fig. 2.12 y 2.13. CNC y sistema hidráulico.

- Operación 20 "Desbaste de diámetro prerolado, botón y balero."
- Operación 70 "Desbaste de diámetro brida, piloto y espesor brida."

Estas máquinas son tornos de control numérico (figura 2.14), cuentan con carrusel para insertos con portaherramientas, emplean servomotores para el arrastre de la pieza y para el desplazamiento del carrusel, así como para su giro (figura 2.15). Utilizan sistema hidráulico para sujeción de la pieza por medio de una luneta; usan sistema neumático para detección de pieza, para abrir y cerrar las puertas; cuenta con un sistema refrigerante utilizando bomba. Mecánicamente emplea sistema de transporte de rebaba, y sistema de lubricación automática.

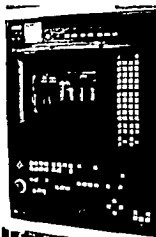


Fig. 2.14 y 2.15 Panel de control CNC y Carrusel porta herramientas

- Operación 30 "Rolado"

Esta máquina cuenta con sistema hidráulico para empujar los peines perpendicularmente a la pieza y estampar los dientes, utiliza sistema de refrigeración por aceite utilizando una bomba, emplea sistema neumático para introducir el extremo a maquinar a los dientes, y es controlada por PLC (figura 2.16)

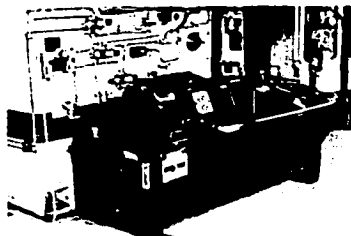


Fig. 2.16. Máquina roladora

- Operación 40 "Tratamiento térmico"
- Operación 60 "Revenido"

Esta máquina utiliza transformadores para elevar el voltaje, los KVA y el amperaje, emplea dos sistemas de enfriamiento, uno de ellos es un intercambiador de calor (radiador) usado para la pieza y otro para controlar la temperatura en las bobinas que queman, ambos utilizando bombas, está controlada por PLC. También utiliza sistema neumático para sujetar las piezas y la detección de las mismas, también para mover las piezas de la entrada a la salida de la máquina, cuenta con un motor para el arrastre de las piezas (figuras 2.17 y 2.18)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

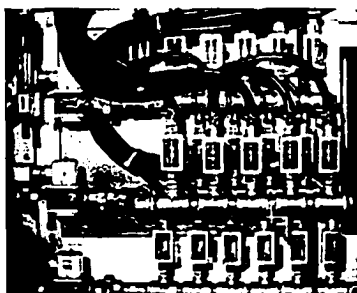
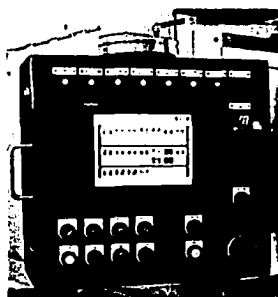


Fig. 2.17 y 2.18. Panel de control y sistema de enfriamiento.

• Operación 45 "Marcadora"

Esta máquina utiliza sistema neumático para mover y sujetar la pieza, así como para marcarla, es controlada por PLC (ver figura 2.19)



Fig. 2.19. Marcadora

Operación 50 "Enderezadora"

Utiliza sistema hidráulico para mover los punzones, es controlada por computadora; emplea sistema neumático para sujeción de la pieza y el transportador de piezas; el arrastre de la pieza es por medio de un motor, usa sistema de lubricación automático, y cuenta con PLC (ver figuras 2.20 y 21).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

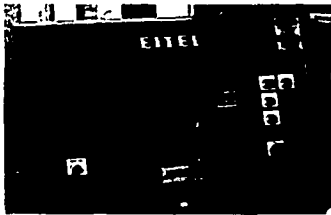


Fig. 2.20 y 2.21. Tablero de control y punzones

- Operación 80 "Barrenado de brida"

Esta máquina es un centro de maquinado con control numérico y PLC, emplea sistema neumático para sensar la pieza, para mover las puertas y para mover el revólver de herramientas; cuenta con servomotores para mover los ejes; usa sistema hidráulico para sujeción de las piezas, cuenta con husillos para el movimiento de los ejes, aplica refrigerante utilizando bombas, utiliza motores para mover el recolector de rebaba y el revólver de herramientas, y tiene sistema de lubricación automático (ver figuras 2.22 y 2.23)

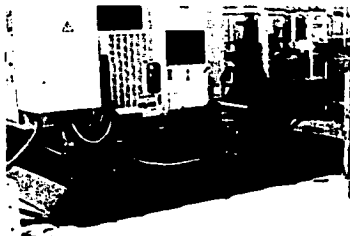


Fig. 2.22 y 2.23. Centro de maquinado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Operación 90 “Rectificado de diámetro balero”

Esta máquina emplea sistema hidráulico para la sujeción de las piezas, el movimiento de la piedra y de la mesa de trabajo, cuenta con control numérico y PLC, balanceador, utiliza motores para el giro de la piedra, de la pieza, mecánicamente cuenta con husillos para los movimientos de los ejes, cuenta sistema de refrigerante utilizando bombas, tiene sistema de lubricación automático (ver figuras 2.24 y 2.25).

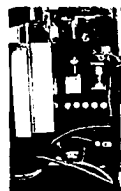
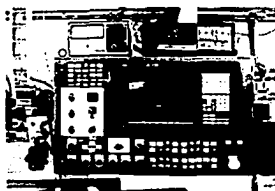


Fig. 2.24 y 2.25 Máquina Rectificadora

- Operación 100 “Pulido del diámetro balero”

Emplea sistema hidráulico para la sujeción de las piezas, para trasladar las piezas, y para cerrar las mordazas del pulido, cuenta con PLC, utiliza rodajas para el transportador de las piezas, usa motores para el giro de las piezas, cuenta con husillos para el traslado de bobinas (Figuras 2.26 y 2.27)

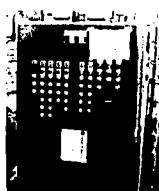


Fig. 2.26 y 2.27. Pulidora

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Operación 110. “Lavado y aplicación de antioxidante”

Para el lavado se utilizan espreas con sistema de bombeo, utiliza motores para el transportador de piezas, movimiento de puertas y secado de las piezas, usa resistencia eléctrica para calentar el agua, y cuenta con PLC (ver figuras 2.28 y 2.29)

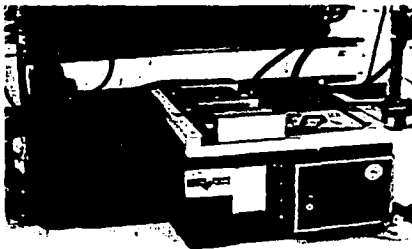
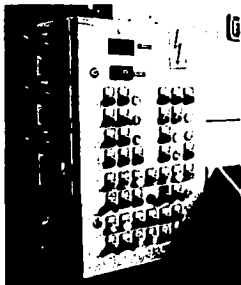


Fig. 2.28 y 2.29 Lavadora

Equipos opcionales para la manipulación entre las operaciones

Es importante señalar que la línea de producción es controlada por 5 sistemas que interconectan por secciones a las máquinas y los equipos de manipulación, marcando las entradas y salidas de piezas.

- Transportador de banda.

Este equipo consta de un par de cadenas y catarinas colocadas en los extremos, éste a su vez es movido por un motor, conectado a un reductor de velocidad, emplea sistema neumático para la manipulación de pallets en sus diferentes estaciones, es controlado por un PLC que interconecta a las operaciones con los equipos de manipulación (ver figuras 2.30 y 2.31)

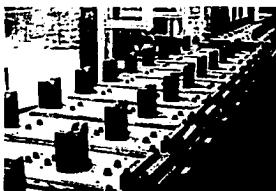
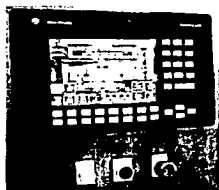
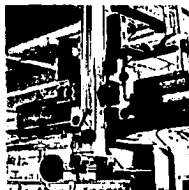


Fig. 2.30 y 2.31 Transportador de banda.

- "Gantry"

Este equipo usa sistema neumático para mover sus brazos y elementos terminales, cuenta con un motor, reductor de velocidad y una cremallera dentada para trasladarse a lo largo de una viga. Es controlado por medio de PLC. (ver figuras 2.32 y 2.33)

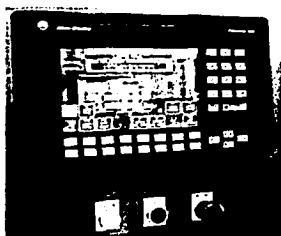


Figs. 2.32 y 2.33. Gantry

- "Pick and Place"

Cuenta con sistema neumático para desplazarse y para la sujeción de piezas. Es controlado por PLC (ver figuras 2.34 y 2.35).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figs. 2.34 y 2.35. "Pick and Place".

## 2.4 DESCRIPCIÓN DEL FACTOR HUMANO

La habilidad para realizar tareas asume un nivel de conocimiento técnico y experiencia que permite responder casi instintivamente a los problemas. Permite que una persona enjuicie un problema rápido

y correctamente, determine sus causas y aplique acciones correctoras. Esta idea fue tomada para reducir el personal y se le capacitó para desarrollar más funciones, mejorando su conocimiento y capacidad de respuesta. Para esto se tomó en cuenta que las personas siempre están aprendiendo y que al tener una persona especializada para un tipo de trabajo, está incompleta y se necesitan más recursos, así como más tiempo para resolver problemas. Tanto en producción como en mantenimiento se desarrollaron estas personas, por su parte los de producción se llaman "Operflex" y los de mantenimiento se llaman "Elecmech".

Este tipo de "mantenólogo" realiza los trabajos de mantenimiento emergencia-correctivo y mantenimiento preventivo, apoyado con un analista y un equipo multifuncional.

Los Elecmech son personas técnicas que fueron previamente seleccionados por examen de conocimientos y que recibieron un curso extenso, este curso consistió en revisar temas como hidráulica, neumática, electricidad, electrónica, control numérico programable, control lógico programable, matemáticas y desarrollo personal, enfocado en el manejo y funcionamiento de los equipos automatizados adquiridos, éstos fueron evaluados por examen de conocimientos y por diversos proyectos.

Al lograr esto se redujo el concepto de tener una cuadrilla de servicio con personas especializadas, con ayudantes a una sola categoría. Se cuentan con tres Elecmecc por turno para realizar los servicios de mantenimiento emergencia-correctivos en las horas de producción y los servicios preventivos se realizan los fines de semana.

El analista se dedica a ver las mejoras en las condiciones del equipo, ellos ven puntos de oportunidad en fallas crónicas y deben analizar y dar soluciones a esto. También se encargan de llevar, programar y realizar con los "mantenólogos" las propuestas de mejora de los equipos multifuncionales.

Los equipos multifuncionales es un grupo formado por personal de producción, manufactura, calidad y mantenimiento que se reúne para revisar, proponer, dar prioridad y analizar los problemas crónicos surgidos. Y a cada integrante se le dan tareas a resolver según su área, sin descartar la ayuda en equipo para la pronta solución del problema.

CAPÍTULO III  
PROCESO DE IMPLANTACIÓN

### CAPÍTULO 3. PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL TPM

Para el desarrollo de este capítulo, se analizarán los datos generados durante el año 2001 para la línea automatizada de semiejes, la cual es el caso de estudio del presente trabajo.

Para poder disminuir el número de productos defectuosos, es necesario creer que sí se pueden reducir. Sobra decir que la sola creencia no disminuirá el número de productos defectuosos. Lo que se quiere decir es que existen causas particulares para que un producto resulte defectuoso, y que los productos defectuosos pueden desaparecer si se descubren y eliminan las causas.

Mucha gente piensa que debido a los estrictos requisitos de calidad que deben cumplir sus productos y a los muchos factores que pueden causar un defecto, los productos defectuosos son inevitables.

Sin embargo, independientemente de los tipos de productos o de la clase de métodos de producción utilizados, la causa de los defectos es universal.

La variación en materiales, en las condiciones de la máquina, en los métodos de trabajo y en las inspecciones, son las causas de los productos defectuosos. Si no existieran estas variaciones, todos los productos serían idénticos y no habría variaciones de calidad, tales como la ocurrencia de productos defectuosos y no defectuosos.

Aunque las causas de la variación en la calidad son innumerables, no toda causa afecta a la calidad en el mismo grado. Algunas la afectan enormemente, mientras que otras, aunque teóricamente consideradas como muy importantes, tienen poco efecto sobre la variación en la calidad cuando se controla adecuadamente.

Las innumerables causas concebibles pueden categorizarse en dos grupos, el primero de los cuales consiste en un pequeño número, sin embargo, tienen un gran efecto (*los pocos vitales*) y un segundo grupo que incluye muchas causas que tienen sólo efectos menores

(*los muchos triviales*). Generalmente, no hay muchos factores que realmente causen defectos. Este hecho se le llama Principio de Pareto y se utiliza en muchos casos.

Con la aplicación del ya mencionado principio de variación y del principio de Pareto se facilita considerablemente el problema de reducir el número de productos defectuosos. Lo que se necesita hacer es encontrar las pocas causas vitales de los productos defectuosos y eliminarlas después de que se hayan identificado claramente. "En nuestro proceso hay tantas causas de productos defectuosos que es realmente imposible controlarlas". Comentarios como éstos se escuchan con frecuencia en sitios donde los procesos están llenos de productos defectuosos. Todo proceso tiene muchas causas de variación y ningún proceso tiene un número especialmente alto de causas. Hay una gran diferencia entre tener muchos "sospechosos" que pueden estar causando los defectos y realmente tener muchos "culpables" que de hecho estén causando defectos.

### 3.1 DIAGNÓSTICO DE PROCESO

Al proceso de encontrar las causas de los productos defectuosos entre muchos factores, se le llama *diagnóstico de proceso*. Para reducir el número de productos defectuosos, la primera acción necesaria es hacer un diagnóstico correcto para ver cuáles son las verdaderas causas de los defectos. Si esto no se hace correctamente, no se puede reducir el número de productos defectuosos. Es como dar a un paciente de apendicitis un remedio para la digestión, que desde luego, no lo cura. El efecto puede ser que el paciente se sienta mejor por un tiempo, pero después la enfermedad recurrirá en una forma peor que antes.

Para hacer un diagnóstico correcto, existen muchos métodos. Algunos utilizan la intuición, otros dependen de la experiencia; otros recurren al análisis estadístico de los datos, y hasta se puede usar la investigación experimental.

El método intuitivo se usa con frecuencia porque es muy rápido. De hecho, hay algo más que la intuición ordinaria en la intuición de un verdadero experto, y debe respetarse. Sin



embargo, la dificultad en el problema de reducir el número de productos defectuosos es que no siempre es claro quien es el verdadero experto.

Debido a que el problema de los productos defectuosos se encuentra con frecuencia en áreas en las cuales no hay experiencia previa, lo que se necesita no son muchos años de experiencia sino la decisión de reducir el número de productos defectuosos y una actitud de observación de la situación real en forma objetiva. La forma estadística y las técnicas de análisis son un medio eficaz para hacer esta observación.

Los métodos estadísticos, junto con las diferentes técnicas de recolección y análisis de datos, proporcionan un medio eficaz para desarrollar una nueva tecnología y controlar la calidad de los procesos.

La habilidad para analizar las cosas desde un punto de vista estadístico es más importante que los métodos individuales. Además, es necesario ser franco para reconocer los problemas y la variación, y recoger información sobre ellos.

Lo importante no es solamente el conocimiento de métodos estadísticos y/o técnicas de recolección y análisis de datos como tales, sino más bien la actitud mental hacia su utilización.

### **3.2 HERRAMIENTAS DE CALIDAD**

Para encontrar la Solución de Problemas y la Mejora Continua, se presentan a continuación dos técnicas que pueden ser fácilmente aplicadas.

1. Secuencia de pasos para la Mejora del Proceso
2. La ruta de la Calidad.

El primer modelo, trata de proporcionar un conjunto repetible de pasos que puedan ser aprendido y seguido por un equipo o individuo. Este es sólo uno de muchos modelos que incluyen pasos típicos, usando herramientas típicas.

El primer paso es **PLANIFICAR**. Para planificar se debe realizar las siguientes actividades.

1. Seleccionar el problema/proceso que se va a tratar primero (o a continuación) y describir la oportunidad de mejora.
2. Describir el actual proceso que rodea a la oportunidad de mejora.
3. Describir todas las posibles causas del problema y llegar a un acuerdo con relación a las raíces.
4. Desarrollar una solución y un plan eficaz con los que se pueda trabajar, incluyendo metas para mejorar.

El segundo paso general en la solución del problema es **HACER**, lo cual nos lleva a:

5. Poner en práctica la solución o cambio del proceso.

El tercer paso **VERIFICAR** nos lleva a:

6. Revisar y evaluar el resultado del cambio.

El cuarto y último paso **ACTUAR** nos dice

7. Reflexionar y actuar con base a lo aprendido.

La Ruta de la Calidad es un procedimiento para solucionar problemas, para este modelo, la solución para un problema, es mejorar el resultado deficiente hasta lograr un nivel razonable. Las causas de los problemas se investigan desde el punto de vista de los hechos, y se analiza con precisión la relación entre la causa y efecto. Se evitan estrictamente las decisiones sin fundamento basadas en la imaginación o en la teoría de un escritorio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un problema se soluciona de acuerdo a los siguientes siete pasos:

1. Problema.  
Identificación del Problema
2. Observación  
Reconocimiento de las características del problema.
3. Análisis  
Búsqueda de las principales causas.
4. Acción  
Acción para eliminar las causas
5. Verificación  
Confirmación de la efectividad de la acción.
6. Estandarización  
Eliminación permanente de las causas.
7. Conclusión  
Revisión de las actividades y planeación del trabajo futuro.

Si estos siete pasos se clarifican y se implantan en el mismo orden, las actividades de mejoría serán lógicamente consistentes y se acumularán establemente. A veces este procedimiento parece ser una forma larga de solucionar un problema, pero a la larga es el camino más corto y el más seguro.

### 3.3 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Para cualquiera de los dos métodos anteriores, la recolección de datos y las técnicas para analizarlos son herramientas de mucho valor.

Para la recolección de datos, es importante considerar lo siguiente:

1. Establecer objetivos claros

Ya que la información es una guía para nuestras acciones, a partir de ésta conocemos los hechos pertinentes y adoptamos acciones apropiadas basadas en estos hechos.

## 2. Establecer el propósito

Antes de recoger información, es importante determinar qué se va a hacer con ella. Una vez que se defina el objetivo de la recolección de información, también se determinan los tipos de comparación que se necesitan, esto a su vez identifica el tipo de datos que se deben recoger.

## 3. Determinar si son confiables las mediciones. Este es un punto importante, ya que se hará un juicio erróneo si las mediciones no son confiables.

## 4. Establecer formas apropiadas de recolección de datos.

Cuando se recogen datos, es importante organizarlos adecuadamente para facilitar su procesamiento posterior. En primer lugar, el origen de los datos debe registrarse claramente. En segundo lugar, los datos deben registrarse de tal manera que puedan utilizarse fácilmente, para ello se recomienda preparar formatos para su registro.

A estos formatos se le llamarán Hojas de Verificación, que permiten registrar y compilar de modo sistemático datos de fuentes históricas, u observaciones según ocurren a fin de que las tendencias y patrones puedan ser claramente detectadas y mostradas.

Para establecer estos formatos, es necesario:

- a) Definir claramente los eventos o condiciones que se están observando.
- b) Decidir quién va a recoger los datos; en qué tiempo; y de qué fuentes.
- c) Diseñar un formulario que sea claro, completo y fácil de usar
- d) Recolectar los datos de modo uniforme y con exactitud.

Para analizar los datos, contamos con diferentes técnicas como son:

1. El diagrama de Pareto
2. El Diagrama de Causa y Efecto
3. Los Histogramas
4. Tablas de Control.

### 3.4 METODOLOGÍA TPM

La metodología TPM es útil para detectar oportunidades de mejora y obtener planes o propuestas de mejora o contingencia, esta metodología es llevada a cabo por un equipo natural de trabajo, el cual está conformado por un grupo multidisciplinario. Una vez desarrollado el plan de mejora o contingencia, se realiza un análisis costo contra beneficio para determinar los riesgos que conlleva el no aplicarlo y su factibilidad en términos técnicos, financieros y operativos.

A partir de los datos mensuales recolectados durante 2001 para la línea automatizada de semiejes, se obtienen los siguientes índices:

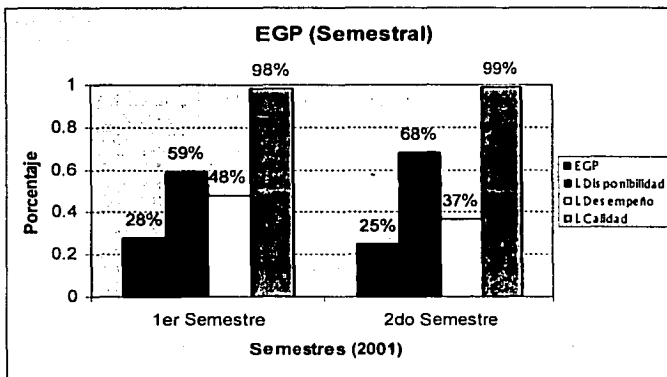
- Índice de disponibilidad
- Índice de desempeño
- Índice de calidad
- EGP (Eficiencia Global del Proceso);

Éstos se calculan en periodos anual, semestral, trimestral y mensual, con la finalidad de identificar e interpretar tendencias y patrones en los datos, los cuales ayudarán a detectar las oportunidades de mejora.

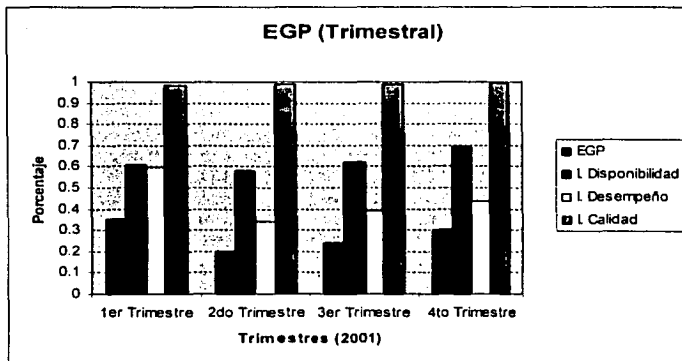
Del cálculo del EGP (siguiente apartado), sobre las tendencias obtenidas, se puede concluir lo siguiente:

1º Considerando que la meta del EGP que propone esta teoría es del 85%, el valor promedio obtenido de 26.5% anual está muy alejado del objetivo como se muestra en la gráfica 3.1.

2º Comparando los trimestres se observa una disminución en el EGP del 1er trimestre a los siguientes, y esto es ocasionado por la disminución del índice de desempeño como se muestra en la gráfica 3.2.



Gráfica 3.1 Tendencia de los índices del TPM



Gráfica 3.2 Comportamiento Trimestral de los índices

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Esta variación fue provocada por la disminución de piezas producidas, así como la disminución de la velocidad de operación, como se muestra en la tabla 3.1

Mes	I de Vel Op	C Total Proc
Enero	0.58	12924
Febrero	0.57	10773
Marzo	0.63	12359
Abril	0.51	7462
Mayo	0.50	5576
Junio	0.41	5237
Julio	0.53	7502
Agosto	0.49	8140
Septiembre	0.50	4230
Octubre	0.50	10674
Noviembre	0.49	9269
Diciembre	0.35	3377

Tabla 3.1 piezas producidas Vs. velocidad de operación

Sin embargo, la disminución de la producción no es el problema, ya que al disminuir la producción, el tiempo invertido en producir estas piezas debió disminuir también, lo que no ocurrió como se muestra en la tabla 3.2

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Horas Línea	493.5	420	434	326	245.5	283.5	312.1	370.5	188	478.5	422	214
Piezas	12,924	10,773	12,359	7,462	5,576	5,237	7,502	8,140	4,230	10,674	9,269	3,377

Tabla 3.2 piezas producidas Vs. velocidad de línea

Adicionalmente, la velocidad de operación fue en promedio durante el 2001, de 50%, lo cual es muy bajo considerando que este índice, debería estar cerca del 100% y además, mostró una tendencia a la baja durante los meses siguientes como se ve en la tabla 3.1 mostrada anteriormente.

Del análisis anterior, se determina que una de las oportunidades de mejora, es la velocidad de operación. Una vez detectado el problema, se procede a su análisis comenzando con el

diagrama de causa-efecto como se muestra en la figura 3.1, para determinar el origen por el cual la velocidad de la línea es tan baja.

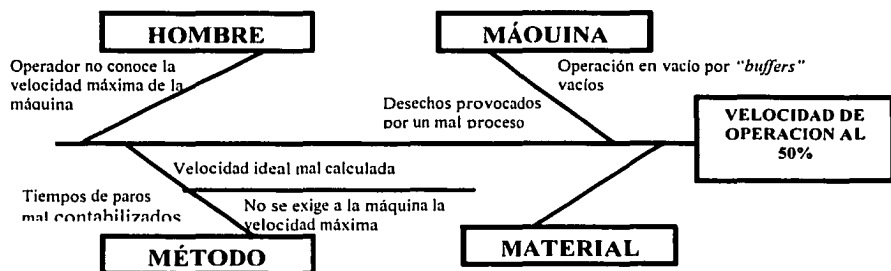


Figura 3.1 Diagrama causa-efecto para velocidad de operación

3° Además, la capacidad ideal mensual de la línea es de 32,400 piezas y el volumen máximo mensual que se presentó en el 2001 fue de 12,924 piezas es decir, lo más que se ha utilizado esta línea es al 39.9%.

4° El índice de disponibilidad, aún cuando se ha incrementado, sigue estando por debajo de la meta del 90% considerado como óptimo por la teoría del TPM.

Este índice se vio afectado principalmente por el tiempo de paros no programados que fue ligeramente menor al tiempo de operación de la línea, es decir, casi la tercera parte del tiempo la línea estuvo parada.

Con lo anterior, se tiene que otra oportunidad de mejora está en la disminución de los tiempos de paros no programados y en la figura 3.2 se tiene el diagrama causa-efecto para determinar las causas de estos paros y de esa manera, poder establecer propuestas para erradicarlos.



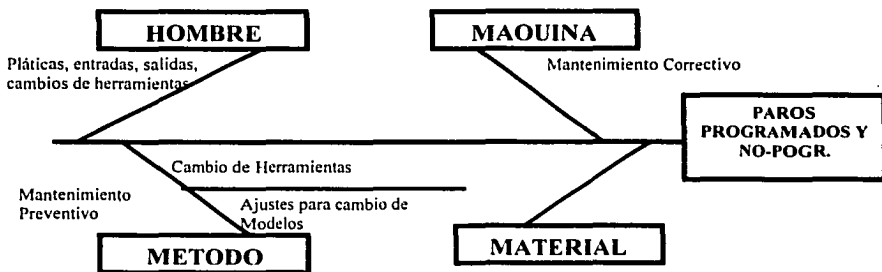


Figura 3.2 Diagrama causa-efecto de Paros

Sin embargo analizando los datos de paros no programados, se percibió que este dato no es el correcto para obtener el índice de disponibilidad, ya que este tiempo está dado por operación, y se requiere por la línea completa. Esto ocasiona que el índice sea menor al real, porque puede haber tiempos duplicados al considerar dos o más paros simultáneos; además, existen "buffers" entre las operaciones, los cuales permiten que la línea siga funcionando aun cuando una operación esté detenida por un periodo definido.

La duración de los "buffers" se muestra en la tabla 3.3

Operación	Piezas	Tiempo (mín.)
10	25	40
20	8	20
30	6	5
40	3	0.67
50	5	3
60	10	4
70	4	6
80	25	40
90	0	0
100	10	2

Tabla 3.3 Duración de los "buffers"

Del análisis anterior, se han identificado a los paros y a los desechos, como principales actores que afectan la disponibilidad y la velocidad de operación. Por lo anterior, a continuación se determinarán cuáles son los procesos críticos en la línea, con objeto de delimitar el problema y encontrar las causas raíz para proponer soluciones y erradicar estas pérdidas.

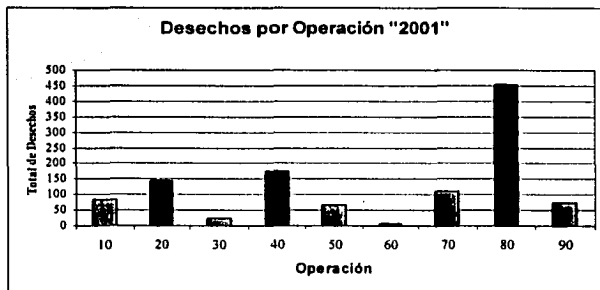
Para esto, se analizará la información generada en el 2001 por proceso, para identificar con mayor detalle el proceso del mayor impacto y trabajar sobre él.

Cuantificando los desechos durante el 2001, se obtiene la tabla 3.4 por operación y tiempo.

Operación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
10	15	10	19	3	1	2	5	8	1	13	8		85
20	32	28	7	12	10	6	8	7	6	3	15	9	143
30		33	1			1							25
40	34	36	2	13	5	12	4	11	11	30	12	6	176
50	7	12	8	1	17	5	5	11		1	1		68
60		5											6
70	31	17	12	11	5	8	6	7	5	2	7	1	112
80	106	50	49	50	39	32	41	62	17	4	3		453
90	7	36	8	2	3		4	3	2		6	4	75
Otros							25						25
Total	232	217	106	93	80	66	98	109	42	53	52	20	1168

Tabla 3.4 Cantidad de Desechos durante 2001

De la gráfica 3.3, se ve que las operaciones 80, 40 y 20 son las que mayor desecho generan.



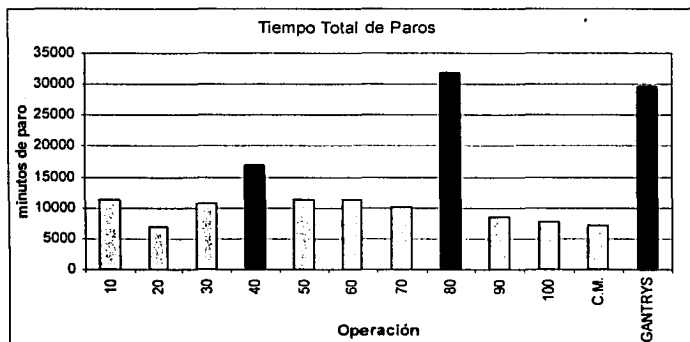
Gráfica 3.3 Total de Desechos por operación

Del mismo modo se cuantifican los tiempos de paro y se obtiene la tabla 3.5 con los datos obtenidos

Operación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
10	580	1410	1585	1295	1550	1175	1445	900	1055	365		11360
20	640	545	290	390	2040	765	420	500	1172	260		7022
30	120	7610	80	210	1640	845	180	30				10715
40	1150	825	4490	1285	2405	2955	540	20	2430	540	180	16820
50	280	2400	1535	245	2610	1470	1620	395	225	460		11240
60	3810	2650	1835	535	1845	630	30					11335
70	255	1460	235	190	1680	1100	2155	320	390	820	1440	10045
80	3585	4125	2385	5680	2680	4395	3920	630	1030	1220	2220	31870
90	1650	500	280	280	1540	1025	140		630	450	2120	8615
100	120	610	520	510	2850	1105		90			2040	7845
C.M.	1145	1170	1265	920	670	1265			735			7170
GANTRYS	710	500	380	280	165	195	6775	4840	6665	9035		29545
	14045	23805	14880	11820	21675	16925	17225	7725	14332	13150	8000	163582

Tabla 3.5 Tiempos (min.) de paros por Operación

De la gráfica 3.4, se ve que las operaciones 80 y 40 son las que mayor pérdida de tiempo por paros generan.



Gráfica 3.4 Tiempo de paros por operación durante el año

Una vez identificadas las operaciones que, de acuerdo con el análisis anterior, contribuyen mayormente con las pérdidas existentes en el proceso productivo, se debe realizar un análisis profundo para la detección puntual de éstas y transformarlas en oportunidades de

mejora, por medio de la participación de la gente en toda la organización para optimizar la productividad de la planta.

Esta detección de pérdidas se realizará basándose en los tres índices de eficiencia contemplados en la Eficiencia Global del Proceso: Índice de Disponibilidad (paros), de Desempeño (velocidad y desechos) y de Calidad (reclamaciones y desechos), haciendo una revisión al comportamiento mensual de las operaciones 20 y 80 durante el primer semestre del año 2001, aplicando algunas técnicas de análisis de datos como se muestra más adelante.

- Desechos.

Realizando el análisis de desechos generados por la operación 20 durante el primer semestre del año 2001, se obtienen los resultados que se indican en la tabla 3.6.

DEFECTO	Mes						Total
	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01	
BOTON F/E	16	18	4	2	6	1	45
ENTERRON DE HTA.	1	4	1	9			15
DIAM. RANURA F/E	10	2					12
BARRENOS F/E	2	4	2	1			9
BARRENOS DE BRIDA F/E.	3						3
ESPESOR DE BRIDA F/E						3	3
DIAM. PREROLADO F/E					2	1	3
DIAMETRO BALERO F/E		1				1	2
DIAM. ESTRIADO F/E					2		2
LONG F/E		1					1
Total general	32	28	7	12	10	6	95

Tabla 3.6, "Desechos operación 20"

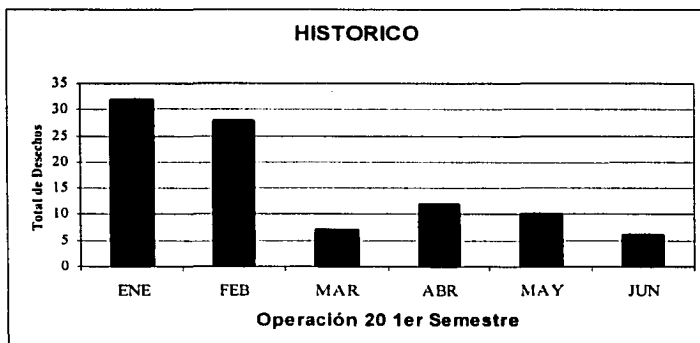
Y para la operación 80, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.7

TESIS CON  
FALLA DE CREEN

DEFECTO	Mes						Total
	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01	
ESPACIAMIENTO F/E	33	5	10	29	22	17	116
BARRENOS F/E	36	2	2	4	5	14	63
ENTERRON DE HTA.	5	9	33		3	1	51
BARRENOS DE BRIDA F/E.	22	10	2		9		43
TRATAMIENTO TERM. F/E	4	7	1				12
LONG.F/E	1			8			9
BOTON F/E	2			4			6
DESCONOCIDO		2		3			5
DESPLAZADAS		4					4
DIAM. RANURA F/E		4					4
DIAMETRO BALERO F/E		4					4
ESPESOR DE BRIDA F/E	3						3
ROTA AL ENDEREZAR		3					3
DIAM. F/E				2			2
Total general	106	50	48	50	39	32	325

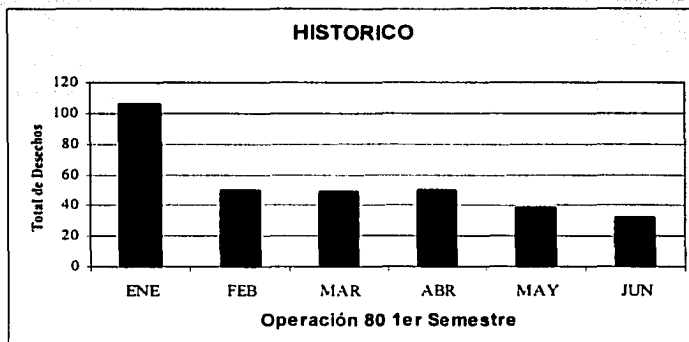
Tabla 3.7, "Desechos operación 80"

El comportamiento histórico de los desechos generados por estas operaciones puede observarse en las gráficas 3.5 y 3.6 respectivamente, y que se muestran a continuación:



Gráfica 3.5, "Comportamiento histórico de desechos operación 20"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



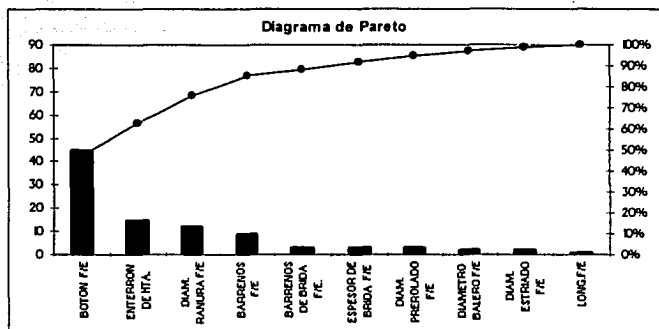
Gráfica 3.6, "Comportamiento histórico de desechos operación 80"

Es importante aclarar el patrón de la distribución de esta pérdida, ya que la mayoría de las pérdidas se deben a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Al identificar las causas de estos "pocos" defectos "vitales", se podrá eliminar casi todas las pérdidas concentrándose en esas causas particulares y dejando a un lado por el momento otros "muchos" defectos "triviales".

Para este fin se utiliza el Diagrama de Pareto, el cual ayudará a clasificar los problemas de calidad en los "pocos vitales" y los "muchos triviales", con base en el principio de Pareto: Un 20% de las fuentes causan el 80% de cualquier problema. Basándose en los datos mostrados en las tablas 3.8 y 3.9, y en las gráficas 3.7 y 3.8 podemos observar el resultado del análisis estadístico:

DEFECTO	Total	%	%Acum
BOTON F/E	45	47.4%	47.4%
ENTERRON DE HTA.	15	15.8%	63.2%
DIAM. RANURA F/E	12	12.6%	75.8%
BARRENOS F/E	9	9.5%	85.3%
BARRENOS DE BRIDA F/E.	3	3.2%	88.4%
ESPESOR DE BRIDA F/E	3	3.2%	91.6%
DIAM. PREROLADO F/E	3	3.2%	94.7%
DIAMETRO BALERO F/E	2	2.1%	96.8%
DIAM. ESTRIADO F/E	2	2.1%	98.9%
LONG.F/E	1	1.1%	100.0%
<b>Total general</b>	<b>95</b>		

Tabla 3.8. "Tabla de datos para el diagrama de Pareto operación 20"

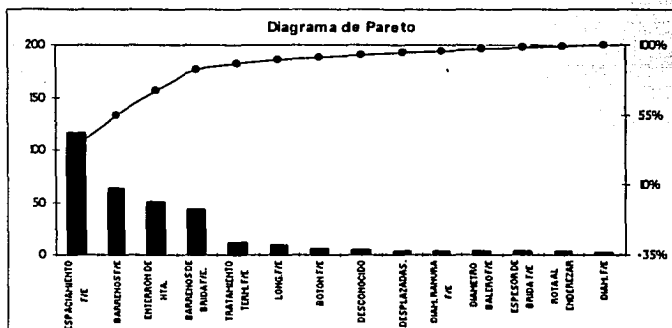


Gráfica 3.7. "Diagrama de Pareto desechos de la Operación 20"

DEFECTO	Total	%	%Acum
ESPACIAMIENTO F/E	116	35.7%	35.7%
BARRENOS F/E	63	19.4%	55.1%
ENTERRON DE HTA.	51	15.7%	70.8%
BARRENOS DE BRIDA F/E	43	13.2%	84.0%
TRATAMIENTO TERM. F/E	12	3.7%	87.7%
LONG F/E	9	2.8%	90.5%
BOTON F/E	6	1.8%	92.3%
DESCONOCIDO	5	1.5%	93.8%
DESPLAZADAS.	4	1.2%	95.1%
DIAM. RANURA F/E	4	1.2%	96.3%
DIAMETRO BALERO F/E	4	1.2%	97.5%
ESPESOR DE BRIDA F/E	3	0.9%	98.5%
ROTA AL ENDEREZAR	3	0.9%	99.4%
DIAM. F/E	2	0.6%	100.0%
Total general	325		

Tabla 3.9. "Tabla de datos para el diagrama de Pareto operación 80"

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



Gráfica 3.8. "Diagrama de Pareto desechos de la Operación 80"

Como resultado de este análisis se puede concluir que, dentro de la operación 20, el desecho denominado "Botón fuera de especificación" es el que mayormente contribuye al problema en general, y dentro de la operación 80, el desecho denominado "Espaciamiento fuera de especificación".

Una vez identificados los problemas, se deben analizar las causas de los mismos para lograr disminuirlos hasta erradicarlos. Estos problemas pueden atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar la relación causa – efecto de esos factores observándola sistemáticamente por medio de un Diagrama de Causa y Efecto.

Con la ayuda del Diagrama de Causa y Efecto se puede concentrar en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en otros factores; concentrarnos en causas y no en síntomas.

La figura 3.3 muestra el diagrama causa y efecto de los desechos de la operación 20:



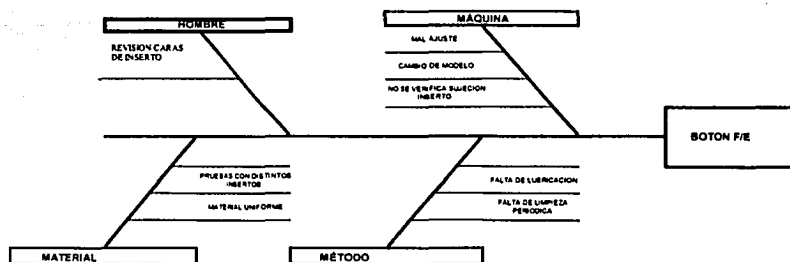


Figura 3.3 Diagrama causa – efecto “desechos de la operación 20”

La figura 3.4 muestra el diagrama causa y efecto de los desechos de la operación 80:

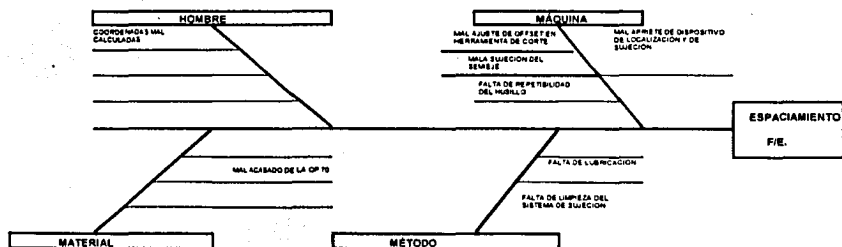


Figura 3.4 Diagrama causa – efecto “desechos de la operación 80”

En las figuras 3.3 y 3.4 anteriormente mostradas, se puede apreciar todos los factores que contribuyen a la generación del desecho de la operación de acuerdo a todos los involucrados en este defecto: el hombre, la máquina, los materiales y el método operacional.

Una vez identificados estos factores, se debe asignar la importancia de cada uno y señalar los factores que particularmente tienen efecto significativo sobre la característica de los

desechos. Para este caso, el cambio de modelo fue identificado como el de mayor incidencia sobre el desecho de la operación 20, y el cálculo erróneo de coordenadas para la operación 80.

Hecho esto, se debe entonces saber la causa específica que llevará a conocer el por qué de estos defectos, y encontrar una solución para disminuirlos. Apoyándose en la técnica conocida como "Know - why" o "cinco por qué", se evaluará sistemáticamente las posibles causas de estas fallas empleando como medio la inspección detallada del fenómeno, como se muestra en la figura 3.5 para la operación 20 y en la figura 3.6 para la operación 80:

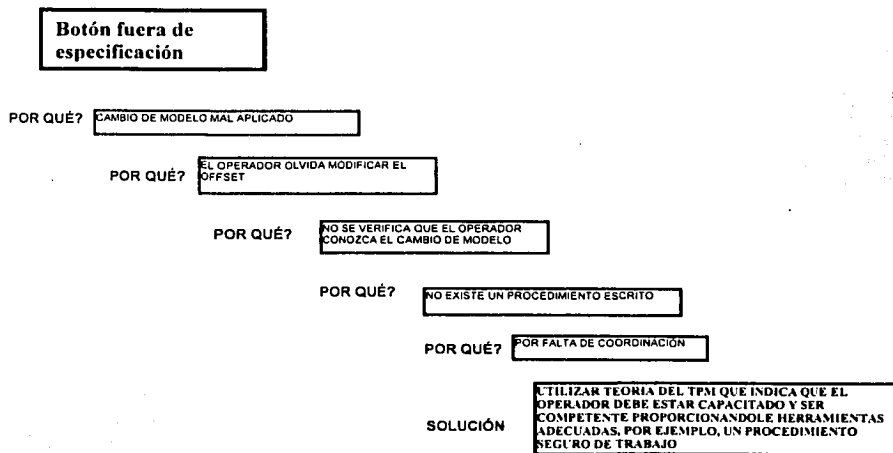


Figura 3.5. Diagrama de los cinco por qué "operación 20"

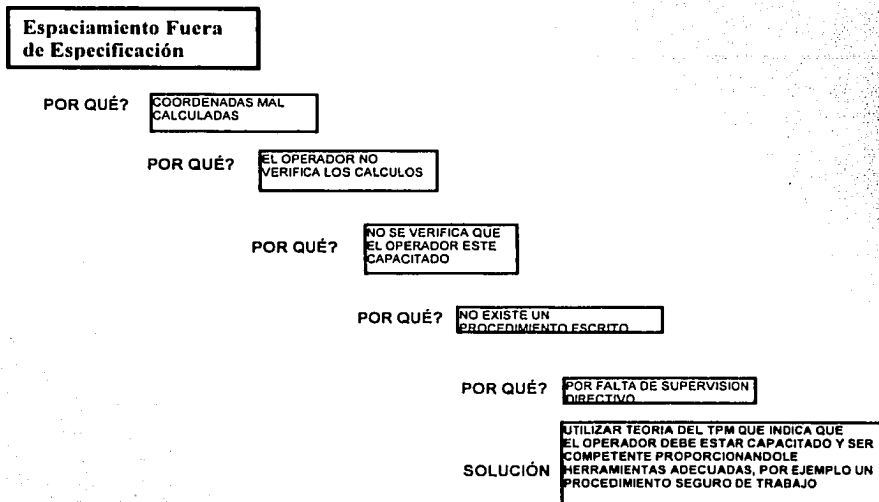


Figura 3.6. Diagrama de los cinco por qué "operación 80"

Finalmente se obtiene que para la operación 20 el defecto por maquinado de botón fuera de especificación es generado por un cambio de modelo mal aplicado y para la operación 80 el defecto de espaciamiento fuera de especificación se origina por un error en el cálculo de coordenadas. Estos defectos se presentan por no existir un procedimiento por escrito que pueda guiar al operador para estos fines, por lo que es recomendable proporcionarle esta útil herramienta de trabajo.

- Paros.

Siguiendo la metodología aplicada anteriormente para los desechos, se procede a realizar el análisis de paros en la operación 20 (tabla 3.10) y en la operación 80 (tabla 3.11) durante el mismo período como se muestra a continuación:

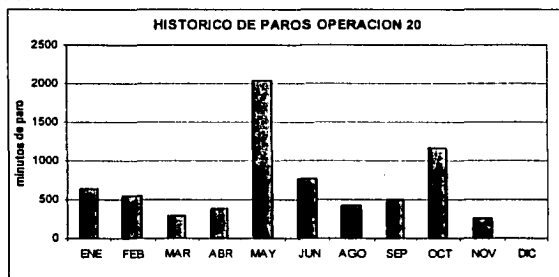
PAROS (EN HORAS)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
CAUSA DESCONOCIDA	11	9	5	3			28
CAMBIO DE MODELO						13	13
PRUEBAS MODELO					12.3		12.3
FALLA DE PRESION EN MARPOSS					3.5		3.5
KAISEN BLITS					2.0		2
PRUEBAS CON EL MARPOSS					1.0		1
CAMBIO DE INSERTOS					0.7		0.7
TOTAL	11	9	5	3	19.5	13	60.5

Tabla 3.5 "Paros operación 20"

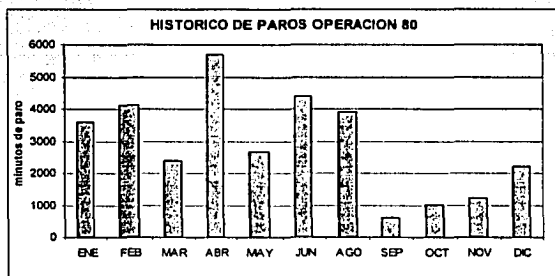
PAROS (EN HORAS)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
ATC FUERA DE POSICION						10	10
FALTA DE BROCAS					9		9
CAMBIO DE BROCAS F/E					6		6
PROBLEMAS CON BROCAS						5.5	5.5
PROBLEMAS DE ESPACIAMIENTO					5.2	4.1	9.3
CAMBIO DE HTAS						4.0	4.0
SE DEGOLLARON BRAZOS DEL GRIPER						2.8	2.8
AJUSTE DE ESPACIAMIENTO					2.5		2.5
SOBRECARGA EN BROCAS						2.5	2.5
CHEQUEO RUN OUT						2.5	2.5
ESPACIAMIENTO EST DER DER						2.5	2.5
SOBRECARGA EN BROCAS						2.5	2.5
Z AXIS FUERA DE POSICION					1.6		1.6
AJUSTE DE CLAMPS					1.3		1.3
LIMPIEZA DE REBABA						1.3	1.3
ESPERA DE REPORTE DE ESPACIAMIENTO LAB DIM					1.0		1.0
PRUEBAS MOLDEO					1.0		1.0
RUPTURA DE BROCAS					1.0		1.0
CAMBIO DE BROCAS					0.8		0.8
PUERTA DEL ATC NO SENSIA						0.8	0.8
ATC FUERA DE POSICION					0.7		0.7
BARRENOS F/E					0.5		0.5
PUERTA DEL SHUTTER IZO					0.5		0.5
SENSOR DEL SHUTTER DERECHO						0.5	0.5
CAMBIO DE MODELO						0.4	0.4
LIMPIEZA DE REBABA					0.3		0.3
CAMBIO DE MANGUERA DE SOLUBLE EST IZO						0.3	0.3
TOTAL	39.75	68.75	39.75	94.87	31.4	37.2	68.6

Tabla 3.6 "Paros operación 80"

El las gráficas 3.9 y 3.10 se muestra el comportamiento histórico de las operaciones 20 y 80 respectivamente:



Gráfica 3.9 "Comportamiento histórico de paros operación 20"

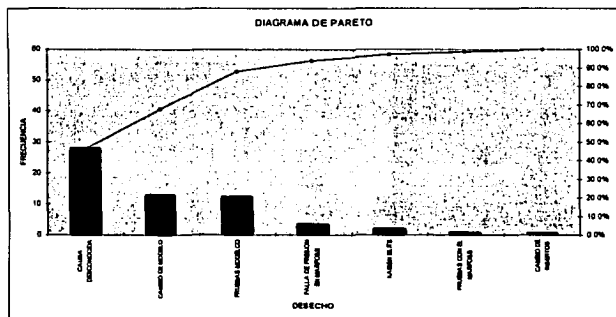


Gráfica 3.10 "Comportamiento histórico de paros operación 80"

Los diagramas de Pareto para la clasificación de los paros de las operaciones 20 y 80 se muestran en las tablas 3.12 y 3.13 y en las gráficas 3.11 y 3.12 respectivamente:

PAROS (HORAS)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL	%	% ACUMULADO
CAUSA DESCONOCIDA	11	9	5	3	0	0	28	49.3%	49.3%
CAMBIO DE MODELO	0	0	0	0	0	13	13	21.9%	71.2%
PRUEBAS MODELO	0	0	0	0	12.3	0	12.3	20.3%	91.5%
FALLA DE PRESION EN MARPOSS	0	0	0	0	3.5	0	3.5	5.8%	97.3%
KAISER BLITS	0	0	0	0	2	0	2	3.3%	100.6%
PRUEBAS CON EL MARPOSS	0	0	0	0	1	0	1	1.7%	102.3%
CAMBIO DE INSERTOS	0	0	0	0	0.7	0	0.7	1.2%	103.5%
TOTAL	11	9	5	3	19.3	13	60.3		

Tabla 3.12 "Tabla de datos para el diagrama de Pareto operación 20"

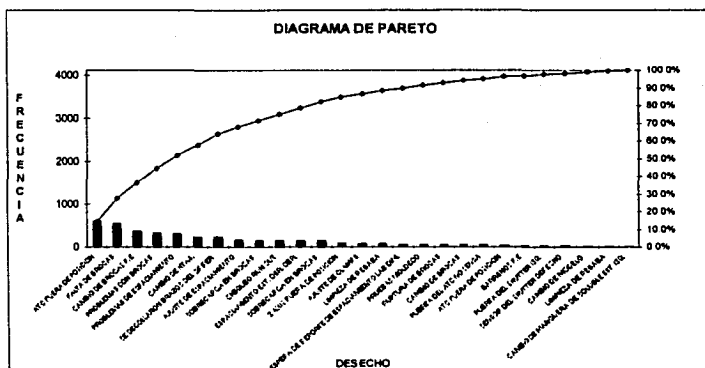


Gráfica 3.11 Diagrama de pareto "Paros de la operación 20"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PAROS (HORAS)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL	%	% ACUMULADO
ATC FUERA DE POSICION	0	0	0	0	0.0	10.0	10.0	10.0%	10.0%
FALTA DE BROCCAS	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0%	27.2%
CAMBIO DE BROCCAS P.E	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0%	26.8%
PROBLEMAS CON BROCCAS	0	0	0	0	0.0	3.3	3.3	3.3%	44.9%
PROGRAMAS DE ESPACIAMIENTO	0	0	0	0	1.2	0.0	1.2	1.2%	52.4%
CAMBIO DE INTAS	0	0	0	0	0.0	4.1	4.1	4.1%	58.0%
SE DROGOLLARON BRAZOS DEL GRIPER	0	0	0	0	0.0	4.0	4.0	4.0%	63.4%
AJUSTE DE ESPACIAMIENTO	0	0	0	0	0.0	2.8	2.8	2.8%	69.2%
SOBRECARGA EN BROCCAS	0	0	0	0	2.5	0.0	2.5	2.5%	71.4%
CHEQUEO RUN OUT	0	0	0	0	0.0	2.5	2.5	2.5%	78.1%
ESPACIAMIENTO EST. DER. DER	0	0	0	0	0.0	2.5	2.5	2.5%	79.2%
SOBRECARGA EN BROCCAS	0	0	0	0	0.0	2.3	2.3	2.3%	82.4%
Z.AXIS FUERA DE POSICION	0	0	0	0	1.6	0.0	1.6	1.6%	84.7%
AJUSTE DE CUAMP	0	0	0	0	1.3	0.0	1.3	1.3%	86.4%
LIMPEZA DE REBABA	0	0	0	0	0.0	1.3	1.3	1.3%	88.5%
ESPERA DE REPORTE DE ESPACIAMIENTO LAB DIM	0	0	0	0	1.0	0.0	1.0	1.0%	89.3%
PRUEBAS MOLECULO	0	0	0	0	1.0	0.0	1.0	1.0%	91.2%
RUPTURA DE BROCCAS	0	0	0	0	1.0	0.0	1.0	1.0%	92.6%
CAMBIO DE BROCCAS	0	0	0	0	0.8	0.0	0.8	0.8%	94.0%
PUERTA DEL XTC NO SENSIA	0	0	0	0	0.0	0.8	0.8	0.8%	95.3%
ATC FUERA DE POSICION	0	0	0	0	0.7	0.0	0.7	0.7%	96.3%
BARRENOS P.E	0	0	0	0	0.5	0.0	0.5	0.5%	97.0%
PUERTA DEL SHUTTER IZQ	0	0	0	0	0.5	0.0	0.5	0.5%	97.7%
SENSOR DEL SHUTTER DERECHO	0	0	0	0	0.5	0.0	0.5	0.5%	98.4%
CAMBIO DE MODELO	0	0	0	0	0.0	0.4	0.4	0.4%	99.0%
LIMPEZA DE REBABA	0	0	0	0	0.3	0.0	0.3	0.3%	99.5%
CAMBIO DE MANOJERA DE SOLUBLE EST. IZQ	0	0	0	0	0.0	0.3	0.3	0.3%	100.0%
TOTAL	8	8	8	8	31.4	37.2	66.6		

Tabla 3.13 Tabla de datos para el diagrama de Pareto operación 80



Gráfica 3.12, Diagrama de Pareto "Paros de la operación 80"

De estos análisis se encuentra que los paros que mayormente contribuyen al problema son "Causas desconocidas" para la operación 20 y "Actuador fuera de posición" para la operación 80.

Siguiendo con el análisis, se presentan los diagramas causa – efecto de estos factores en la figura 3.7 para la operación 20 y 3.8 para la operación 80.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

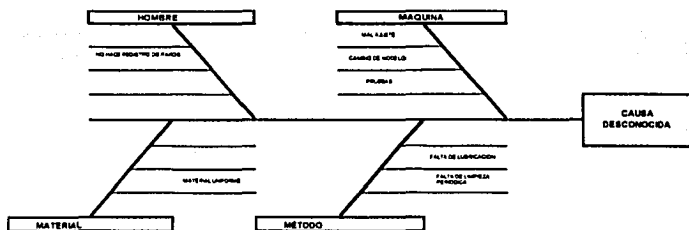


Figura 3.5 Diagrama causa –efecto “paros de la operación 20”.

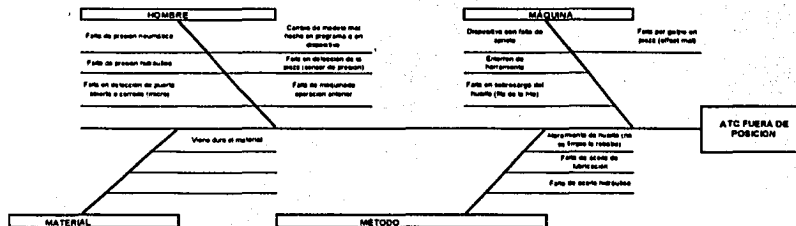


Figura 3.6 Diagrama causa –efecto “paros de la operación 80”.

Las causas específicas que llevan a conocer los por qué de estos paros se muestran en las figuras 3.7 y 3.8 respectivamente, para las operaciones de referencia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

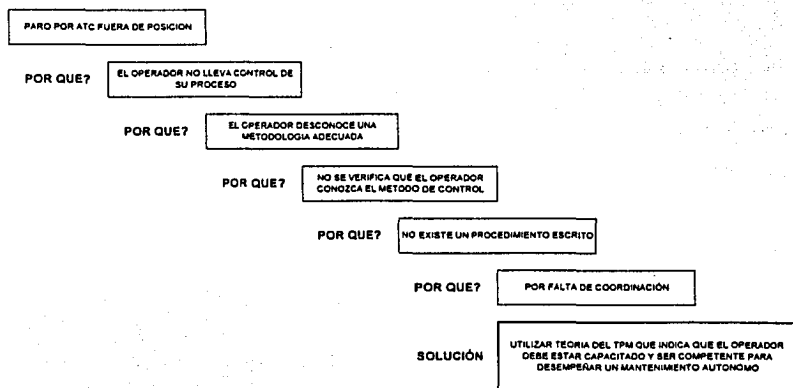


Figura 3.7 Diagrama de los cinco por qué, operación 20

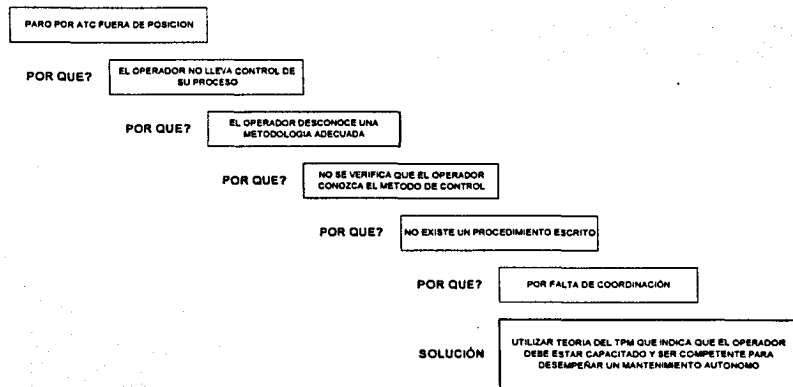


Figura 3.8 Diagrama de los cinco por qué, operación 80



Después de haber realizado este análisis, se puede concluir que el mayor problema que se presenta en cuestión de paros es que no existe un récord de los mismos en forma adecuada. En la operación 20 no es posible identificar con exactitud el motivo de los paros, y en la operación 80 existen registros para los últimos dos meses del primer semestre.

La solución para este problema será la implantación de un "check list" u hoja de registro en donde se lleve una bitácora de paros identificando los motivos que los originan para proceder a su erradicación.

- Reclamaciones.

Las reclamaciones, que contribuyen al índice de calidad, se analizan en forma idéntica que los desechos y paros durante el primer semestre.

Las tablas 3.9 y 3.10 muestran las reclamaciones generadas por las operaciones 20 y 80, respectivamente, durante el primer semestre del 2001.

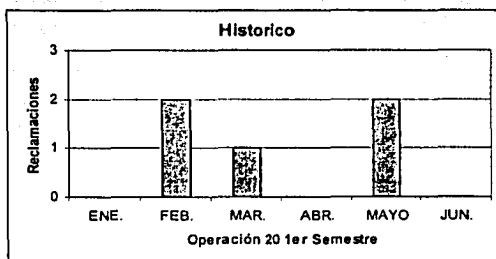
RECLAMACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
ESPESOR DE BOTON CHICO		2	1		1		4
ESPESOR DE BOTON GRANDE					1		1
TOTAL	0	2	1	0	2	0	5

Tabla 3.9, Reclamaciones operación 20

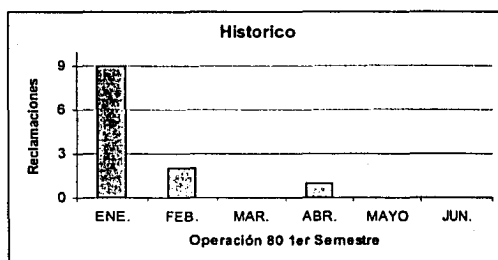
RECLAMACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
DIAMETRO BARRENOS DE BRIDA GRANDES	3	2					5
DIA. ESTRIADO GRANDE	3						3
ENTERRON EN CARA EXTERIOR DE BRIDA	2						2
LONGITUD DE ESTRIADO CHICA	1						1
ESPACIAMIENTO ENTRE BARRENOS				1			1
TOTAL	9	2	0	1	0	0	12

Tabla 3.10, Reclamaciones operación 80

El comportamiento histórico de reclamaciones se muestra en la gráfica 3.9 para la operación 20, y 3.10 para la operación 80.



Gráfica 3.9 Comportamiento histórico de reclamaciones operación 20



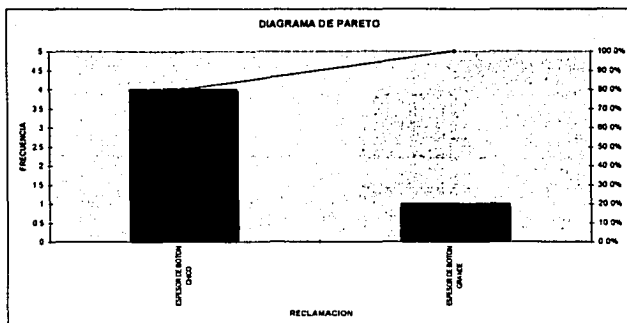
Gráfica 3.10 Comportamiento histórico de reclamaciones operación 80

A continuación se presentan los diagramas de Pareto para identificar los problemas de calidad en la tabla y gráfica 3.11 para la operación 20 y tabla y gráfica 3.12 para la operación 80.

DESECHO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL	%	% ACUMULADO
ESPOSOR DE BOTÓN CHICO	0	2	1	0	1	0	4	80.0%	80.0%
ESPOSOR DE BOTÓN GRANDE	0	0	0	0	1	0	1	20.0%	100.0%
TOTAL	0	2	1	0	2	0	5		

Tabla 3.11 Tabla de datos para el diagrama de Pareto, operación 20

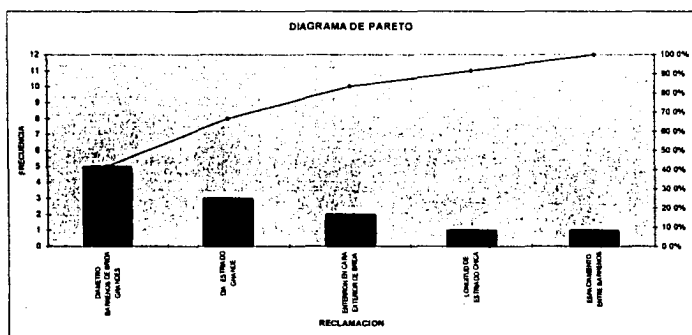
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Gráfica 3.11 Diagrama de Pareto "Reclamaciones de la operación 20"

RECLAMACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL	%	% ACUMULADO
DIAMETRO BARREROS DE BRIDA GRANDES	3	2	0	0	0	0	5	41.7%	41.7%
DIA ESTRIBADO GRANDE	2	0	0	0	0	0	2	15.4%	57.1%
ENTERRON EN CAJA EXTERIOR DE BRIDA	2	0	0	0	0	0	2	15.4%	72.5%
LONGITUD DE ESTRIBO CHICA	1	0	0	0	0	0	1	7.7%	80.2%
ESPACIAMIENTO ENTRE BARREROS	0	0	0	1	0	0	1	7.7%	87.9%
TOTAL	8	2	0	1	0	0	11		100.0%

Tabla 3.12. Tabla de datos para el diagrama de Pareto, operación 80



Gráfica 3.12. Diagrama de Pareto "Reclamaciones de la operación 80"

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Las reclamaciones que se presentaron durante este periodo fueron “Espesor de botón chico” y “Diámetro de barrenos de brida grandes” para la operación 20 y 80, respectivamente.

Los diagramas causa – efecto que se muestran a continuación (Figuras 3.9 y 3.10) presentan las causas que originan las reclamaciones para las operaciones 20 y 80 respectivamente.

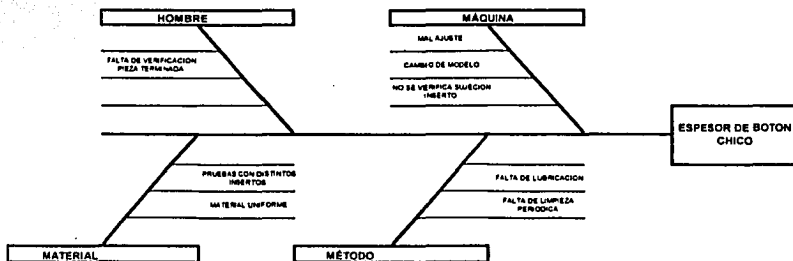


Figura 3.9 Diagrama causa – efecto de “Reclamaciones de la operación 20”

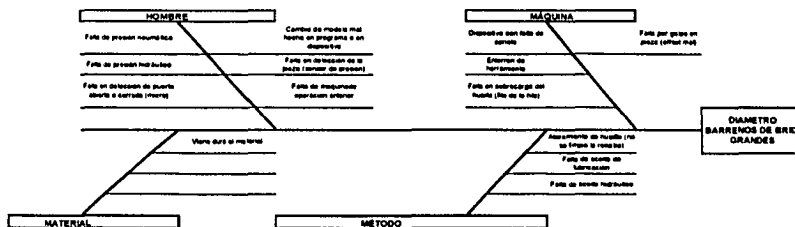


Figura 3.10 Diagrama causa – efecto de “Reclamaciones de la operación 80”

Utilizando la técnica de los cinco por qué se obtienen las causas específicas de estas reclamaciones, según se muestra en las figuras 3.11 (operación 20) y 3.12 (operación 80)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

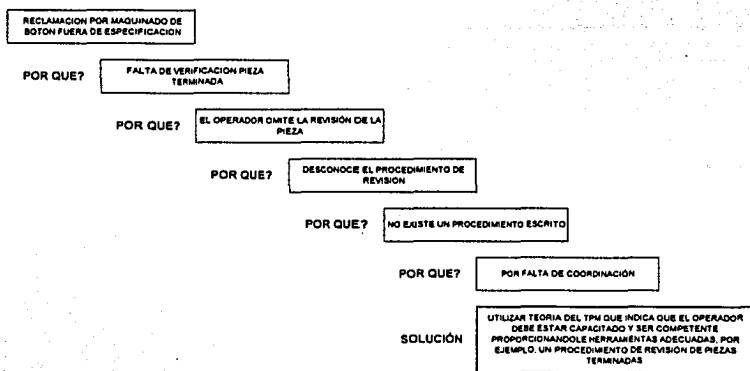


Figura 3.11. Diagrama de los cinco por qué “reclamaciones operación 20”

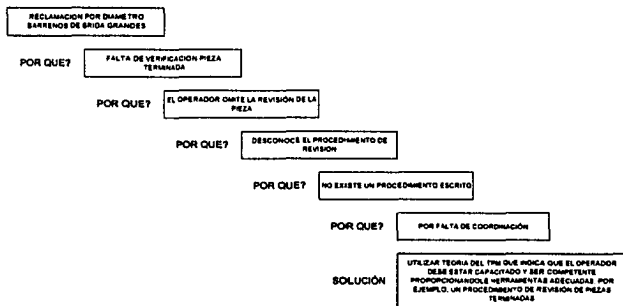


Figura 3.12 Diagrama de los cinco por qué “reclamaciones operación 80”

Como puede apreciarse, la causa por la cual se presentan estas reclamaciones es por falta de revisión del producto terminado. Se sugiere entonces que se capacite al operador para realizar este proceso apoyándose en un procedimiento escrito para este fin.

De lo anterior, se tiene sobre la base de datos lo siguiente:

1° La base de datos generada durante el año 2001, no tiene una estructura clara, ya que como no se tiene un objetivo específico para el uso de cada dato, la extracción de la información útil, se torna compleja.

2° Por otro lado, la información en algunos meses se encuentra incompleta, ya que tiene que ser deducida de otros datos o hacer supuestos.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y PROPUESTAS**

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS Y PROPUESTAS

Después de haber obtenido y analizado los resultados de los índices de la Eficiencia del Proceso se puede concluir lo siguiente:

- El índice de calidad se mantuvo constante y en un nivel alto durante los 4 trimestres; el índice de disponibilidad también se mantuvo constante aunque no en un nivel alto; el índice de desempeño fue el más variable y más crítico para la eficiencia global de proceso.
- Del punto anterior se deduce que el proceso de producción no presenta fallas ni impacto en el rendimiento de la línea. El número de averías y regulaciones en la línea indica que hace falta mantenimiento a las máquinas ya que su disponibilidad está en un promedio entre 60% y 70%. El principal problema fue la cantidad de paros programados y no programados que tiene la línea, lo que indica que no se tiene un estándar o procedimiento que impida caer en tantas caídas de velocidad en la producción.
- Las operaciones más críticas con respecto a los **Desechos** son la 80, la 40 y la 20. (ref. ver gráfica 3.3)
- Las operaciones más críticas con respecto a los **Paros** son la 80 y la 40. (ref. ver gráfica 3.4)
- El botón fuera de especificación y el Espaciamiento fuera de especificación son los desechos más representantes para las operaciones 20 y 80 respectivamente.
- Analizando las causas con el diagrama de Causa y Efecto o Ishikawa y los 5 por qué's se concluye que las causas principales recaen en los operadores.
- Esta conclusión nos hace pensar en la falta de procesos y procedimientos o la falta de conocimiento de éstos por los operadores. La falta de supervisión dentro de la línea es una característica común en el problema de desempeño de una línea de producción.



Tomando como crítico el factor hombre, se requiere que todo el personal esté capacitado y entienda la Metodología del TPM

Tomando como referencia lo anterior y que la planta de ejes tractivos lleva ya camino recorrido en la implantación de la metodología TPM, se presentan las siguientes propuestas:

### **PROPUESTA No.1**

#### **Desarrollar un sistema de lista de chequeo ilustrado con hojas de verificación de puntos y hoja de observaciones**

A través del análisis anteriormente propuesto, se encontró que una buena respuesta para evitar los desperdicios potenciales encontrados, y que tienden a pasarse por desapercibidos, se puede utilizar un mantenimiento autónomo.

Há tres factores implicados en el mantenimiento de las condiciones operativas básicas del equipo: limpieza, lubricación correcta y apretado de tornillos.

#### **Limpieza**

La limpieza constituye una manera eficaz de verificar y controlar el deterioro de un equipo. Es una manera primaria de inspección por que durante la limpieza, cada pieza del equipo se toca o manipula, en el curso de estos trabajos el operario puede descubrir problemas tales como exceso de calor, vibración, ruidos anormales, piezas flojas, defectos eléctricos, etc. Al quitar el polvo, la suciedad y la grasa, el deterioro es más lento. La limpieza alarga la vida útil de las piezas y mantiene la prevención del equipo y los requerimientos de calidad.

El estado de limpieza exige más que una limpieza superficial, cada rincón y grieta del equipo, plantillas y herramientas deben ser explorados. En efecto la limpieza es también inspección.

### Lubricación

El equipo no puede operar eficazmente sin la reposición del aceite y la lubricación apropiada. Se ha visto que muchas veces se dejan depósitos y lubricadores vacíos y se cubren de polvo y sedimentos. La negligencia en cuanto a la lubricación causa diferentes pérdidas, puede ser la causante directa de averías esporádicas, inesperadas como la abrasión y el exceso de calor, que afectan al equipo.

### Sujeción de tornillos

Las piezas de conexión rotas sueltas, tales como tornillos y tuercas juegan un papel importante en las averías del equipo. Un solo tornillo suelto puede causar una avería inmediata, aumentar la vibración que, a su vez, hacen que otros tornillos se suelten. Un ejemplo de defecto oculto es la falla en las piezas de sujeción.

### Mantener las condiciones operativas

Las condiciones operativas son aquéllas que requiere el equipo para poder operar a plena capacidad. Un ejemplo son los sistemas hidráulicos, es preciso controlar la temperatura del aceite, la cantidad, la presión y la pureza. Pero considerando que el operador está en contacto con la máquina, sus actividades pueden ser llevadas a mantener las condiciones básicas de su equipo y por otro lado, las condiciones operativas poco claras o incompletas originan defectos ocultos. Para eliminar este tipo de defectos, se deben fijar y mantener condiciones estándares de operación, manipulación y carga. Si se tratan los problemas del equipo sin tener en cuenta estos estándares operativos, la precisión operativa y las condiciones de fabricación no serán estables, y seguirá habiendo averías y desperdicios.

Considerando lo anterior, se propuso lo siguiente:

La lista de chequeo se dividirá la línea en cuatro segmentos, cada segmento se compone de cuatro a seis máquinas de las que es responsable, y realizará actividades equivalentes a un estudio de tiempos por turno y por tiempo de trabajo empleado, dando facilidad de aplicarse en cualquier momento de control del proceso y liberación de actividades para

mantener las condiciones básicas de la línea de producción. El tiempo estimado de este proceso es 10 min. a 30 min. para su ejecución.

De cada máquina se deben tomar fotos representativas donde se indicarán los puntos a checar, como se muestra en la figura 4.1 y 4.2

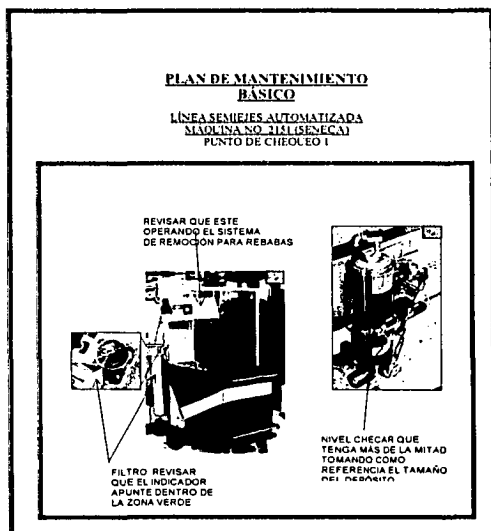


Figura 4.1 Puntos de Chequeo Ilustrado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

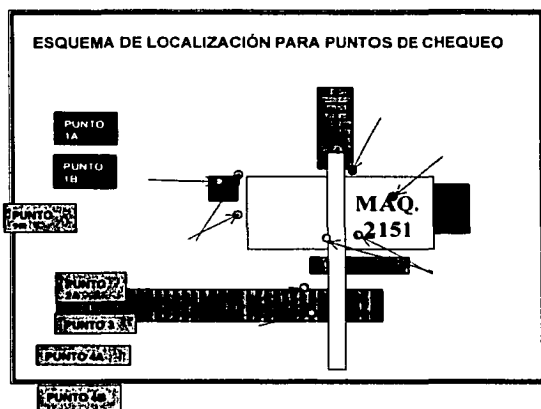


Figura 4.2 Puntos de Chequeo Ilustrado

También se usa una hoja de registro donde se marca la actividad que se realiza para tener un control de los equipos y las condiciones que se tienen en ellos y si por cualquier motivo se encuentra una anomalía o cambio repentino, se debe anotar en una hoja de observaciones.

## PROPUESTA No. 2

**Generar procedimientos para las actividades como cambio de modelo y cambio de herramientas.**

Al trabajar con la gente se notó que cada uno tenía manera diferente de ejecutar las actividades, tomando tiempos y revisando mejores prácticas de cada uno, se podía mejorar tiempo de ejecución y resolver los problemas que resolvían con mallas o soluciones que con el tiempo ellos hallan.

A continuación se presentan los resultados y conclusiones propuestos que fueron desarrollos de esta tesis y son propuestas a ser aplicadas en el primer semestre del 2002.

Con los resultados del análisis del capítulo 3 se obtuvieron tres grupos de oportunidades de mejora, relacionados con:

- HOMBRE
- MÉTODO
- MÁQUINA

A continuación se describirán las propuestas, las oportunidades de mejora, los detalles, quién debe llevar a cabo la propuesta, las dependencias en caso de que apliquen y el beneficio esperado.

Es importante respetar el orden en que están listados los grupos de propuestas, ya que no se puede obtener una mejora en las máquinas, si no existe un método de trabajo; el cual no es funcional si no existe un hombre capacitado que lo lleve a cabo.

Dentro de las propuestas de oportunidades de trabajo en el ámbito del **Hombre**, se encuentran:

#### **PROPUESTA No. 1**

##### **Capacitación e involucramiento de todo el personal a la metodología del TPM**

**Problema:** Los empleados no conocen al 100% sus funciones, además de no contar con el suficiente compromiso con la empresa para realizar su trabajo con calidad.

Esta propuesta tiene como finalidad crear una actitud positiva al cambio en los empleados, mediante la estimulación de los valores y mejora del entorno para crear un ambiente de motivación y competencia.

Para llevar a cabo esta propuesta es necesario desarrollar un plan estratégico que incluya temas tales como motivación, resistencia al cambio y finalmente conceptos y aplicación de la metodología del TPM.

Con esto se logrará modificar la actitud del empleado con respecto a los cambios y a las mejoras que pueden obtener con la aplicación del TPM.

El aplicar evaluaciones periódicas y hacer reconocimientos a los empleados con mejores calificaciones logrará modificar la actitud del empleado con respecto a los cambios y a las mejoras que pueden obtener con la aplicación del TPM

## **PROPUESTA No. 2**

### **Entorno de Trabajo**

Problema: Parte de la desmotivación de los empleados es provocada por un entorno de trabajo desfavorable.

Se entiende por entorno de trabajo el lugar físico donde labora el empleado, además de la relación que mantiene con la empresa, sus compañeros o subordinados y su jefe.

Con esta propuesta se pretende crear un ambiente laboral agradable con el fin de aumentar la productividad, a través de condiciones favorables de trabajo, las cuales se dividirán en dos grupos.

1. Condiciones Físicas tales como buena iluminación, limpieza constante, disminución de ruido, seguridad, correcta señalización, entre otras.
2. Condiciones Psicológicas entre las que se pueden mencionar trabajo en equipo, respeto jerárquico (jefe – subordinado), correcta comunicación con la dirección, ética laboral, etc.

En cuanto al entorno físico se encuentra relativamente bien, debido a que el mismo sindicato e instituciones gubernamentales como la Secretaria de Salud, la de Trabajo y la de Ecología, norman y revisan a través de auditorías. En cuanto al entorno psicológico se puede decir que está dentro del estándar, pero no es lo óptimo, se trabaja por órdenes y bajo

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

intereses personales y de grupo; esto afecta la productividad de la empresa debido a que fomenta la aparición de elementos clave que no comparten sus conocimientos o experiencia y buscan asegurar su empleo convirtiéndose en los "indispensables", por otra parte los intereses de grupo o áreas debería ser común, "el de la empresa", al seguir intereses de área no siempre se logran los intereses de la empresa o en el tiempo deseado.

La sugerencia es realizar incentivos de participación y cooperación, que pueden ir desde vacaciones pagadas, ropa, despensas, hasta premios en efectivo.

### **PROPUESTA No. 3**

#### **Incentivos y bonos de productividad**

Problema: La línea trabaja en promedio al 50 % de su velocidad y al 30% de su capacidad, parte de este problema es causado por el factor humano.

Es necesario un plan de incentivos y bonos de productividad que permitan mantener el trabajo de la línea en forma eficaz y eficientemente. Para ello, se requiere establecer objetivos tanto individuales como de grupo, que sean medibles y alcanzables.

Los beneficios que se pueden obtener como resultado de esta propuesta son, entre otros; la eliminación de horas extras, incremento de la productividad, motivación de los empleados y su participación en los resultados de la empresa.

### **PROPUESTA No. 4**

#### **Certificación de operadores**

Problema: Los operadores tienen diferentes niveles de conocimiento sobre la línea de producción.

La Certificación es base a la capacitación, además de ser un reconocimiento al empleado, permite asegurar que el operador conozca y comprenda técnicamente el funcionamiento de las máquinas para que éstas operen correctamente sin exceder los límites de operación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Es necesario capacitar a los operadores en el aspecto técnico para que conozcan y comprendan el funcionamiento de las máquinas que operan, con la finalidad de que lo hagan en forma correcta y que conozcan los límites de operación.

Con esta propuesta se podrán detectar de manera más fácil y rápida los problemas que puedan surgir durante la operación, permitiendo la realización de mantenimientos preventivos y eliminar en la medida de lo posible trabajos correctivos. Con esto, también se logrará un incremento en la velocidad de operación, ya que los operadores conocerán los límites de sus estaciones de trabajo.

En cuanto a las oportunidades de mejora en el ámbito del Método se tienen las siguientes:

### **PROPUESTA No. 1**

#### **Traducción de Manuales e Indicaciones**

Problema: El personal que opera las máquinas desconoce el idioma inglés y los manuales e indicaciones de las máquinas que opera se encuentran en inglés.

Traducir los manuales de operación y colocar indicadores en español sobre las indicaciones de la máquina. Con esto se pretende que los operadores tengan mayor conocimiento de las capacidades de las máquinas.

### **PROPUESTA No. 2**

#### **Reestructurar la Base de Datos.**

Problema: El registro de operación de la línea se mantiene en una base de datos incompleta, de difícil interpretación y con información obsoleta. La captura de datos es complicada y tediosa

Recopilar información es fundamental para establecer puntos de partida y objetivos tangibles. Para que ésta sea explotada óptimamente se requiere:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- a) Determinar cuál es la información útil (aquella que retroalimentará el proceso).
- b) Establecer formatos estándar y sencillos dirigidos a los que recopilan y explotan la información, con el objeto de hacer más sencilla su labor. La captura de datos en estos formatos no deberá representar para el operador una tarea adicional a sus funciones.
- c) Crear una codificación de descriptivos, para estandarizar los puntos críticos de medición y evitar mayor trabajo a las personas que intervienen en el manejo de esta base de datos.

Con esto se logrará una mayor rapidez y claridad en la extracción de información confiable, y un mejor enfoque en la detección de pérdidas.

### **PROPUESTA No. 3**

#### **Mejora Continua (Estudio profundo de las causas raíz de las pérdidas principales).**

Problema: Del análisis realizado en el capítulo 3, se encontró que existe una gran cantidad de mantenimiento correctivos lo cual se ha mantenido durante todo el año. Debido a estos correctivos, se ha generado principalmente pérdidas de tiempo en la producción.

Se propone realizar un estudio con mayor profundidad de las causas raíz de las pérdidas principales para determinar en primer lugar, las causas por las cuales se han originado las fallas, una vez determinadas estas causas se tienen que realizar acciones para eliminar definitivamente estos correctivos y de este modo eliminar las pérdidas por tiempo.

### **PROPUESTA No. 4**

#### **Eliminar Reclamaciones Completamente.**

Problema: El índice de calidad se encuentra entre el 98% y 99%, sin embargo existen reclamaciones, que son rechazos del cliente.

Aunque el índice de calidad es alto, existen desechos y reclamaciones, los desechos son pérdidas de piezas y a su vez de dinero, sin embargo las reclamaciones, además de representar pérdidas en piezas y dinero, representan pérdidas en imagen de la empresa ante el cliente, y aún más, por ser piezas que implican la seguridad de seres humanos, por una pieza defectuosa pueden morir personas.

### **PROPUESTA No. 5**

#### **Equipo Natural de Trabajo.**

Problema: Las pérdidas relacionadas con la ejecución del mantenimiento y a la duración de las paradas en la línea, son variables que dependen del alcance de los trabajos que se definan. Cuando se realiza una planificación, programación y ejecución de un mantenimiento mayor se deben realizar algunas consideraciones de factores adicionales, tales como; confiabilidad operacional, factibilidad de mantenimiento y disponibilidad. Con esto se logrará conocer qué actividades deben realizarse durante la parada, de qué manera pueden optimizarse los tiempos de ejecución, qué actividades no son necesarias, cuáles deberán desarrollarse en rutina y en qué momento del ciclo de operación de la línea, así como las actividades que deberán desarrollarse durante la próxima parada. Para lograr lo anterior, se propone la conformación de un Equipo Natural de Trabajo, el cual debe estar integrado por representantes de: mantenimiento, operaciones, materiales, seguridad industrial, ingeniería de proceso. Esto con el objeto de realizar un ejercicio de evaluación del alcance de los trabajos de mantenimiento previstos para la parada, a fin de identificar oportunidades de optimización; esta actividad deberá tener el respaldo de la Gerencia General de la Empresa.

La tabla 4.1 muestra las áreas de efectividad, cuyas mediciones son responsabilidad del Equipo Natural de Trabajo:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Medio o estrategia	Meta	Forma de medición	Objetivo específico
Mantenimiento Básico de Ejes Tractivos (MBET)	Generar cultura de prevención para minimizar problemas de máquinas	Número de fallas reportadas (correctivas y emergencias)	Reducción del mantenimiento de emergencia y correctivo
Entrenamiento Enfocado a Productividad (EEP)	Instruir y certificar a la gente involucrada en la línea con base en la identificación de pérdidas del proceso (EGP)	Número de entrenamientos impartidos; número de personas certificadas (entrenadas)	Realizar un EEP en forma mensual, certificando al menos 2 personas por entrenamiento
Sistema de Anomalías del Proceso	Identificar y atender pérdidas que no generan paro de máquinas, pero que afectan su desempeño, el del operador o la calidad del producto vía operadores. Promover la mejora continua en la línea.	Número de anomalías reportadas y atendidas	Atender el 100% de las anomalías reportadas
Eficiencia Global del Proceso (EGP)	Medir los índices de disponibilidad de maquinaria, de desempeño del proceso y el de calidad de los productos para identificar pérdidas en los procesos de cada línea	Por medio de la parrilla de productividad y las fórmulas de la EGP	Una eficiencia en el índice de disponibilidad del 90% Una eficiencia en el índice de desempeño del 95% Una eficiencia en el índice de calidad del 99%
Kaizen (mejora)	Aplicar la metodología de Kaizen para eliminar las pérdidas que afectan a cada uno de los índices de la EGP; promover la mejora continua	Número de Kaizenes aplicados al proceso; mejora en la eficiencia de los índices de la EGP de la línea donde se aplicó	Realizar un Kaizen mensual por línea; mejora de los porcentajes arriba indicados
Prácticas de Certificación TPM	Certificación de máquinas (regreso a condiciones normales de operación); delimitar las necesidades de los operadores para su desarrollo (promover EEP's, certificación y mantenimiento autónomo)	Número de máquinas certificadas en TPM; número de operadores certificados en manutención autónoma	Certificación mensual de al menos una máquina; Certificación de todos los operadores.

Tabla 4.1 "Áreas de efectividad"

Hasta ahora el equipo natural de trabajo, está conformado por Producción, Calidad, Mantenimiento y Manufactura. Sin embargo las decisiones que se toman afectan y son aceptadas o rechazadas por otros grupos. Por lo que se propone incluirlos en el equipo natural de trabajo y son:

- 1) Recursos Humanos.- Define el perfil del personal, coordinación de capacitación, etc.
- 2) Ventas.- Requiere conocer la capacidad instalada de la planta y las características de los productos que se pueden comercializar para darlos a conocer a los clientes.
- 3) Compras.- Realizar planeación de consumibles y piezas de mantenimiento, para apegarse a la metodología "just in time" y minimizar costos de almacenaje.
- 4) Ingeniería del producto.- Define las características de la materia prima y del producto terminado que cumpla con las especificaciones del cliente.
- 5) Sindicato.- Revisa y autoriza cuestiones laborales para definir la factibilidad de los proyectos.

En cuanto a las oportunidades de mejora en el ámbito de la Máquina se tienen las siguientes propuestas:

#### **PROPUESTA No. 1**

**Regreso de las máquinas a condiciones iniciales de operación.**

Problema: Las máquinas no trabajan al 100% de su capacidad, o requieren mantenimientos más prolongados y/o frecuentes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las máquinas sufren desajustes con el tiempo, es normal, y a su vez eso provoca que la velocidad de operación disminuya o que requiera mantenimientos adicionales en tiempo o frecuencia. Para incrementar la productividad de las máquinas, se propone regresarlas a sus condiciones óptimas, esto implica dejarlas tal cual lo indica el manual de la máquina, sin embargo estos manuales no siempre existen o no están completos, por lo que se requiere hacer un análisis previo de cada máquina para detectar los puntos donde sufre desgaste o donde existen movimientos y los puntos de sujeción. Al identificar estos puntos, se requiere revisar el desgaste, realizar limpieza, apriete y lubricación necesaria. Con esto se podrá obtener el máximo rendimiento de cada equipo.

## **PROPUESTA No. 2**

### **Diagnóstico de Máquinas.**

Problema: Las máquinas presentan errores comunes, frecuentes y errores eventuales. Para resolver estos problemas existe un grupo de mantenimiento y la forma de resolver estos problemas no se encuentra documentada.

Se sugiere que cada máquina tenga un documento llamado "Diagnóstico de máquina", el cual contenga la información de los problemas presentados en esta máquina y las acciones tomadas para corregirlos además de los resultados obtenidos después de haber realizado las acciones. Esto servirá para que los problemas comunes se puedan resolver con procedimientos y la solución dependa de un procedimiento y no de la habilidad de una persona.

## **Propuesta No. 3**

### **Investigación sobre la Velocidad de Operación al 50%**

Problema: La velocidad de la línea se mantuvo en promedio anual al 50%.

Se encontró que el índice de la velocidad de operación fue del 50% con respecto a la velocidad ideal, esta relación puede ser provocada por tres motivos:

- 1) La velocidad ideal de la línea con la cual se realiza la comparación, se midió bajo ciertas condiciones de operación que seguramente no se tienen en la línea de producción, la sugerencia con respecto a este punto, es investigar cuáles fueron esas condiciones de prueba para llevarlas de igual modo a la operación.
- 2) Las variables con las que se calcula la velocidad de operación son incorrectas, el volumen mensual procesado o el tiempo línea. El volumen es algo tangible que realmente no puede ser mal calculado, el tiempo de línea puede ser que no esté bien medido, de tal manera que dentro de ese tiempo se estén contemplando tiempos de paros.
- 3) De cualquier manera el índice es muy bajo y el principal motivo por el cual se encuentra así es el desconocimiento por parte de los operadores de las capacidades de las máquinas y están sufriendo el efecto de la curva de aprendizaje.

Las sugerencias en esta propuesta son: Investigar con el proveedor de los equipos las condiciones ideales de operación, realizar mediciones precisas de tiempos de operación, y capacitar técnicamente al personal, proporcionando una capacitación estandarizada, con procedimientos y manuales de referencia; esta capacitación debe ser formal y coordinada por Recursos Humanos.

#### **PROPUESTA No. 4**

##### **Mantenimiento Predictivo**

Habiendo obtenido la eficiencia global del proceso, y después de analizar cada una de las fallas, paros y rechazos en la línea de producción se obtiene en dónde está la mayor parte de desperdicios. Se observa que el tiempo de paros programados y no programados tiene un impacto crítico en la eficiencia del proceso. De aquí la idea de proponer un mantenimiento predictivo cuyos objetivos básicos serán:

1. - Reducir las averías que causan los equipos

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 2. - Incrementar los tiempos operativos y la producción

## 3. - Reducir tiempos y costos de mantenimiento

Para iniciar el mantenimiento predictivo se deberá tener un registro de las condiciones de operación de cada una de las máquinas para saber cómo deben de operar en condiciones normales o iniciales. Partiendo de este registro se utilizarán diferentes técnicas de monitoreo de condiciones para poder predecir cuándo se realizará el siguiente mantenimiento preventivo y dentro de éste, tener el menor impacto en tiempo sabiendo qué es lo que se debe corregir. Así se evitarán costos innecesarios en mantenimientos.

El mantenimiento predictivo es una forma científica de determinar los intervalos en los que se realizarán las revisiones, por lo que se debe realizar un diagnóstico de máquinas para medir la fatiga del equipo, así como sus deterioros y mal funcionamiento sin tener que desarmar la máquina.

Se destinará un recurso a medir todos los cambios en los niveles periódicamente. De esta manera se podrá evitar que un problema chico se convierta en grande.

Las técnicas de monitoreo que se utilizarán serán:

### 1. - Monitoreo Térmico

Con este método se tendrá un monitoreo de las partes eléctricas, así como partes mecánicas en movimiento, como éstas pueden encontrarse a la mano o en difícil acceso, se utilizará una pistola que manda señales infrarrojas y lea la temperatura instantánea.

Se registrará la temperatura de motores, depósitos de aceite hidráulico, tableros de control, las condiciones en los conductores eléctricos, sin olvidar las partes móviles de los equipos. Si la temperatura es elevada en alguno de estos lugares, será un indicador de un mal funcionamiento o un síntoma de falla potencial, al detectarlo se deben revisar las

condiciones de funcionamiento, y tomar acciones para evitar descomposturas o daños graves al equipo.

## 2. - Monitoreo de lubricantes

Se debe registrar todo el equipo hidráulico, como cajas de engranes y reductores de velocidad, las condiciones de aceite; éstas son viscosidad, densidad, contaminantes sólidos y líquidos, coloración y oxidación. Con esto se consigue controlar el deterioro de aceite y al realizar los servicios preventivos se podrá ordenar el cambio para evitar variaciones de las condiciones de operación.

Es importante estandarizar los aceites dependiendo del tipo de uso que tendrá en las diferentes operaciones dentro de la línea y determinar la viscosidad, densidad, contaminantes sólidos y líquidos, coloración y oxidación óptimos para cada operación.

## 3. - Monitoreo de vibraciones

Se deberá utilizar una máquina con impulsos de choque con la cual se podrán generar gráficas que se deberán analizar y tomar acciones en el próximo mantenimiento. Esta máquina se deberá ubicar en todas las piezas rotativas y rodamientos.

Las vibraciones son la principal causa de que los tornillos se aflojen y estos a su vez son los que causan rechazos y desechos de material.

## 4. - Monitoreo de ruidos

Se deberá emplear un estetoscopio para detectar ruidos que se puedan generar por mal acoplamiento o desajuste o ruptura de una parte móvil.

La aplicación del mantenimiento predictivo se limita a los tipos de averías en donde los cambios de los parámetros previamente fijados se pueden detectar y utilizar para predecir averías.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Empleando estos cuatro métodos de monitoreo periódico o constante se podrá predecir el momento en que se debe realizar un mantenimiento preventivo.

Adicional a esto se propone, una vez determinado el momento para hacer un mantenimiento preventivo, programar éste en los tiempos de paro programados, de esta manera se perderá menos tiempo de producción y el impacto de este mantenimiento será menor en costo.

Una vez realizado el diagnóstico de las fallas inminentes e identificar las señales de falla se procederá a la generación de un reporte para analizar las causas que llevaron al deterioro de las condiciones normales de operación.

Se sugiere realizar un mantenimiento autónomo básico (MBET) un poco más robusto, en el cual ahora se incluya además del mantenimiento básico a la máquina, también a los herramientas y dispositivos. Con esto se pretende extender la vida útil de las herramientas, reducir el tiempo por mantenimientos correctivos, predecir fallas antes de que ocurran, reducción de piezas defectuosas.

CONCLUSIONES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

Al realizar este trabajo se encontraron e identificaron las ineficiencias del proceso productivo, al ir avanzando con el sistema, se apreciaba que los problemas se ven interminables y sin soluciones, pero al tomar una teoría como el Mantenimiento Productivo Total, hace cambiar el enfoque, transformando las pérdidas en oportunidades de mejora, visualizando cambios estratégicos que por medio del involucramiento y la participación de toda la organización, se pueden lograr avances sustanciosos, así como, mantener la permanencia de un mercado cada vez más demandante en todos los aspectos.

Al considerar el uso de los indicadores de la eficiencia global del proceso, se notó que el personal deja pasar por alto el uso de registros, verificaciones y el monitoreo, los cuales, ayudan a revisar el pasado, para mejorar el presente y predecir el futuro.

Analizando los diferentes indicadores, se puede notar que el más importante es del índice de calidad, el cual, puede marcar la permanencia en el mercado, si llega una pieza fuera de la especificación al cliente, provocaría su desaprobación y por lo tanto, a los competidores se les da la oportunidad de tomar terreno para desplazarlos rápidamente del mercado.

Cuando se habla de estrategias para las empresas, se busca siempre un beneficio económico, al considerar el uso del mantenimiento productivo total es evidente que se busca reducir costos de producción en todos los sentidos, pero cabe mencionar que es importante el llevar un análisis paralelo del costo de producción, para mostrar los beneficios que nos dará la implantación de este sistema.

Al analizar el área de semiejes, se encontró que no hay límites, por que esta metodología de análisis, se puede llevar a todas las actividades y áreas de la organización. Esta metodología puede fácilmente mostrar las fuerzas y debilidades de una organización mejorando el beneficio mutuo, para lograr la preferencia de los clientes, por ser competitivos en lo que producen.

El uso de mantenimiento autónomo mostró que la participación de la gente se ha incrementado, así como fueron notorios los cambios en su comportamiento, mostrándose más interesados en el conocimiento y dominio de la maquinaria que utiliza.

Al calcular el índice de desempeño se encontró que desgasta el hecho, de luchar con las fallas, pero si logramos eliminar desde la raíz las fallas, se logra trabajar con ritmo y mantener el control del producto

Ahora al calcular el índice de disponibilidad, se distinguió entre un paro programado y un paro no programado, haciendo hincapié en los paros no programados, que son difícilmente controlables y pueden provocar desperfectos en cadena, también se notó que la programación de los volúmenes de producción, bien controlada puede determinar actividades de desarrollo de habilidades de los integrantes de un equipo de trabajo, en donde se pueden intercambiar conocimientos y experiencias, estableciendo sus fuerzas y debilidades a mejorar en un proceso de mejora continua.

Pasando al índice de calidad, esta en función de los índices anteriores por que al controlar los tiempos, volúmenes, ritmos de ejecución, sólo se necesita monitorear este índice para lograr un cero real.

La sugerencia más importante que se ha hecho en este trabajo, es la de agregar controles para evitar la salida de producto terminado defectuoso, debido a que va en riesgo la imagen de la empresa ante el cliente, por ser una pieza para un medio de transporte, puede llegar a implicar la seguridad de vidas humanas.

**Bibliografía**

ENFOQUES MODERNOS DE MANTENCIÓN: LA MANTENCIÓN CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD Y LA MANTENCIÓN PRODUCTIVA TOTAL TPM, Revista Mantenimiento No1, AÑO 1990 –ISS 0716-8616

[www.mantenccion.com/articulos/rev1art1.php3](http://www.mantenccion.com/articulos/rev1art1.php3)

- MANTENCIÓN PRODUCTIVA TOTAL (TPM), Ernesto Gramsh Sanjinés, Revista de Mantenimiento No2. AÑO 1990-91. ISS 0716-8616

[www.mantenccion.com/articulos/rev2art1.php3](http://www.mantenccion.com/articulos/rev2art1.php3)

- EL HOMBRE DE MANTENIMIENTO, Santiago Sotuyo Blanco, Revista Mantenimiento Mundial

[www.mantenimientomundial.com/textos/not-elhombre.htm](http://www.mantenimientomundial.com/textos/not-elhombre.htm)

- “RCM II Reliability-Centered Maintenance”, J. Moubray, Segunda Edición, 1997, pag. 1-6

- MANTENIMIENTO ORIENTADO POR RESULTADOS, C. Idhammar,