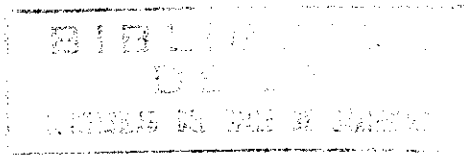


34145



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL -TPM-
PARA EL EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE UNA
FÁBRICA DE CIGARRILLOS**

JUAN ALEJANDRO LÓPEZ GARCÍA

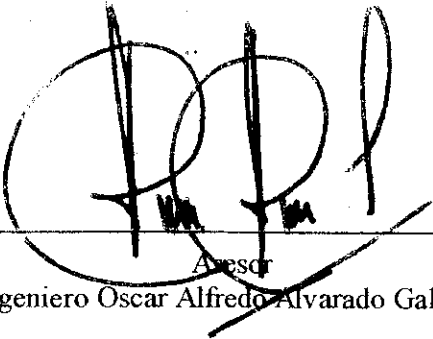
Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico
de Ingeniero Mecánico en el grado de Licenciatura

Guatemala

2000

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL -TPM-
PARA EL EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE UNA
FÁBRICA DE CIGARRILLOS**

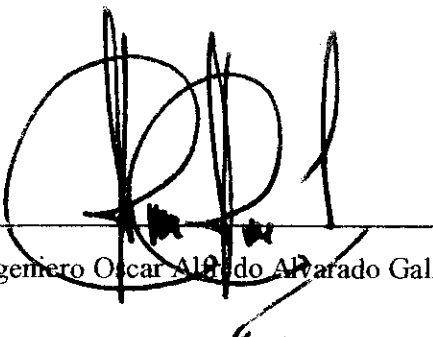
Vo. Bo.



A horizontal line is drawn across the signature. Below the line, the text "Avesor" is written in a small font, and below that, the name "Ingeniero Oscar Alfredo Alvarado Galindo" is printed in a larger font.

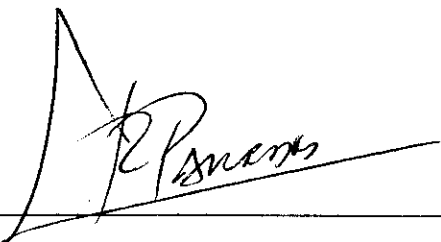
Tribunal:

(F)



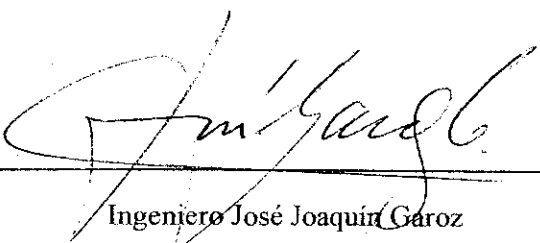
A horizontal line is drawn across the signature. Below the line, the name "Ingeniero Oscar Alfredo Alvarado Galindo" is printed.

(F)



A horizontal line is drawn across the signature. Below the line, the name "Ingeniero Carlos Paredes" is printed.

(F)



A horizontal line is drawn across the signature. Below the line, the name "Ingeniero José Joaquín Garoz" is printed.

Fecha de aprobación: 29 de septiembre, 2000

Resumen

El presente trabajo de graduación plantea una propuesta para el diseño y desarrollo de un sistema de mantenimiento a través de la aplicación de los preceptos del *Mantenimiento Productivo Total –TPM*. Este se desarrollará en la planta de proceso secundario de una fábrica de cigarrillos, lugar donde se elaboran, encajetillan y empacan los cigarrillos, y se aplicará al equipo de producción de la misma.

La proposición del diseño y desarrollo de un sistema de mantenimiento para el equipo de producción de una fábrica de cigarrillos está conformada por la planificación del proyecto, la organización tanto de las personas involucradas en él, como de las funciones que deben realizarse y, finalmente, por la recomendación de la creación de sistemas de control para examinar los avances del mismo. De tal forma que se establezca una estrategia de seguimiento que asegure una implementación, a largo plazo, exitosa.

Inicialmente se presenta un marco histórico de la evolución de las tendencias de mantenimiento a través de los años. Luego se presentan los lineamientos teóricos que brinda el mantenimiento productivo total. Finalmente se plantea el diseño y el programa para el desarrollo del sistema de mantenimiento en la fábrica de cigarrillos.

ÍNDICE

	Páginas
<u>RESUMEN</u>	I
<u>I. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>II. ANTECEDENTES</u>	4
<u>HISTORIA DEL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO</u>	4
<u>a. Primera generación</u>	4
<u>b. Segunda generación</u>	4
<u>c. Tercera generación</u>	5
<u>III. CONCEPTOS BÁSICOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO</u>	
<u>TOTAL</u>	7
<u>IV. CONTEXTO DEL TRABAJO</u>	11
<u>V. DELIMITACIÓN Y FUNDAMENTOS</u>	14
<u>A. PLANIFICACIÓN</u>	15
<u>1. Filosofía de mantenimiento</u>	15
<u>2. Pronóstico de la carga</u>	19
<u>3. Planeación de la Capacidad de mantenimiento</u>	19
<u>4. Organización de mantenimiento</u>	20
<u>5. Programación de Mantenimiento</u>	21
<u>B. ORGANIZACIÓN</u>	22
<u>1. Diseño del trabajo</u>	22
<u>2. Estándares de tiempo</u>	22
<u>3. Administración de proyectos</u>	23
<u>C. ACTIVIDADES DE CONTROL</u>	24
<u>1. Control del trabajo</u>	24
<u>2. Control de Inventario</u>	24
<u>3. Control de costos</u>	25
<u>4. Control de calidad</u>	26
<u>VI. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN UNA FÁBRICA DE CIGARRILLOS</u>	27
<u>A. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DE MANTENIMIENTO EN UNA FÁBRICA DE CIGARRILLOS</u>	27
• <u>Programación de la Implementación del Proyecto:</u>	28

• <u>Definición de Tareas y Responsabilidades</u>	29
• <u>Programación de Mantenimiento</u>	29
• <u>Capacitación</u>	29
• <u>Equipos de Mejora</u>	30
• <u>Sistema de Información y Comunicación</u>	30
1. <u>Filosofía de mantenimiento aplicada</u>	33
a. <u>Mantenimiento correctivo / por avería</u>	33
b. <u>Mantenimiento preventivo</u>	33
i. <u>Basado en el tiempo de uso efectivo</u>	33
ii. <u>Basado en la condición del equipo</u>	33
c. <u>Mantenimiento oportuno</u>	34
d. <u>Descubrimiento de avería</u>	34
e. <u>Modificación de diseño</u>	34
f. <u>Overhaul</u>	35
g. <u>Reemplazo</u>	35
2. <u>Pronóstico de la carga de mantenimiento según los trabajos planificados</u>	35
• <u>Mantenimiento Nivel 1</u>	36
• <u>Mantenimiento Nivel 2</u>	37
• <u>Mantenimiento Nivel 3:</u>	38
3. <u>Planeación de la capacidad de mantenimiento según los recursos a utilizar</u>	38
4. <u>Organización de mantenimiento en fábrica de cigarrillos</u>	44
5. <u>Programación de las actividades de mantenimiento de proceso secundario</u>	50
• <u>Codificación del equipo</u>	51
• <u>Calendarización de actividades de mantenimiento</u>	53
<u>B. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LA FÁBRICA DE CIGARRILLOS</u>	54
1. <u>Diseño y definición de las actividades y procedimientos de manutención del equipo</u>	54
2. <u>Método de definición de estándares de tiempo de las actividades de mantenimiento</u>	59
<u>C. ACTIVIDADES DE CONTROL SUGERIDAS PARA SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</u>	59
1. <u>Control del trabajo</u>	59
<u>VII. RECOMENDACIONES</u>	63
<u>VIII. BIBLIOGRAFÍA</u>	66
A. <u>LIBROS CONSULTADOS</u>	66
B. <u>ARTÍCULOS OBTENIDOS DE INTERNET</u>	67
C. <u>OTROS</u>	67

I. Introducción

El incremento de la competencia en el ámbito industrial, sumado a la demanda de los clientes por productos de alta calidad entregados a tiempo, ha conllevado a una implementación de la automatización por parte de los productores. Esto ha resultado en grandes inversiones en equipo. Para poder alcanzar un razonable retorno sobre la inversión, éste tiene que ser confiable, además de poseer la capacidad de ser mantenido de tal forma sin mayores gastos por paros de trabajo o reparaciones.

Muchas compañías han implementado programas que siguen la metodología de “justo a tiempo” (Just in Time –JIT) y se encuentran trabajando con índices de trabajo en proceso tan bajos, que no existen reservas de inventario a las que se pueda recurrir en caso ocurriera un paro prolongado.

Estos dos desarrollos han puesto en evidencia la importancia del papel que desempeña el mantenimiento como una actividad clave en organizaciones manufactureras. Para producir un nivel de calidad alto, el equipo productivo tiene que operar según las especificaciones alcanzables a través de acciones de mantenimiento realizadas oportunamente.

Actualmente, el objetivo principal de un sistema productivo es maximizar las ganancias al aprovechar las oportunidades de mercado disponibles. Otro propósito importante, derivado del anterior, concierne a los aspectos económicos y técnicos involucrados en el proceso de conversión. Los sistemas de mantenimiento coadyuvan a

alcanzar estas metas al incrementar las ganancias y la satisfacción del consumidor. Esto se logra si se minimizan los tiempos de paro de la planta, y se mejora la calidad, se incrementa la productividad y se entregan puntualmente los pedidos a los clientes.

La importancia que ha adquirido el mantenimiento oportuno de las maquinas productivas hace que la necesidad del diseño y desarrollo de un plan adecuado de *mantenimiento productivo total -TPM¹* sea indiscutible en cualquier industria que realice procesos de manufactura, ya sea de todos o algunos de los productos que comercializa. Es decir, la elaboración de un plan de mantenimiento, se justifica con creces debido a los beneficios listados anteriormente.

Guatemala no es la excepción; la industria crece cada vez más. Las exigencias del cliente han aumentado debido a un incremento en la competencia de varios productos con el mismo mercado como objetivo. Por esto, un plan de mantenimiento preventivo, basado en los principios del *T.P.M.*, es necesario para poder tener máquinas en óptimo estado, de modo que permitan la producción de artículos de la más alta calidad posible, en un tiempo requerido por el consumidor, en un ambiente de trabajo limpio y seguro.

Los objetivos principales del presente trabajo de graduación se presentan a continuación:

¹ T.P.M.: Esta abreviación proviene de las siglas en inglés para *Total Productive Maintenance*.

a. Generales

- Brindar una visión amplia y global de las tendencias actuales en el tema del mantenimiento y sostén de la maquinaria y equipo que forma parte de un proceso de producción.
- Indicar los pasos a seguir en el diseño y desarrollo de un sistema de *mantenimiento productivo total*, así como profundizar en ellos, de tal forma que se conceptualice el proceso de la concepción de un plan de mantenimiento integrado.

b. Específicos

- Mostrar y entender todos los factores que influyen en el diseño de un sistema de *mantenimiento productivo total*.
- Iniciar el diseño de un plan de mantenimiento para una fábrica productora de cigarrillos si se siguen los lineamientos de los sistemas de *mantenimiento productivo total*.
- Plantear un modelo que involucre al personal operativo y de mantenimiento de una fábrica de cigarrillos en un proyecto de mantenimiento productivo total.
- Proporcionar los pasos a seguir en el desarrollo de dicho plan de mantenimiento.

II. Antecedentes

Historia del desarrollo del Mantenimiento

A través del tiempo las tendencias de manutención del equipo han ido evolucionando conforme lo ha hecho la ideología administrativa de las organizaciones productivas. Los sistemas de mantenimiento se han convertido en un factor de gran importancia para alcanzar los objetivos y metas organizacionales. Estos pueden ser clasificados de la siguiente manera, según los avances evolutivos que han tenido desde su aparición.

a. Primera generación

Anteriormente, se daba mantenimiento a una máquina hasta que su utilización era imposible debido a las pésimas condiciones en que se encontraba. Esta situación se prolongó hasta antes de la Segunda Guerra Mundial. La industria de aquellos tiempos no estaba altamente mecanizada ni automatizada, razón por la cual los tiempos muertos no eran relevantes en el proceso productivo de las organizaciones manufactureras.

b. Segunda generación

Las tendencias evolucionaron. En la década de 1950 se inició el desarrollo de programas de lubricación y de observaciones clave para prevenir daños en los equipos. Esto ayudó a reducir los tiempos muertos. Sin embargo, era una alternativa costosa

debido a que muchas partes eran reemplazadas después de un ciclo determinado, cuando realmente su estado les habría permitido brindar un funcionamiento adecuado por un período más largo del que inicialmente se había estipulado.

c. Tercera generación

A partir de 1960 se han establecido nuevos conceptos que determinan un enfoque más profesional. El mantenimiento, visto como un sistema, tiene una función clave en el logro de las metas y objetivos organizacionales. Este contribuye a reducir costos, minimizando el tiempo muerto del equipo, que mejora la calidad, incrementa la productividad y brinda equipo seguro y confiable que, bajo las especificaciones adecuadas, pueda cumplir con los requerimientos de entrega oportuna de las órdenes a los clientes. Además, una organización de mantenimiento juega un papel importante en la minimización del costo del ciclo de vida útil del equipo. La disponibilidad de la planta y la eficiencia del equipo tienen que ser maximizadas para poder alcanzar el retorno previsto sobre la inversión realizada. Todos estos conceptos pueden reunirse y expresarse en un solo término que ha tomado gran importancia en la actualidad y que constituye el fundamento principal del presente trabajo; *TPM*.

La función del mantenimiento en la obtención de ganancias, a largo plazo, de una organización se ha manifestado en el pasado, pero, hasta hace poco tiempo, se ha prestado poca atención a los modelos analíticos de los sistemas de mantenimiento. A pesar del reconocimiento que se les ha dado, estos no se encuentran tan desarrollados e integrados en el ámbito administrativo y de ingeniería como lo está el manejo de

proyectos y de sistemas de producción. Estos temas han sido estudiados extensamente. Por este motivo, la aplicación de optimización y de técnicas estadísticas en estas áreas ha madurado a un grado mayor que en el campo del mantenimiento. Las probables razones para ésto se presentan a continuación:

1. Tradicionalmente, el mantenimiento ha sido considerado como un mal necesario y, en el mejor de los casos, como un sistema manejado por producción.
2. El mantenimiento en una organización tiene relaciones complejas con otras funciones.
3. El rendimiento del mantenimiento es difícil de medir y cuantificar.

Esta situación ha cambiado y la última década ha sido testigo de un interés sin precedente en la investigación del tema de mantenimiento hasta llegar al desarrollo de las tendencias actuales que comprenden el mantenimiento productivo total.

Para la implementación exitosa de cualquiera de las estrategias actuales de mantenimiento deseadas debe haber un cambio cultural en la organización para que todo el nivel administrativo las visualice como un medio para aumentar la productividad, mejorar el desempeño, alcanzar la rentabilidad y minimizar los tiempos muertos. El mantenimiento, como cualquier otra área en una organización, debe implementar nuevas filosofías de mejora continua y fomentar la participación total del personal. Uno de los objetivos consiste en transformar la actitud de todos los miembros de la comunidad industrial, a manera de erradicar la suposición de que los departamentos de mantenimiento pueden trabajar como una fuerza solitaria para garantizar la confiabilidad del equipo.

III. Conceptos básicos del Mantenimiento Productivo Total

T.P.M.: Filosofía que propone un sistema de mantenimiento integrado a las actividades productivas de una fábrica con la colaboración de todas las personas involucradas en el proceso. Las iniciales provienen del nombre en inglés para Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance).

Disponibilidad: La habilidad de un equipo de realizar exitosamente su función requerida en un instante determinado o a lo largo de un período establecido.

Avería: Falla que provoca que el equipo no esté disponible.

Mantenimiento basado en la condición: El mantenimiento preventivo iniciado como resultado del conocimiento de las condiciones observadas del equipo, a través de inspecciones rutinarias o continuas.

Control de condición: La medición continua o periódica de parámetros de funcionamiento de la maquinaria y la interpretación de la información obtenida de ella, para inferir la condición del equipo y determinar así su necesidad de mantenimiento.

Mantenimiento correctivo: Llevado a cabo después que una falla ha ocurrido. Va dirigido a restaurar el equipo a un estado tal, que éste pueda realizar su función requerida.

Mantenimiento de emergencia: Requerido para evitar serias consecuencias, tales como pérdidas de tiempo de producción y condiciones de trabajo inseguras.

Falla: El fin de la habilidad del equipo para realizar su función requerida.

Defecto: Una desviación de los requerimientos inesperada que garantiza una acción correctiva.

Retroalimentación: Un reporte del éxito o fracaso de una acción para alcanzar los objetivos deseados. Éste puede ser utilizado para mejorar un proceso.

Paro forzado: Es cuando un equipo es sacado fuera de servicio debido a un paro imprevisto.

Inspección: El proceso de medir, examinar, probar, calibrar o cualquier forma de detectar alguna desviación de las especificaciones.

Mantenibilidad: Habilidad del equipo, bajo condiciones de uso establecidas, de ser mantenido o restaurado, a condiciones en las que pueda realizar las funciones requeridas. Cuando el mantenimiento se hace en ciertas condiciones se utilizan procedimientos y recursos prescritos.

Mantenimiento: Combinación de todas las acciones técnicas y las asociadas a estas, a través de las cuales el equipo o un sistema es mantenido o restaurado a un estado en el cual puede llevar a cabo las funciones que le fueron designadas.

Historial de mantenimiento: Un registro histórico que muestra reparaciones, repuestos, etc. Se utiliza para asistir la planificación del mantenimiento.

Programa de mantenimiento: Una extensa lista de artículos (equipo) y las tareas de mantenimiento requeridas, al incluir los intervalos durante los cuales el mantenimiento debería ser realizado.

Overhaul: Una amplia inspección y restauración del equipo, o de la mayor parte de éste, para alcanzar una condición de funcionamiento aceptable.

Mantenimiento planificado: Mantenimiento organizado y llevado a cabo con premeditación, control y el uso de registros para cumplir con un plan predeterminado.

Mantenimiento preventivo: Mantenimiento llevado a cabo en intervalos predeterminados o destinado a minimizar la probabilidad de falla o la degradación del desempeño del equipo.

Mantenimiento predictivo: Hace uso del mantenimiento basado en la condición, a través de herramientas modernas para el diagnóstico del equipo, de tal forma que éstas nos informen de ciertos parámetros de funcionamiento del equipo que nos permitan predecir cuando éste va a fallar y, por lo tanto, poder decidir hacer alguna acción de corrección antes que esto suceda.

Mantenimiento proactivo: Enfoque llevado a cabo sistemáticamente, para detectar y corregir las aberraciones de raíz, o causas que llevan a una falla inminente. La longevidad de los componentes del sistema puede ser extendida si se mantienen los parámetros de causas de fallas entre los límites aceptables, a través de la práctica de “detección y corrección” de las anomalías causantes de problemas. Cuando éstas ocurren los parámetros de causas pueden resultar en la siguiente secuencia de eventos:

- Deterioro de material o fluido;
- Degradación del desempeño;
- Pérdida total en la funcionalidad de los componentes o del sistema.

Reacondicionamiento: Trabajo exhaustivo cuyo objetivo es hacer que el equipo alcance nuevamente condiciones aceptables de funcionamiento, frecuentemente incluyendo remodelaciones o mejoras.

Reparación: La restauración del equipo a una condición aceptable, por medio del reacondicionamiento, reemplazo o restablecimiento de piezas gastadas o estropeadas.

Restauración: Acciones de mantenimiento intencionadas a devolver al equipo sus condiciones originales.

Mantenimiento en línea: Mantenimiento que puede ser llevado a cabo mientras que el equipo se encuentra en funcionamiento.

Mantenimiento programado: El mantenimiento preventivo realizado en un intervalo de tiempo predeterminado, después de un número establecido de operaciones, millas, horas, etc.

Mantenimiento de paro: Este tipo de mantenimiento sólo puede ser llevado a cabo cuando el equipo se encuentra fuera de servicio.

Existencia de repuestos: Artículos disponibles para propósitos de mantenimiento o para el reemplazo de partes defectuosas.

Orden de trabajo: Una instrucción escrita que especifica el trabajo a realizar. En ella pueden ser incluidos detalles de repuestos, requerimientos de recurso humano, observaciones generales de la condición del equipo, etc.

Requisición de trabajo: Un documento que solicita la realización de un trabajo.

Especificación de trabajo: Un documento que describe la forma en que el trabajo ha de realizarse. Puede definir los materiales, herramientas, estándares de tiempo y procedimientos.

IV. Contexto del Trabajo

El presente trabajo será llevado a cabo en una fábrica de cigarrillos como parte del diseño, desarrollo e implementación de un programa de mantenimiento productivo total. Éste empezará inicialmente en la planta de proceso secundario, lugar donde se elabora, encajetilla y empaqueta el cigarrillo. Sin embargo, solamente abarcará el diseño y desarrollo del proyecto mencionado, ya que su implementación total y seguimiento, en una fábrica de gran tamaño, es cuestión de varios años. Para una mejor comprensión del contexto en el que será realizado, se presenta a continuación un resumen del proceso de producción de cigarrillos.

Este comprende varias partes. La primera de ellas es el proceso de desvenado. La finalidad de éste es separar la vena o tallo en la hoja del tabaco de la lámina libre. El tabaco es recibido y clasificado para luego ser pasado por una máquina desvenadora. Seguidamente éste es pasado por separadores. Luego el tabaco es resecado, enfriado, reacondicionado, prensado en una prensa hidráulica, empacado y almacenado en bodegas, ya sea para su exportación o para su uso en proceso primario.

En proceso primario, el tabaco se recibe y pesa. Se realizan mezclas y se adicionan saborizantes para dar características especiales según el cigarrillo que se fabrique. El tabaco se pasa a través de un detector de metales para luego ser acondicionado con incremento de su temperatura y humedad para darle soltura y flexibilidad y evitar así la degradación del mismo durante el proceso. Subsiguientemente se pica la lámina para

convertirla en hebra, producto terminado de esta parte del proceso que consiste en una especie de viruta de tabaco. Posteriormente se le aplican aromatizantes y se lleva finalmente a una sala de almacenamiento. De allí es enviada por medio de tubos de vacío al proceso secundario.

La sección final del proceso, lugar donde se desarrollará el presente trabajo, se subdivide en tres partes:

- Elaboración de filtros
- Elaboración de cigarrillos
- Empaque

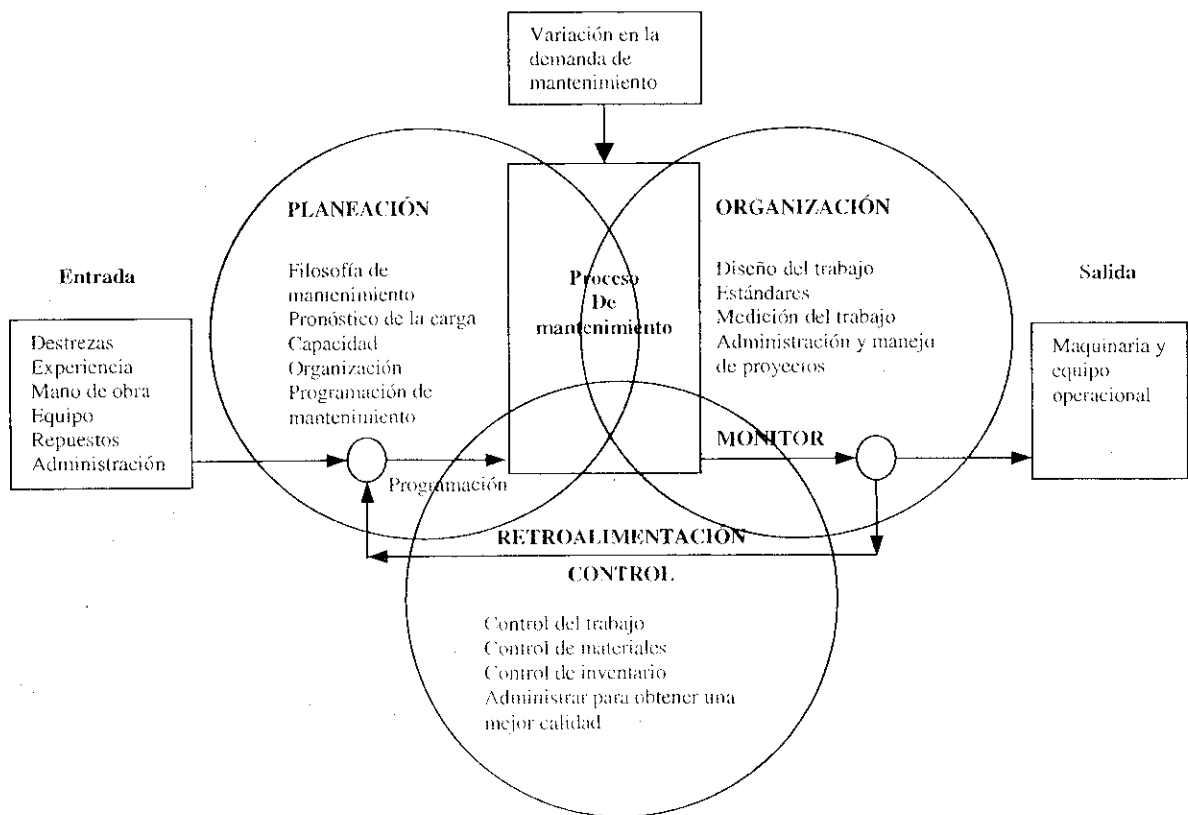
El tabaco llega a través de tuberías de succión a las máquinas elaboradoras, donde es envuelto en papel para luego colocarle filtro y producir así los cigarrillos. El filtro es hecho previamente en las filtradoras y está conformado por un material denominado Tow enrollado en papel. A continuación los cigarrillos pasan a las máquinas encajetilladoras, donde se forman las cajetillas. Estas continúan hacia las empaquetadoras, donde se agrupan en paquetes que contienen diez cajetillas. Finalmente estos se meten en cajas más grandes y son almacenados en la bodega de producto terminado para su posterior despacho, a través de una compleja estructura de logística, hacia los clientes.

Vale la pena mencionar en este punto que, los datos relacionados con la capacidad de producción de la fábrica y los tipos de maquinaria con que se cuenta son confidenciales debido a políticas empresariales de seguridad. Por tanto el presente trabajo tomará la forma de un modelo para el diseño de un sistema de mantenimiento

productivo total y el programa de desarrollo del mismo. Sin embargo, los datos que aquí se presentan constituyen una base realista y confiable del trabajo que realmente se está haciendo en la compañía para la implementación del diseño y desarrollo del plan que se plantea a continuación, primero en términos generales y luego específicamente para el lugar donde se trabaja.

V. Delimitación y fundamentos

Un sistema de mantenimiento puede ser visualizado como un simple modelo al cual ingresa cierta información y da como resultado una salida determinada. Los datos para un modelo tal son; trabajo, administración, herramientas, repuestos, equipo y así sucesivamente. El resultado; equipo que funciona correctamente, confiable y configurado de tal forma, que se alcance la operación planificada de la planta. Esto nos permite optimizar los recursos para la optimización de los resultados de un sistema de mantenimiento. Un sistema típico de mantenimiento se muestra en la siguiente figura.



En ella se muestran las actividades necesarias para hacer un sistema funcional, es decir,

- a. Planificación
- b. Organización
- c. Control

A. Planificación

La planificación de actividades generalmente incluye lo siguiente:

1. Filosofía de mantenimiento
2. Pronóstico de la carga
3. Planeación de la Capacidad de mantenimiento
4. Organización de mantenimiento
5. Programación de mantenimiento

A continuación se describirán brevemente estas actividades:

1. Filosofía de mantenimiento

La filosofía de mantenimiento de una planta es, básicamente, mantener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y de la disponibilidad de la misma, sin comprometer la seguridad. Las siguientes estrategias, aplicadas en una mezcla adecuada y en la manera correcta, pueden jugar un papel importante en la obtención de esta filosofía.

- a. *Mantenimiento correctivo / por avería*
- b. *Mantenimiento preventivo*
 - i. *Basado en el tiempo de uso efectivo*
 - ii. *Basado en la condición del equipo*
- c. *Mantenimiento oportuno*
- d. *Descubrimiento de avería*
- e. *Modificación de diseño*
- f. *Overhaul*
- g. *Reemplazo*

a. *Mantenimiento correctivo / por avería*

Este tipo de mantenimiento sólo se utiliza cuando el equipo es incapaz de seguir en operación. No existe ningún elemento de planificación en él. Se utiliza cuando el costo de otro tipo de mantenimiento es injustificable. Esta estrategia se denomina “trabaja hasta que falla”. Se aplica principalmente a componentes electrónicos.

b. *Mantenimiento preventivo basado en el tiempo o uso*

Es aquel tipo de mantenimiento planificado realizado para contrarrestar fallas potenciales. Puede ser implementado basándose en el uso o en la condición del equipo. Se lleva a cabo ya sea según el tiempo (al utilizar un calendario), o el uso (al controlar las horas-máquina). Necesita un nivel alto de planificación. Tanto las rutinas específicas que han de llevarse a cabo, como sus respectivas frecuencias de realización son

conocidas. Para determinar la frecuencia es imperativo tener conocimiento extenso de los tipos de falla o de la confiabilidad del equipo.

c. Mantenimiento preventivo basado en la condición

Es llevado a cabo de acuerdo a los conocimientos disponibles de la condición de funcionamiento del equipo. El estado de éste es determinado al inspeccionar parámetros clave, cuyos valores se ven notablemente afectados por las condiciones en que trabaja. Esta estrategia también es conocida como mantenimiento predictivo.

d. Mantenimiento oportuno

Como el nombre lo dice, este tipo de mantenimiento es efectuado cuando la oportunidad se presenta. Estas pueden presentarse durante períodos de paro de un sistema particular y puede ser utilizada para hacer actividades de mantenimiento previamente conocidas.

e. Descubrimiento de fallas

Se fundamenta en inspecciones realizadas para evaluar la cantidad de fallas que haya que corregir. Un ejemplo de este tipo de mantenimiento podría ser la revisión de la llanta de repuesto antes de emprender un largo viaje.

f. Modificación del diseño

Utilizada para hacer que el equipo, y las partes que lo componen, funcione en condiciones de trabajo aceptables. Involucra mejoras y, ocasionalmente, expansión en capacidad y producción.

g. Overhaul

Comprende una inspección extensa y la restauración a una condición aceptable de la maquinaria o de la mayoría de sus partes. Es usualmente una tarea más grande que las anteriores.

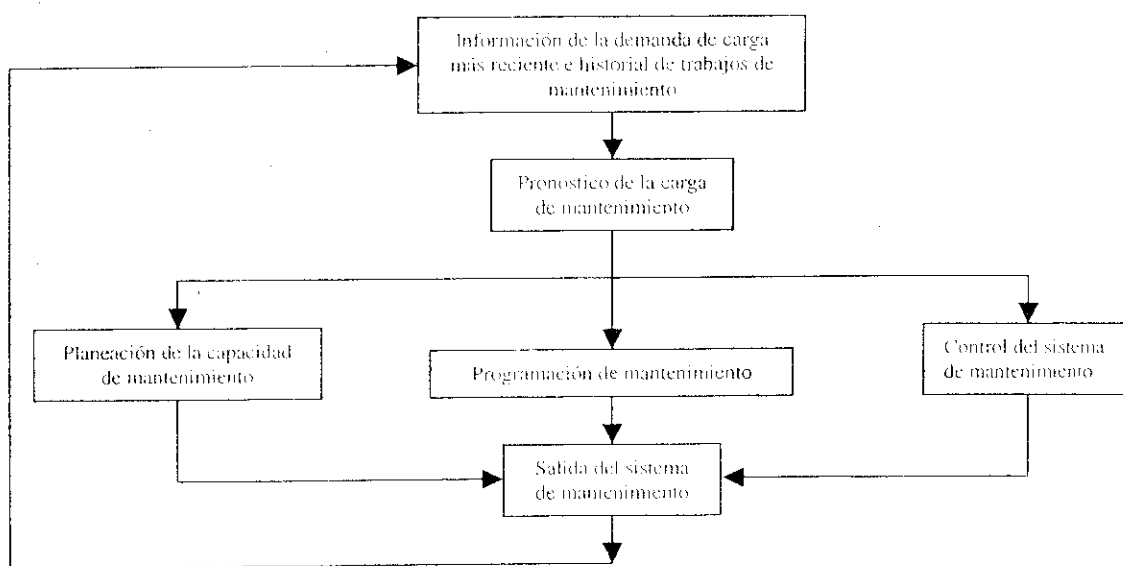
h. Reemplazo

Esta estrategia involucra la sustitución del equipo en lugar de hacerle mantenimiento. Puede tratarse de un reemplazo planificado o de uno por falla.

Cada una de las estrategias de mantenimiento mencionadas juega un papel importante en la operación de la planta. Probablemente la filosofía más eficiente es la mezcla óptima de ellas. El tamaño de la planta, su nivel de operación planificado y la estrategia de mantenimiento aplicada, ayudan a determinar la carga o el resultado deseado de un sistema de mantenimiento.

2. *Pronóstico de la carga*

Es el proceso a través del cual la carga de mantenimiento es predicha. Esta varía en forma aleatoria en una fábrica determinada. Puede estar en función de la antigüedad del equipo, la razón a la cual es usado, la calidad de mantenimiento que se le brinda, factores climatológicos e incluso las habilidades y destrezas de los trabajadores. La predicción de la carga es esencial para alcanzar un nivel deseado de efectividad y utilización de recursos. El diagrama presentado a continuación ilustra el papel que ésta desempeña en un sistema de mantenimiento.



3. *Planeación de la Capacidad de mantenimiento*

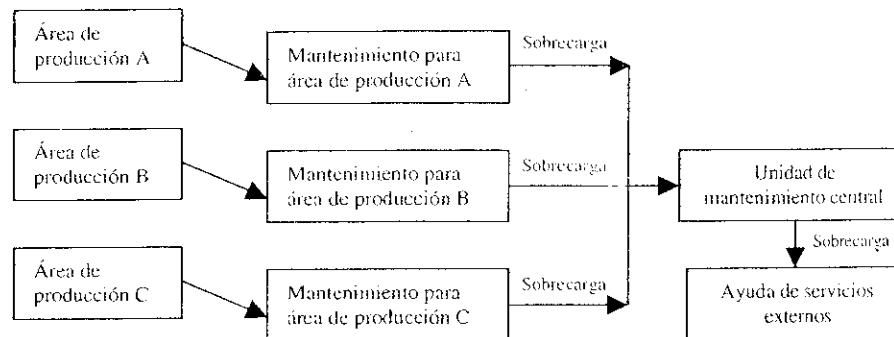
Determina los recursos necesarios para cumplir con la demanda de trabajo. Estos incluyen mano de obra, materiales, repuestos, equipo y herramientas. Algunos de los aspectos críticos que hay que tomar en cuenta para la planeación son la cantidad y

destreza del personal con que se cuenta, las herramientas de mantenimiento requeridas, repuestos, etc. El número exacto de personas (con una especialización prevista) no puede ser determinado debido a que la carga de mantenimiento es una variable aleatoria. Es por esta razón que, si no se tienen predicciones acertadas sobre la demanda futura de trabajo, no es posible la planeación apropiada a largo plazo de la capacidad. Para mejorar la utilización de sus recursos laborales las organizaciones tienden a contratar menos personal del necesario. Esto resulta en la acumulación de tareas pendientes de finalización. Estas actividades pueden ser completadas haciendo que los trabajadores trabajen horas extra o contratando servicios externos. Otra manera de realizar las labores pendientes, es cuando la carga es menor que la capacidad. Esta es la razón primordial para mantener una reserva de trabajos pendientes.

4. Organización de mantenimiento

El mantenimiento puede ser organizado en un departamento, como parte de un área o en una forma centralizada, al depender de la carga, el tamaño de la planta, experiencia del personal, etc. Cada tipo de organización tiene sus ventajas y desventajas. En organizaciones de gran tamaño la descentralización de las funciones puede producir un tiempo de respuesta menor y permitir que los trabajadores se familiaricen más con los problemas de una sección de la planta en particular. Por otro lado, la creación de unidades pequeñas tiende a reducir la flexibilidad del sistema como un todo. El rango de habilidades se reduce y la utilización de mano de obra es menor que en una unidad centralizada. Una de las soluciones que se puede llegar a implementar es un sistema de

“cascada”. Este (mostrado a continuación) permite que las unidades de mantenimiento de un área de producción estén ligadas al mismo tiempo con la unidad central.



5. Programación de Mantenimiento

Es el proceso de asignación de recursos y fuerza laboral, a trabajos que tienen que ser cumplidos en ocasiones determinadas. Antes que una tarea de mantenimiento pueda ser planificada, es necesario asegurarse que se cuente con la disponibilidad requerida de mano de obra, materiales y repuestos. Los equipos críticos de una planta son aquellos cuya falla puede provocar un paro en el proceso de producción o poner en peligro la seguridad de los trabajadores. La reparación correspondiente a esta maquinaria es tratada según prioridades y es realizada antes que cualquier otra. La efectividad de un sistema es influenciada, en gran parte, por el programa desarrollado y su habilidad de adaptarse a cambios imprevistos. Un alto nivel en la efectividad de la programación de mantenimiento es indicativo de un alto nivel en la efectividad.

B. Organización

Para organizar un sistema de mantenimiento se necesita lo siguiente:

1. Diseño del trabajo
2. Estándares de tiempo
3. Administración de proyectos

Los sistemas de mantenimiento actuales son manejados por órdenes de trabajo, las cuales son emitidas por departamentos de producción. Estos documentos describen el trabajo, su ubicación, la especialización requerida y la prioridad del trabajo.

1. Diseño del trabajo

Comprende el contenido de cada tarea y determina el método a utilizar, las herramientas necesarias y el tipo de especialización requerida de la mano de obra.

2. Estándares de tiempo

Después que las tareas de mantenimiento han pasado por la etapa de diseño es necesario establecer límites de duración para el cumplimiento de las mismas. Para poder establecer parámetros realistas es necesario controlar y aumentar la efectividad de los trabajadores para, de esta forma, disminuir los tiempos muertos en la fábrica. No es necesario tener un período definido para todos los trabajos, ya que puede darse el caso que el 20% de éstos consuma aproximadamente el 80% del tiempo disponible para

operaciones de mantenimiento. Los esfuerzos deben concentrarse en delimitar el intervalo de aquellas asignaciones que son más tardadas. El establecimiento de estándares de tiempo para las tareas de mantenimiento es sumamente importante para el pronóstico y desarrollo del programa.

3. Administración de proyectos

En la mayoría de fábricas grandes se llevan a cabo periódicamente mantenimientos preventivos u overhauls mayores. Toda la planta, o por lo menos parte de ella, se encuentra parada. Con la visión de minimizar los tiempos muertos, resulta ventajoso planificar y esquematizar el trabajo para realizar el mejor uso de los recursos disponibles. La administración de proyectos involucra el desarrollo de redes de actividades y la posterior utilización de técnicas como el método de trayectorias críticas (CPM²) o la técnica de inspección y evaluación de programas (PERT³). Después de desarrollar una red que incluya tiempo de paro causado por el trabajo a realizar, la secuencia de las tareas, estimación de tiempos para cada actividad, etc. se puede proceder a programar las actividades para determinar la mejor utilización de los recursos disponibles.

² CPM: Proviene de las siglas del nombre en inglés: "Critical Path Method"

³ PERT: Proviene de las siglas del nombre en inglés: "Program Evaluation and Review Technique"

C. Actividades de Control

Una parte esencial de la administración científica es el control, el cual incluye lo siguiente:

1. Control del trabajo
2. Control de Inventario
3. Control de costos
4. Control de calidad

1. Control del trabajo

El sistema de mantenimiento es manejado por la demanda existente de tareas a realizar. La filosofía adoptada influye en gran parte en la carga de trabajo. El manejo y control de las actividades son esenciales para alcanzar los planes establecidos. El sistema de órdenes de trabajo es utilizado como herramienta para controlar las asignaciones. Una orden de trabajo bien diseñada, con un sistema de retroalimentación bien establecido, es el corazón del sistema.

2. Control de Inventario

Como se mencionó anteriormente, es muy importante asegurar la disponibilidad de los repuestos y materiales requeridos para poder programar tareas. El hecho que cada repuesto esté en el lugar preciso en el momento correcto es físicamente imposible y económicamente impráctico. Por esto se mantienen inventarios de seguridad. El control

de inventarios es la técnica que mantiene repuestos y materiales en las cantidades deseadas. Es esencial para asegurar la existencia y mantener un nivel de repuestos óptimo y que minimicen los costos de almacenaje y los gastos en los que se incurre si los repuestos necesarios no están disponibles.

3. *Control de costos*

El costo por mantenimiento tiene varios componentes entre los cuales deben mencionarse los siguientes:

- Mantenimiento directo
- Producción perdida
- Degradación del equipo
- Equipo de apoyo
- Costos por mantenimiento excesivo

El control de costos trabaja en función a la filosofía adoptada, el patrón de operación, tipo de sistema, procedimientos y estándares utilizados por la organización. Es un componente principal en el ciclo de vida del equipo. El control de costos optimiza todos los gastos realizados si se alcanzan, al mismo tiempo, objetivos organizacionales establecidos tales como disponibilidad, razón de calidad y otras medidas de efectividad, eficiencia y ahorro. La reducción y regulación de gastos es una estrategia competitiva que puede ser utilizada en el aprovisionamiento de productos y servicios.

4. Control de calidad

Es ejercido mediante la medición y comparación de las características del producto final o del servicio con las especificaciones preestablecidas. El mantenimiento puede ser visto como un proceso y la calidad del trabajo final tiene que ser controlada. La calidad puede ser evaluada como el porcentaje de trabajos aceptados de acuerdo a los parámetros adoptados por la organización. Para asegurar una alta calidad es necesaria la inspección y supervisión de los trabajos de mantenimiento más críticos. Vemos pues como las actividades y tareas de manutención del equipo influyen directamente en la calidad del producto que se fabrique. Un equipo en óptimas condiciones permite producir un producto con mejores características, cuyo índice de desviación de los estándares de producción sea mínimo.

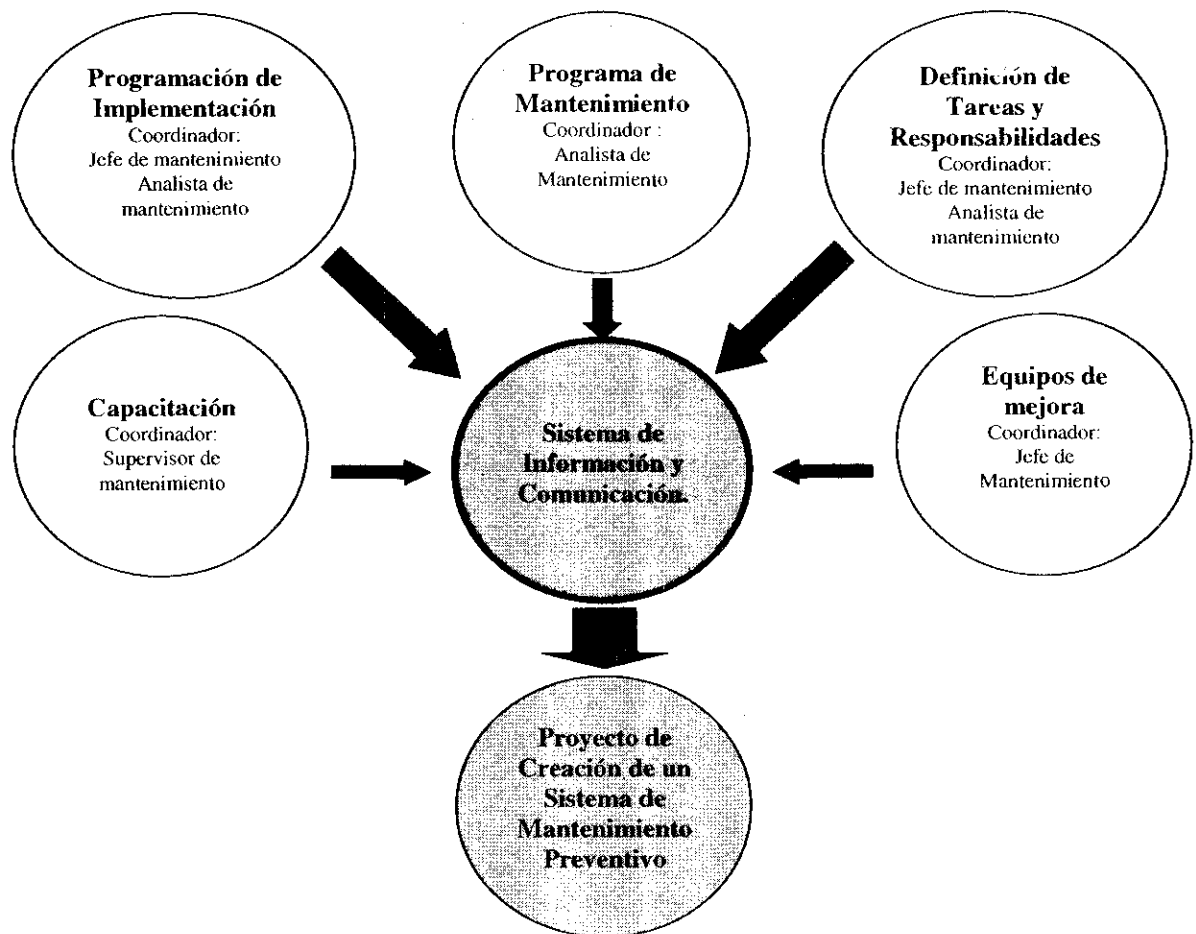
VI. Diseño y Desarrollo de un Plan de Mantenimiento en una Fábrica de Cigarrillos

El diseño de un plan de mantenimiento es un proceso complejo y prolongado que consta de varias etapas. Estas pueden variar según las necesidades de la fábrica en que se apliquen. En el presente trabajo, se realizaron los siguientes pasos para la creación del plan de mantenimiento de una empresa productora de cigarrillos.

A. Planificación del Proyecto de Mantenimiento en una Fábrica de Cigarrillos

El primer paso en el desarrollo de un plan exitoso de mantenimiento programado consiste en seleccionar a un grupo de personas que lo diseñe y desarrolle. Uno de los puntos importantes es la definición de una sola persona como líder, además de la integración de un equipo de personas, que puede estar conformado por el departamento de mantenimiento, para la colaboración en la realización de las tareas requeridas para el desarrollo del plan en cuestión. Otro factor vital es el apoyo y compromiso de la gerencia para la implementación. Es necesario que se defina y establezca una infraestructura sólida para la mejor organización de las personas que forman parte del conjunto que dirigirá al equipo de mantenimiento en el presente proyecto. Es decir, deben crearse grupos de trabajo con funciones específicas bien definidas y distintas para cada uno para que no exista conflicto de obligaciones. Esto conlleva a la definición y asignación de

responsabilidades y autoridades. A continuación se presenta un diagrama que muestra la estructura asignada para el funcionamiento del grupo de implementación del proyecto y una explicación de lo que esto implica.



- **Programación de la Implementación del Proyecto:**

Estudio de las condiciones actuales de la fábrica para poder determinar un plan de acción específico y establecer un sistema de mantenimiento. Llegado el momento, realiza un análisis de estado del proyecto y controla los avances o retrasos del mismo.

Considera su rentabilidad y estudia las posibilidades de expansión tanto para las otras partes del proceso como para otras divisiones de la fábrica donde un sistema de mantenimiento sea requerido.

- **Definición de Tareas y Responsabilidades**

Este nivel de la organización establecida define todas las actividades a realizar y la asignación de recursos para su desarrollo e institución. Es responsable de dar seguimiento a cada tarea individual para su desarrollo exitoso.

- **Programación de Mantenimiento**

Parte de las actividades definidas se refiere a la manutención del equipo. Para una mejor distribución de éstas es necesaria la programación de mantenimiento en fechas específicas definidas en coordinación con los requerimientos de funcionamiento de la maquinaria para producir cigarrillos. En otras palabras, es necesario definir un plan de mantenimiento con actividades y fechas fijadas.

- **Capacitación**

Para asegurar el funcionamiento adecuado de todas las tareas planificadas, es esencial contar con el personal adecuado. Para ésto, se establece la rama de capacitación en el organigrama presentado anteriormente. Esta se refiere no sólo a capacitación en el ámbito profesional sino también en el personal a través del establecimiento de objetivos individuales y cursos que ayuden a alcanzar los mismos. De esta manera se crea un ambiente de motivación en el empleado que estimula un mejor rendimiento.

- **Equipos de Mejora**

El proyecto definido en este trabajo debe tener como fundamento los principios filosóficos del mejoramiento continuo. Por esto es necesario definir esta clase de equipos que se dediquen a la búsqueda constante de mejores alternativas para realizar las actividades.

- **Sistema de Información y Comunicación**

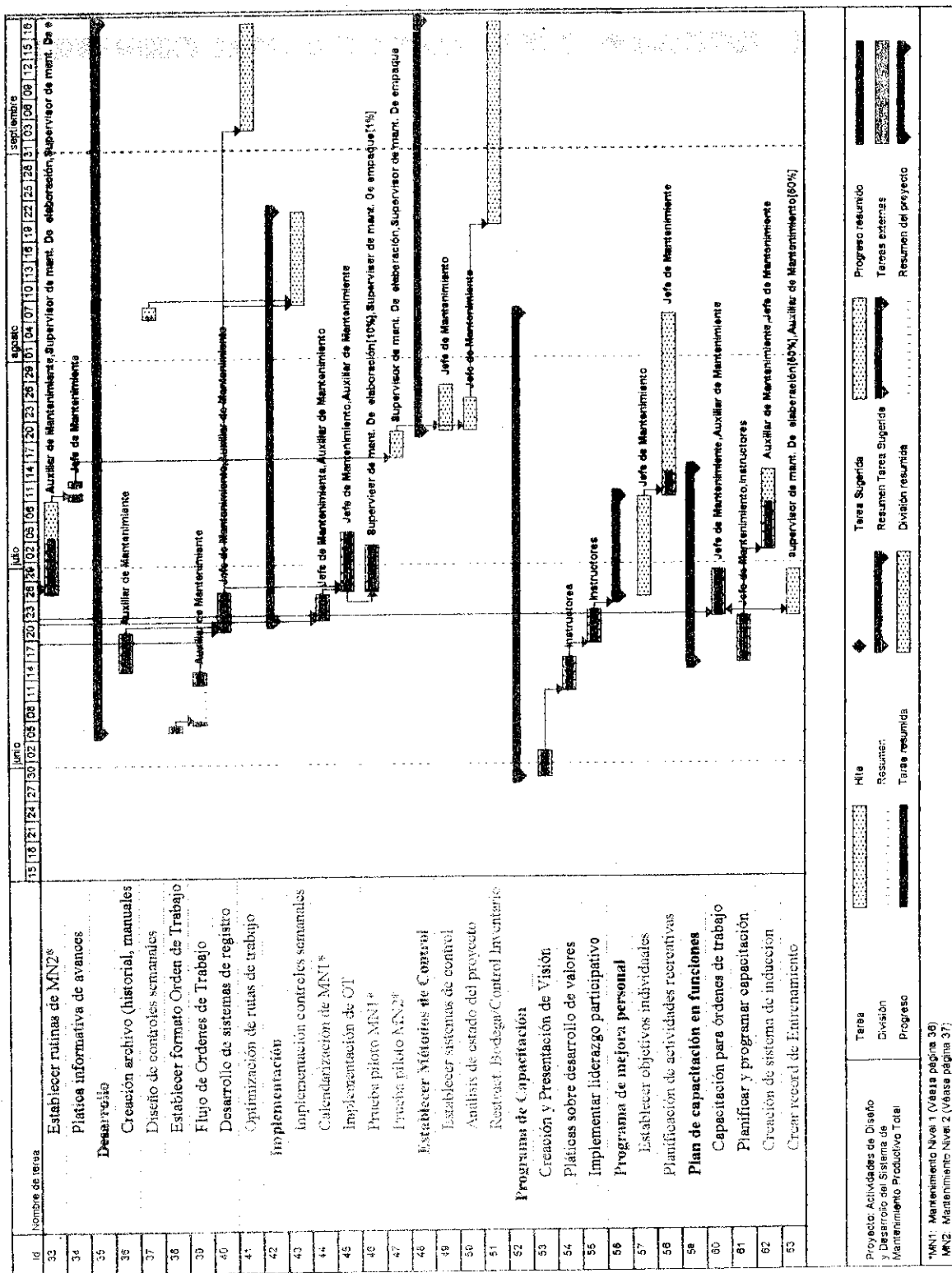
Cada uno de los puntos tratados anteriormente necesita de algún elemento que los vincule para que sea posible su funcionamiento como un conjunto de acciones tomadas para alcanzar un objetivo común. Este elemento tan importante es la comunicación e información. Este punto pareciera muy sencillo, sin embargo en la práctica surgen inconvenientes inevitables y difíciles de evitar. Para tratar de saltar estos obstáculos es importante fomentar y establecer un sistema de comunicación entre las personas involucradas en el presente proyecto.

Una vez definida la estructura organizacional del grupo de implementación del proyecto, éste definió qué es lo que se pretende alcanzar y cómo. Además se definió una calendarización de cada una de las actividades involucradas, para poder tener un mejor control cronológico de los avances obtenidos. En las páginas siguientes podremos observar el cronograma de actividades para el diseño y desarrollo del proyecto en la empresa.

Id.	Nombre de tarea	Junio							Julio							Agosto							Septiembre									
		15	18	21	24	27	30	02	05	08	11	14	17	20	23	26	29	01	04	07	10	13	16	19	22	25	28	31	03	06	09	12
1	Diseño y desarrollo del Proyecto de Mantenimiento	[Gantt chart bars for task 1]																														
2	PlanTEAMIENTO del Proyecto	[Gantt chart bars for task 2]																														
3	Definición de Objetivos	[Gantt chart bars for task 3]																														
4	Definir Estrategia	[Gantt chart bars for task 4]																														
5	Plática introductoria	[Gantt chart bars for task 5]																														
6	Desarrollo de Estructura Organizacional	[Gantt chart bars for task 6]																														
7	Seleccionar personal adecuado	[Gantt chart bars for task 7]																														
8	Establecer organización	[Gantt chart bars for task 8]																														
9	Asignación de autoridad	[Gantt chart bars for task 9]																														
10	Calendarizar actividades	[Gantt chart bars for task 10]																														
11	División, asignación de actividades planificadas	[Gantt chart bars for task 11]																														
12	Reunión de información de avances	[Gantt chart bars for task 12]																														
13	Sistema Interno de Comunicación	[Gantt chart bars for task 13]																														
14	Creación de sistema informativo interno	[Gantt chart bars for task 14]																														
15	Diseño de Centro de Información	[Gantt chart bars for task 15]																														
16	Construcción de Centro de Información	[Gantt chart bars for task 16]																														
17	Planificación y Desarrollo de Sistemas	[Gantt chart bars for task 17]																														
18	Programación de Mantenimiento	[Gantt chart bars for task 18]																														
19	Base	[Gantt chart bars for task 19]																														
20	Delimitación del equipo	[Gantt chart bars for task 20]																														
21	Recolección de datos del equipo	[Gantt chart bars for task 21]																														
22	Codificación del equipo	[Gantt chart bars for task 22]																														
23	Ingreso info. equipo a base de datos	[Gantt chart bars for task 23]																														
24	Recolección datos Mano de Obra	[Gantt chart bars for task 24]																														
25	Ingreso datos M. O. a base de datos	[Gantt chart bars for task 25]																														
26	Ingresar Inventario Repuestos a base de datos	[Gantt chart bars for task 26]																														
27	Evaluación	[Gantt chart bars for task 27]																														
28	Establecer rutinas de MNI*	[Gantt chart bars for task 28]																														
29	Asignar tipos de mantenimiento	[Gantt chart bars for task 29]																														
30	Establecer controles/rutinas lubricaci.	[Gantt chart bars for task 30]																														
31	Plática informativa de avances	[Gantt chart bars for task 31]																														
32	Evaluación del equipo para MN2*	[Gantt chart bars for task 32]																														

Tarea	Hilo	Tarea Sugerida	Progreso resumido
Proyecto: Actividades de Diseño y Desarrollo del Sistema de Mantenimiento Productivo Tera:	[Hilo icon]	[Tarea Sugerida icon]	[Progreso resumido icon]
División	[División icon]	Resumen Tarea Sugerida	Tareas externas
Progreso	[Progreso icon]	División resumida	Resumen del progreso

MNI: Mantenimiento Nivel 1 (Véase página 36)
 MN2: Mantenimiento Nivel 2 (Véase página 37)



*MNZ: Mantenimiento Nivel 1 (Véase página 36)
 MNZ: Mantenimiento Nivel 2 (Véase página 37)

Después de fijar objetivos y metas relevantes, realistas, cuyo progreso puede ser medido en una base de tiempo, es imperativo continuar con lo siguiente:

1. Filosofía de mantenimiento aplicada

Para tener un plan de mantenimiento que cumpla con las necesidades constantemente cambiantes que surgen en las condiciones que se desarrolla el proceso de elaboración de cigarrillos, es imperativo definir un plan, cuya estrategia sea una mezcla proporcionada de todas las mencionadas anteriormente, de tal forma que se tenga cierta flexibilidad. La forma en que cada una de las estrategias de mantenimiento existentes será utilizada para la realización del plan es la siguiente:

a. Mantenimiento correctivo / por avería

Es indeseable desde el punto de vista de la fábrica en cuestión, sin embargo es muy difícil de erradicar, por lo que un pequeño porcentaje del mismo es permisible.

b. Mantenimiento preventivo

- i. Basado en el tiempo de uso efectivo*
- ii. Basado en la condición del equipo*

De todas las estrategias planteadas, la mezcla de estas dos es posiblemente la que más se pondrá en práctica ya que se establecerán algunas actividades del programa de mantenimiento según el tiempo de operación del equipo, otras se establecerán con base en la condición.

c. Mantenimiento oportuno

Juega un papel importante, ya que es muy probable que en algunas ocasiones haya máquinas paradas, debido a que los requerimientos de producción no involucren al tipo de cigarrillo que este equipo produce. Estas situaciones crean oportunidades valiosas para realizar tareas de mantenimiento sin interferir en la planificación del programa de producción.

d. Descubrimiento de avería

El mantenimiento productivo total fomenta la participación del personal de operación en la detección constante de fallas que necesitan ser reparadas, por lo que no podemos dejar este punto fuera del plan de mantenimiento. En caso un defecto sea detectado en la máquina, la reparación del mismo debe ser planificada inmediatamente.

e. Modificación de diseño

Uno de los fines principales del diseño y desarrollo de este plan de mantenimiento es la mejora de la eficiencia y productividad de la máquina y la minimización de desperdicios, a través de la mejora de las condiciones de operación del equipo. Entre ellas se encuentran las posibles modificaciones que haya que efectuar para que el equipo se adapte a los requerimientos de producción.

f. Overhaul

En casos eventuales, cuando el estado de la máquina no es aceptable será necesario este tipo de mantenimiento, para poder reconstruir la máquina y restablecer así sus condiciones óptimas de desempeño.

g. Reemplazo

Esta estrategia resulta económicamente imposible si se quiere aplicar a todos los casos. Sin embargo, hay ocasiones en las que los costos por mantenimiento de cierto equipo exceden su valor de reposición. El mantenimiento productivo total estimula la creación de registros para poder analizar el momento oportuno de reemplazo de un equipo. Por otro lado, con el pasar de los años y los acelerados cambios en la tecnología de los equipos estos quedan poco a poco obsoletos y aunque las condiciones del equipo sean óptimas su utilización en el proceso es impráctica ya que se puede estar produciendo con el mismo número de máquinas una mayor cantidad de cigarrillos o, visto desde otro punto de vista; el mismo número de cigarrillos con menor cantidad de equipo.

2. Pronóstico de la carga de mantenimiento según los trabajos planificados

Después de definida la filosofía a seguir, continuamos con el pronóstico de la carga. En nuestro caso, uno de los factores determinantes es el tiempo disponible para hacer actividades de mantenimiento. El estándar definido inicialmente es de un 12% del tiempo disponible para producción, sin tomar en cuenta días de asueto y fines de semana. Este debe ser mejorado de acuerdo a la experiencia adquirida con el tiempo. La fábrica de

cigarrillos en cuestión trabaja en dos turnos diarios que ofrecen un tiempo de trabajo neto de 14.25 horas; de las cuales se encuentran excluidos los períodos dedicados a comidas y al procedimiento de arranque de maquinaria al principio del turno.

Esto implica lo siguiente:

Tomando en cuenta que la fábrica de cigarrillos tiene 18 feriados durante el año.

Son 5 días por semana, ya que se excluyen los fines de semana

$$\frac{\{[(14.25 \text{ hrs./día} \times 5 \text{ días / semana} \times 52 \text{ semanas}) - (18 \text{ días} \times 14.25 \text{ hrs.})] \times 0.12\}}{14.25} = 29.04 \text{ días} \sim 29 \text{ días}$$

↓
Porcentaje del tiempo de producción disponible para mantenimiento ↘

↑
Días de feriado en la fábrica de cigarrillos

Sabemos entonces que, a pesar que no se puede exceder este límite de tiempo de paro debido a trabajos de mantenimiento por máquina, uno de los propósitos debe ser cumplir con el mismo, para lo cual se necesita tener cierta cantidad de personas asignadas.

Después de un análisis cuidadoso y de recaudar la mayor información posible acerca de la condición del equipo se definieron tres tipos de mantenimiento preventivo, los cuales, de acuerdo a la frecuencia establecida para cada uno de ellos, determinarán la carga de mantenimiento a mediano plazo. Estos son:

- **Mantenimiento Nivel 1**

La función de este mantenimiento es realizar una limpieza profunda de todos los componentes del equipo, además de lubricarlo y hacer una breve inspección de los

sistemas eléctricos del mismo. Normalmente en este tipo de mantenimiento se descubre vicios ocultos del equipo, fallas, cuya compostura puede ser planificada como parte de la estrategia de mantenimiento correctivo. El tiempo máximo de realización de este tipo de mantenimiento deberá ser de un turno. Es decir medio día laboral. La frecuencia definida para esta actividad es cada tres semanas. Vale la pena mencionar en esta parte del trabajo que es muy probable que el tiempo definido para la limpieza sea inicialmente insuficiente. Sin embargo, debido a que la frecuencia de la presente tarea es alta, su finalización total no es crítica y puede dividirse en partes a realizarse en diferentes días. Además del hecho de mantener limpias las máquinas (punto principal de la filosofía del mantenimiento productivo total), este tipo de actividad crea la cultura y costumbre, en las personas de la parte administrativa del proceso, de convivir con un plan de mantenimiento definido con fechas específicas el cual tiene que ser respetado y cumplido en la medida de lo posible por el área de planificación de producción.

- **Mantenimiento Nivel 2**

Este mantenimiento deberá realizarse semestralmente. En él se revisan detalladamente, uno por uno, los mecanismos que componen el equipo y se realizan cambios de piezas que sean necesarios debido al desgaste producido por la operación. Para poder realizar esta actividad es necesaria la constante inspección del estado del equipo y con base en ella, solicitar y planificar con suficiente anticipación la compra de los repuestos necesarios. La razón de esto es que los proveedores de repuestos originales, que normalmente tienen que ser importados, ofrecen un tiempo de entrega de

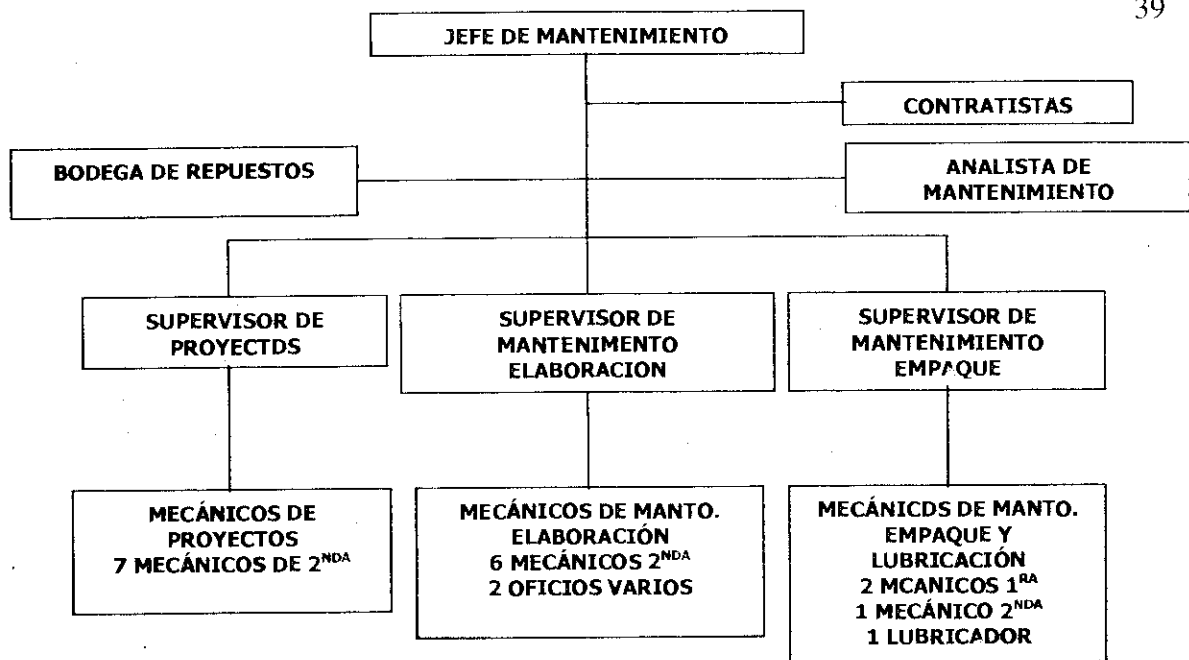
aproximadamente tres meses. La duración de este mantenimiento debe ser de una semana y un período máximo de dos.

- **Mantenimiento Nivel 3:**

Este mantenimiento, también llamado Overhaul, se lleva a cabo cuando las condiciones de funcionamiento del equipo son inaceptables. Éste se desarma totalmente y se le cambia la mayoría de piezas que están expuestas a desgaste para luego ser reconstruido. Se hace una revisión detallada de cada parte con el fin de dejar el equipo como si fuera nuevo. Además se aprovecha para hacer mejoras a la máquina. Por lo minucioso de este trabajo, el tiempo en que se lleva a cabo es considerable.

3. Planeación de la capacidad de mantenimiento según los recursos a utilizar

Después de establecido un pronóstico de la carga podemos diseñar una mejor planeación de la capacidad de mantenimiento disponible. Para ello debe existir una organización en la gente que va a cumplir con la carga o demanda de trabajos. En el caso de la empresa se cuenta con un grupo de personas organizadas para la realización de todos los trabajos que corresponden al área de mantenimiento. En el organigrama presentado a continuación se observa el planteamiento de una estructura para el departamento de mantenimiento sugerido por el presente trabajo.



Para una mejor comprensión de esta estructura organizacional, se presenta una breve descripción de las funciones de cada uno de los puestos mencionados.

- *Mecánico de Primera:*

Responsable de realizar las tareas, tanto de mantenimiento correctivo como preventivo (Mantenimiento Nivel 2).

- *Mecánico de Segunda*

Da apoyo al mecánico de primera. Además está en constante capacitación para pasar en algún momento a ser mecánico de línea, cuya función es realizar ajustes en el equipo.

- *Supervisor de Mantenimiento:*

El supervisor de mantenimiento de elaboración y el de empaque verifican la realización correcta de todas las actividades de mantenimiento correctivas y preventivas (Mantenimiento Nivel 2). Proporcionan ayuda a los mecánicos en sus funciones y

coordinan la participación de estos en las tareas asignadas. Además brindan apoyo a los supervisores de mantenimiento en línea.

- *Supervisor de Proyectos:*

Es responsable de la realización de todos aquellos proyectos de modificación para todas las máquinas de proceso secundario conformadas por las de elaboración de filtros, de cigarrillos y las de empaque. Otra de sus funciones es llevar a cabo los servicios mayores de manutención (Mantenimiento Nivel 3).

- *Bodega de repuestos:*

En ella se almacenan los repuestos requeridos por el departamento de mantenimiento. Al momento de su ingreso a bodega, el encargado verifica la calidad y buen funcionamiento de los mismos. Luego, controla la entrega de estos a las personas que los solicitaron.

- *Analista de Mantenimiento:*

Programa toda actividad de mantenimiento preventivo y correctivo en coordinación con el área de planificación de producción. Además debe velar para que las existencias de repuestos sugeridas en los inventarios de seguridad no excedan cierto límite económico, pero al mismo tiempo exista disponibilidad inmediata de aquellos con menor ciclo de rotación. Para esto debe tener una estrecha comunicación con el departamento de compras.

- *Jefe de Mantenimiento:*

Se encarga de integrar las funciones de las personas mencionadas anteriormente, además de dirigirlos hacia una objetivo común. Debe canalizar los esfuerzos de todo el equipo para implementar exitosamente el proyecto de mantenimiento productivo total presentado en este trabajo.

- *Contratistas:*

La contratación de mano de obra externa ocurre cuando la carga de trabajos de mantenimiento excede la capacidad del departamento de mantenimiento o cuando éste requiere de la fabricación de piezas muy especiales.

Sabemos ahora la cantidad de personas con las que se cuenta para la realización de tareas y la especialización de cada una de ellas. Con esto, el enfoque utilizado para la planeación de la capacidad puede partir de la cantidad de horas-hombre de personal capacitado adecuadamente con que cuenta el departamento la cual, según el organigrama presentado anteriormente, se define de la siguiente manera.

Mecánicos de Proyectos	7
Mecánicos de Elaboración	6
Mecánicos de empaque	3
Total de mecánicos	<u>16</u>

Asumiendo que, de los 16 mecánicos con que cuenta el departamento:

- Los de proyectos sólo trabajan en el primer turno
- Tres de elaboración se encuentran en el primer turno y la otra mitad en el segundo
- Dos de los de empaque desarrollan sus labores en el primer turno y el mecánico restante se encuentra asignado al segundo turno

Además,

- El primer turno dura 7.25 horas y el segundo 7 horas
- Se trabajan 5 días a la semana
- El año laboral consta de 52 semanas

Tenemos entonces lo siguiente:

Horas-hombre disponibles al día

$$(7mp \times 7.25hrs.) + (3mel \times 7.25hrs.) + (3mel \times 7hrs.) + (2mem \times 7.25hrs.) + (1mem \times 7hrs.)$$

$$= 115 \text{ horas-hombre/día}$$

Horas-hombre disponibles a la semana:

$$115 \text{ horas-hombre/día} \times 5 \text{ días} = 575 \text{ horas-hombre / semana}$$

donde,

Mp: Mecánico de proyectos

Mel: Mecánico de elaboración

Mem: Mecánico de empaque

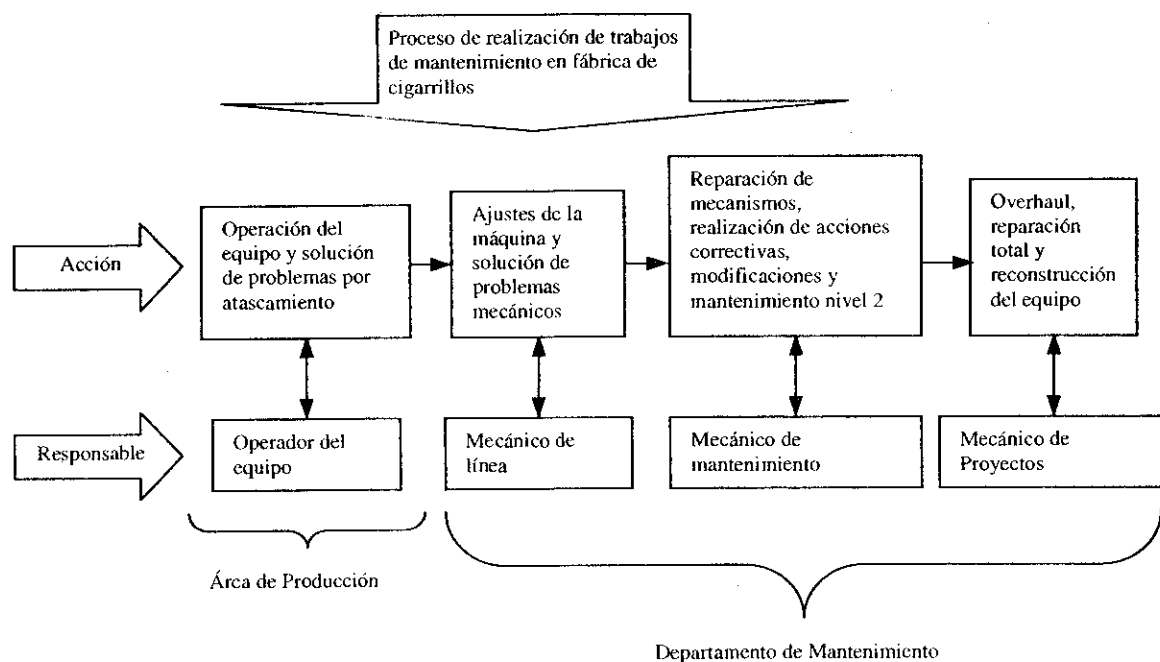
Sabemos que no podemos planificar trabajos de mantenimiento que consuman mucho más de la capacidad de mano de obra con que se cuenta, sin embargo proyectar un plan a largo plazo con gran exactitud es sumamente difícil, por lo que el dato más útil de los anteriores para la planificación certera de la capacidad de mantenimiento es el de las horas-hombre disponibles por semana.

Un aspecto importante es la disponibilidad de los repuestos adecuados en el momento preciso, por lo que se necesita tener un control de lo que hay en bodega de repuestos. Se está trabajando actualmente en mejorar los inventarios de seguridad, haciendo una depuración de repuestos obsoletos, para poder ingresar otros cuya utilidad sea mayor. Para un mejor control sería necesario plantear una reestructuración del sistema de funcionamiento de la bodega, sin embargo este tema se escapa del contenido del presente trabajo.

Otra acción tomada para una mejor planeación de la capacidad es la de brindarle a la fuerza trabajadora toda la herramienta necesaria para hacer su trabajo. Cabe mencionar aquí que esta herramienta tiene que ser de la mejor calidad posible, ya que muchas veces por disminuir costos se comete el error de comprar herramienta barata cuyo tiempo de utilización es menor a la de mejor calidad. A largo plazo esto resulta más caro ya que el ciclo de vida de la herramienta de mala calidad es menor. Además otra herramienta invaluable es el entrenamiento conocimiento y capacidad de la fuerza trabajadora.

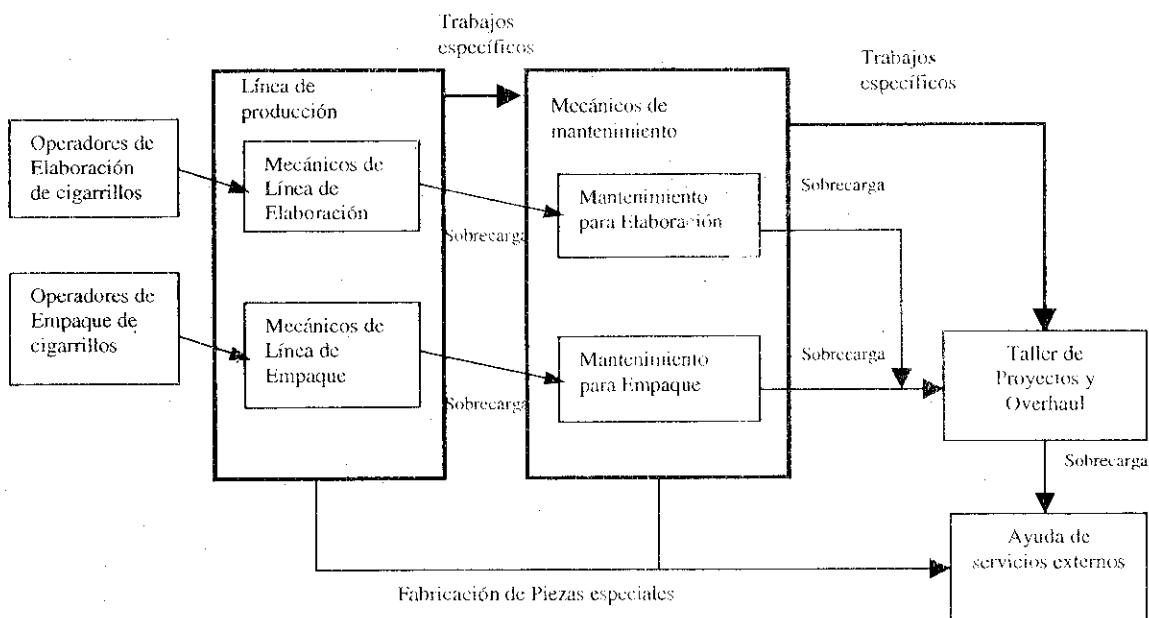
4. Organización de mantenimiento en fábrica de cigarrillos

Para poder establecer un orden en el funcionamiento del sistema de mantenimiento es necesario definir responsabilidades y procedimientos. En la fábrica de cigarrillos en particular, las tareas que surgen de las necesidades de la máquina son designadas a diferentes personas de lo que depende el grado de destreza que se requiera para realizarlas. El diagrama presentado a continuación define las responsabilidades asignadas a distintas personas con diferentes ocupaciones para la realización de las actividades, no sólo de mantenimiento, sino aquellas relacionadas con el proceso de producción.



Según las responsabilidades definidas en este diagrama de flujo, se puede desarrollar un sistema estructurado en forma de "cascada" para la organización del sistema de

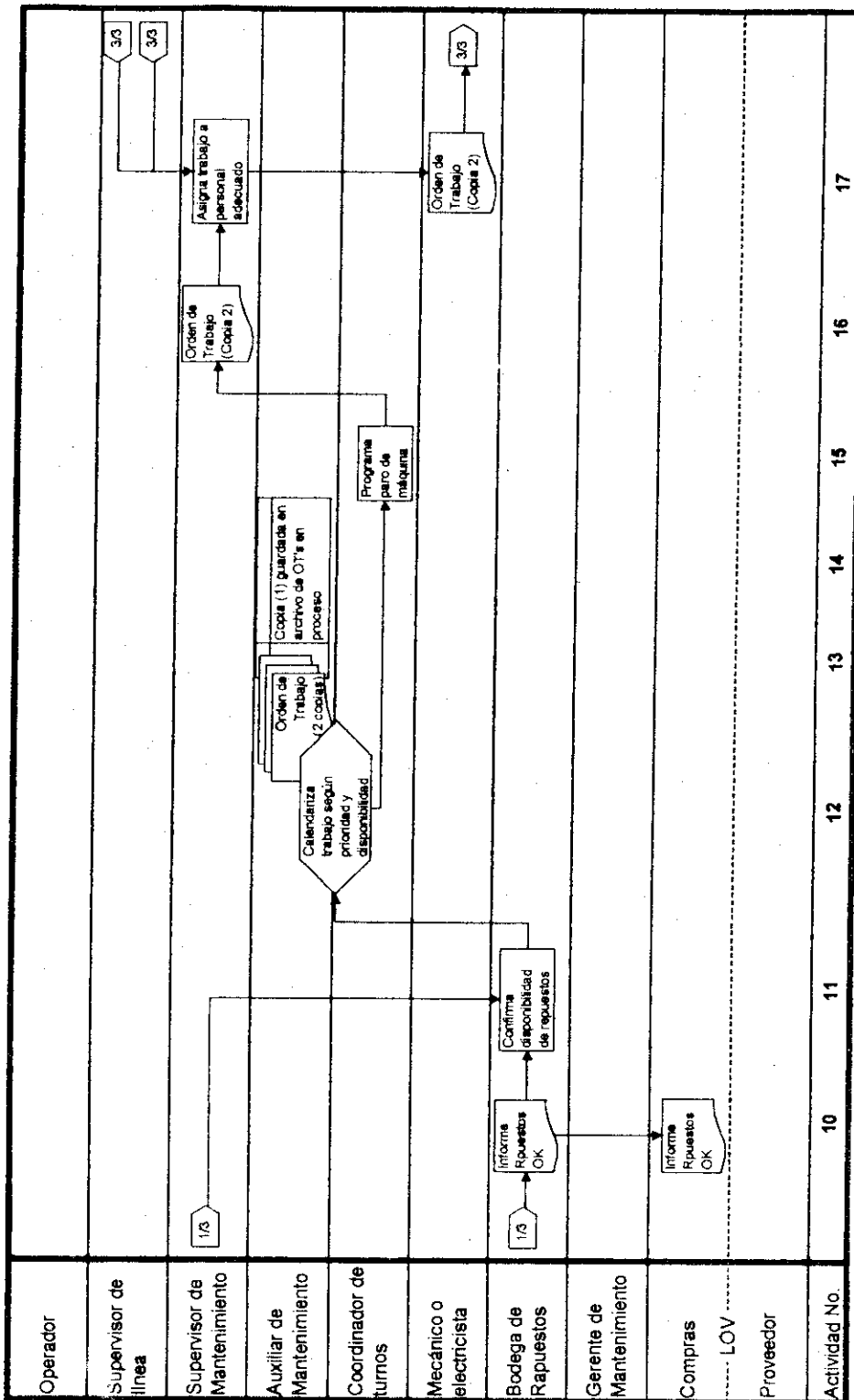
mantenimiento de la fábrica de cigarrillos, de manera que éste establezca una secuencia de fluctuación de los trabajos suscitados en ella.



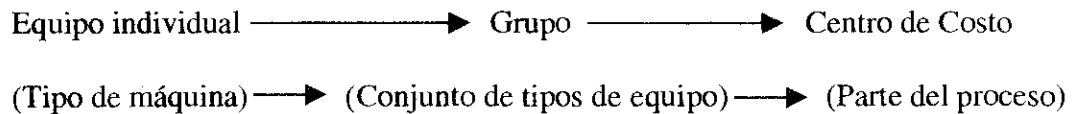
Después de haber definido claramente cuál es el flujo del trabajo producido por las tareas de mantenimiento, ya sea programadas o no, es necesario definir cómo se llevará el control de los trabajos a realizar. Para esto se realiza una programación de los mantenimientos preventivos que se tienen estipulados. Esta información se debe publicar para que sea del conocimiento de todas las personas involucradas. El control de las actividades de mantenimiento realizadas y pendientes se lleva por medio de un formato de orden de trabajo, el cual se presentará más adelante en este trabajo. En el caso de trabajos programados con anticipación, el analista de mantenimiento fija la fecha al

coordinar el programa de producción con la disponibilidad de mano de obra, repuestos y herramientas con que cuente el departamento de mantenimiento. Después de establecer la fecha se emite una orden de trabajo. Esta es entregada por el analista de mantenimiento, un día antes de que se lleve a cabo la actividad, a la persona responsable de supervisar la realización adecuada del trabajo, la cual es encargada de llenarla con todos los datos requeridos y la mayor información posible sobre la condición de funcionamiento del equipo. En el caso de trabajos correctivos, la fecha de realización depende de cuándo aparece el problema y la prioridad con que hay que atenderlo. Esto quiere decir que la rapidez con que se realice el trabajo depende de qué tan crítica es la falla desde el punto de vista de producción o de seguridad para el operador. Un factor importante es la disponibilidad de repuestos. Es para estos imprevistos que es necesario mantener inventarios de seguridad en bodega. El procedimiento para la creación de una orden de trabajo correctiva, incluye las responsabilidades que corresponden a cada individuo que participa en la realización de la misma, y es el siguiente:

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO



Un aspecto importante es la forma en que se organizan los equipos para asignarles recursos monetarios. Se sugiere a la fábrica de cigarrillos en cuestión que cree una división de los equipos para cargar sus costos ya sea por mantenimiento preventivo o correctivo de una manera clara y ordenada; fácil de consultar. A continuación se presenta la estructura sugerida:



Como podemos ver, el eslabón inicial de la cadena de costos es el equipo individual. Todo equipo en particular forma parte de un grupo, al cual pertenecen todos los equipos de un mismo modelo y que tienen una misma función en el proceso secundario. Cada grupo está contenido en un centro de costo, al cual se le asigna un presupuesto mensual que cubre no sólo los gastos incurridos por mantenimiento sino todos aquellos que influyan en él. De esta forma se podrán monitorear los consumos monetarios realizados por concepto de mantenimiento y se podrá hacer un análisis de costos, a través del cual se determinará cuán rentable es la manutención del equipo. Basándose en esto se podrá justificar la compra de un equipo nuevo.

5. Programación de las actividades de mantenimiento de proceso secundario

Después de establecer procedimientos que definen la estrategia de costeo de los gastos por manutención del equipo y la distribución de la carga provocada por los

trabajos de mantenimiento y una vez definidos los lineamientos que brindan un plan de acción para la realización y planeación de las tareas, podemos pasar a crear una programación de las actividades. Sin embargo, antes de iniciar la programación de un plan es necesario recaudar la mayor información posible que se tenga sobre el equipo que ha de ser incluido en él. Por ésto se recolectaron datos del equipo tales como su marca, modelo, número de serie, etc. Con ellos se creó una base de datos electrónica, la cual será de gran utilidad para poder llevar un registro de los servicios y mantenimientos, tanto preventivos como correctivos, que se realicen al equipo. Esto servirá como un registro del historial de fallas y reparaciones de la maquinaria, el cual ayuda a desarrollar un plan de mantenimiento predictivo. En el presente trabajo asumiremos que la configuración del equipo que se tiene en la fábrica de cigarrillos donde se realiza el presente trabajo es la siguiente:

Tipo de Máquina	Cantidad
Elaboradoras de Filtro	1
Elaboradoras de cigarrillos	4
Encajetilladoras	4
Empaquetadoras	2

- **Codificación del equipo**

Para un mejor control en los registros del departamento de mantenimiento, es necesario que los equipos cuenten con un distintivo particular que los identifique individualmente, que al mismo tiempo los interrelacione en un contexto global, con un sistema lógico. Se diseñó un sistema de codificación para los equipos de la planta de

Proceso Secundario, el cual es independiente de la ubicación física del equipo. Los criterios utilizados se presentan a continuación:

- La codificación es de tipo alfanumérico y consta de nueve caracteres cada uno con su respectivo significado.
- Los campos contenidos en cada código son los siguientes:
 1. Número de máquina (Una vez asignado a un equipo, éste debe permanecer constante para facilitar la creación de registros que muestren el historial del equipo). Tres espacios asignados.
 2. Tipo de máquina (Esto se refiere al modelo de la máquina). Dos espacios asignados.
 3. Parte del proceso (Indica en qué parte del proceso interviene el equipo). Dos espacios asignados.
 4. Planta (Indica la planta a la que pertenece la maquinaria). Dos espacios asignados.
- Las abreviaturas de los modelos de las máquinas utilizadas en el proceso secundario se muestran a continuación⁴:

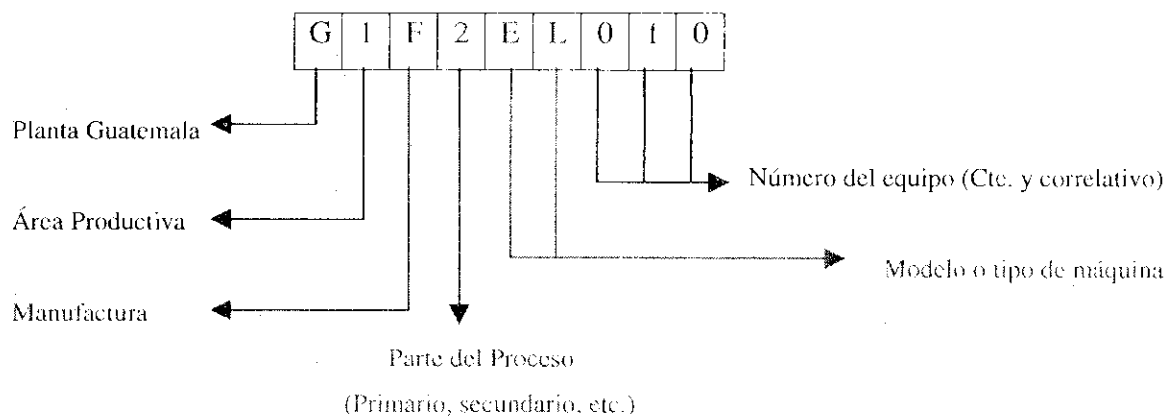
Elaboradora de filtros	FI
Elaboradora de cigarrillos	EL
Empaque de cigarrillos	EM
Encajetillado de cigarrillos	EN

⁴ En esta parte es preciso hacer el recordatorio que los tipos y modelos reales de los equipos que se utilizan en el proceso no son mencionados por razones de confidencialidad.

El proceso secundario de producción de cigarrillos se puede dividir en cuatro partes, las cuales se muestran en la siguiente tabla con sus códigos respectivos.

Parte del Proceso	Código
Elaboración de cigarrillos	F2
Empaque de cigarrillos	F3
Elaboración de filtros	F4

A continuación se presenta un ejemplo de la codificación elaborada:



- **Calendarización de actividades de mantenimiento**

El siguiente paso a seguir es la programación de todas las actividades de mantenimiento según un calendario. Es decir, es necesario fijar un período y una fecha en los cuales es posible la realización de todas las tareas de mantenimiento. Aunque inicialmente parece sencillo, el proceso se vuelve complejo cuando se visualiza, no como un hecho individual y aislado, sino como parte del proceso de producción. Esto implica

que el programa de mantenimiento tiene que adaptarse al de producción con la menor interferencia posible. Para esto es esencial la comunicación entre el planificador de producción y el de mantenimiento. El primero es el encargado de programar lo que la fábrica tiene que producir según los requerimientos que ventas estipule de acuerdo a la demanda establecida en el mercado por los clientes además de tener a su cargo la coordinación de las materias primas para la elaboración de los cigarrillos y el control de inventario de producto terminado. El segundo es responsable de planificar la fecha de los mantenimientos, tanto correctivos como preventivos. A su vez, se encarga de que la carga de tareas de mantenimiento no exceda por mucho la capacidad de mano de obra que se puede asignar a dichas actividades. Debe asegurar también que el personal cuente con las herramientas adecuadas y que los repuestos requeridos estén disponibles en el tiempo, lugar y cantidades correctas. El programa de mantenimiento que se establece tiene que ser suficientemente flexible para que se adapte a situaciones de emergencia que suceden esporádicamente, pero a la vez riguroso para que sea respetado y cumplido.

B. Organización del Sistema de Mantenimiento en la Fábrica de Cigarrillos

1. Diseño y definición de las actividades y procedimientos de manutención del equipo

Un factor de gran importancia para asegurar el funcionamiento del sistema de mantenimiento que se ha venido desarrollando a lo largo de este trabajo es la organización del sistema como tal. Parte de ésto comprende el diseño de los trabajos a realizar. Anteriormente, en la sección de *Pronóstico de la carga de mantenimiento según*

los trabajos planificados, se presentaron las modalidades de trabajo que se llevarán a cabo. Sin embargo esto no es suficiente. Para optimizar la organización es necesario definir rutinas de mantenimiento para cada clase de máquina. Estas se obtienen ya sea de los catálogos brindados por los fabricantes de las mismas, a través de la experiencia de la gente que trabaja diariamente con la maquinaria y mediante un prolongado proceso de observación de los mecanismos individuales de cada equipo y su funcionamiento. La mezcla de estas técnicas de recolección de información fue utilizada para la obtención de los procedimientos de mantenimiento elaborados para cada máquina.

Se especificaron instrucciones para las tareas mecánicas, eléctricas y de lubricación de las unidades de producción, las cuales varían según el tipo de mantenimiento que se vaya a realizar, es decir, existe una rutina de mantenimiento eléctrico nivel 1, así como una de nivel 2. De la misma forma ocurre con las demás secciones del equipo que incluye cada asignación de mantenimiento. Sin embargo, la presentación de todas las rutinas con que se cuenta, sale del contexto del presente trabajo y además aumentaría el volumen del mismo considerablemente. Por ello, en las siguientes páginas se muestran solamente ejemplos de las actividades que hay que realizar a cada tipo de máquina con su respectiva frecuencia y el detalle de los procedimientos que se definieron.

**Ejemplo de Rutina de Puntos de Inspección para Limpieza
Máquina Filtradora**

Sección 1	Frecuencia
1 Limpieza de los filtros del compresor	21 días
2 Limpieza general (Quitar compuertas, sopletear y aspirar toda la maquina.)	21 días
3 Limpieza de abridores de mecha. (Banding- Jet)	21 días
4 Limpieza de rodillos del Mini- tow. (Pretensión, alimentadores y de entrega)	21 días
5 Limpieza del depósito de plastificante y rodillos de aplicación.	21 días
6 Limpieza del Transport-Jet.	21 días
7 Lavar depósito y pistolas de PVA:	21 días
8 Limpieza del formador y cámaras formadoras.	21 días
9 Limpieza de rodos y guías de banda formadora.	21 días
10 Limpieza de boquillas de corte.	21 días
11 Limpieza del tambor deflector.	21 días
12 Limpieza de la banda recogedora de filtro. (Escalera)	21 días
13 Limpieza general del área de la máquina.	21 días
Sección 2	
1 Variador de velocidad de rodillos alimentadores.	21 días
2 Variador de velocidad de rodillos de entrega.	21 días
Sección 3	
1 Depósito general de aceite.	21 días
2 Mecanismo cortador.	21 días
3 Vibrador del cortador. (Biela y pin)	21 días
4 Rodos de la banda formadora.	21 días
5 Caja de engranaje del espiral.	21 días
6 Engranajes del tambor deflector.	21 días

**Ejemplo de Rutina de Puntos de Inspección para Limpieza: Mantenimiento Nivel 1
Máquina Elaboradora de cigarrillos**

Sección 1	Frecuencia
1 Limpieza general	21 días
2 Limpieza de la tolva	21 días
3 Limpieza de la base de la máquina	21 días
4 Limpieza de la cámara de succión	21 días
5 Limpieza del cambiador de bobinas	21 días
6 Limpieza del aplicador de adhesivo	21 días
7 Limpieza de la cámara de formación	21 días
8 Limpieza del cabezal de corte	21 días
9 Limpieza de la imprenta	21 días
10 Limpieza de la banda perforadora	21 días
11 Limpieza del filtro cónico	21 días
12 Limpieza de la tolva superior de filtros	21 días
13 Limpieza del portabobinas del papel fiscal	21 días
14 Limpieza del tambor de bronce	21 días
Sistema eléctrico	
1 Desconectar la máquina	21 días
2 Revisión de cables terminales, micros	21 días
3 Revisión de luces indicadoras	21 días
4 Revisión y limpieza de los tableros de control	21 días
5 Limpieza de los contactos de los relés	21 días
6 Limpieza de visores y espejos detectores	21 días
7 Lubricación de todos lo mecanismos de la sección 1	21 días
Sección 2	
1 Lavar depósito de adhesivo para tipping	21 días
2 Limpieza del conjunto alimentador filtros	21 días
3 Limpieza de cuchillas	21 días
4 Limpieza de los orificios	21 días
5 Limpieza de accesorios (Felpa, cepillos, media luna)	21 días
6 Revisión y limpieza del gomero	21 días
7 Lubricación de todos lo mecanismos de la sección 2	21 días
Sección 3	
1 Limpieza de rodillos y fajas transportadoras del llenador de cigarrillos	21 días
2 Limpieza de la tolva del llenador de cigarrillos	21 días
3 Limpieza de fajas	21 días
4 Lubricación de todos los mecanismo de la sección 3	21 días

**Ejemplo de Rutina de Puntos de Inspección para Limpieza: Mantenimiento Nivel 1
Máquina Encajetilladora**

Sección 1	Frecuencia
El conjunto de máquinas deberá ser desconectado y luego bloqueado con candados y etiquetas	
1 Aspirar o soplear la maquinaria	21 días
2 Limpiar la tolva de cigarrillos (canales y boquillas)	21 días
3 Limpieza interior y exterior de moldes o cajuelas del tambor de formación, con paño húmedo	21 días
Limpieza de Encajetilladora	
1 Limpiar pinzas y almohadillas con paño húmedo	21 días
2 Limpieza de residuos de adhesivo en las guías del etiquetador	21 días
3 Lavar el gomero del etiquetador y del precinto	21 días
4 Limpiar los formadores de fondo (dados de hule, mariposa, media luna)	21 días
5 Limpieza del conjunto de pistones selladores de fondo	21 días
6 Limpiar mecanismo de alimentación de aluminio (bases, portabobinas, rodos, cuchillas)	21 días
7 Limpiar la felpa del mecanismo de alimentación de aluminio	21 días
8 Limpieza general del mecanismo etiquetador	21 días
9 Limpiar los rodillos dobladores laterales de las Hrs. 1 y 4	21 días
10 Limpiar los detectores de puntas y filtros	21 días
11 Limpiar los canales de cajetillas 1 y 2	21 días
12 Limpieza de mecanismo de precinto	21 días
13 Limpieza a pistón hr 12	21 días
14 Limpieza en las pistas del pistón hr 12 (elec)	21 días
15 Revisión de carbones del pistón hr 12 (elec)	21 días
16 Limpieza de tabaco en depósito de aceite en parte posterior	21 días
17 Limpieza del piso debajo del etiquetador (adhesivo seco, tabaco, etc.)	21 días
18 Limpiar el tambor de secado (guías y cuñas)	21 días
19 Limpiar el canal de salida del tambor	21 días
Sistema eléctrico	
1 Limpieza de panel de control	21 días
2 Limpieza de receptores y tarjetas de control (ésta se encuentra en el panel de control)	21 días
3 Limpiar carro y canal de entrada al tambor de secado	21 días
Sección 2	
1 Limpieza de rodillos de la cintilla	21 días
2 Limpieza de rodos de polipropileno	21 días
3 Limpieza de la plancha o plataforma en entrada de la estrella	21 días
4 Limpiar calefactores de costado y de extremos	21 días
5 Limpieza del panel de control	21 días
6 Limpiar guías formadora de doblez de plipropileno	21 días
Sección 3	
1 Limpieza de cajetillas y polipropileno situados debajo de la máquina	21 días
2 Limpieza de rodillos de tracción de polipropileno	21 días
3 Limpieza de compuertas y protecciones	21 días
4 Limpieza de calefactores	21 días
5 Lavar con gas la partes de la bancada donde se acumule mucha grasa	21 días
6 Limpieza de partes internas que tengan derrame de aceite o polvo	21 días
7 Limpieza del aceite derramado en la máquina y en la bandeja que se encuentra ubicada debajo de la misma.	21 días

2. *Método de definición de estándares de tiempo de las actividades de mantenimiento*

Para que la duración estándar de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo fuera realista, ésta fue establecida a través de un proceso de retroalimentación del personal de mantenimiento. Se estimó el tiempo que tardaba una persona con experiencia en realizar las actividades de mantenimiento y luego éste se estableció como un parámetro indicador del tiempo disponible para cada tarea. Los límites para cada mantenimiento se encuentran definidos en la sección de *Pronóstico de la carga de mantenimiento según los trabajos planificados*.

C. Actividades de Control Sugeridas para Seguimiento del Plan de Mantenimiento

1. *Control del trabajo*

Un factor importante para el éxito de la implementación del sistema de mantenimiento son los controles a través de los cuales se puede medir la eficiencia y calidad de mantenimiento. Además éstos permiten estimar parámetros de costos ya sea de mano de obra o por concepto de repuestos.

Para poder llevar un control de realización de cada actividad o tarea específica existe un formato de orden de trabajo el cual fue cuidadosamente diseñado, con la ayuda de un programa de computación concebido especialmente para manejo de proyectos de mantenimiento preventivo. Se requiere que la orden de trabajo sea llenada con todos sus datos tanto por la persona que realiza el trabajo, como por la que lo supervisa. De esta forma se obtiene información sobre las tareas realizadas al equipo, los repuestos que se

utilizaron para llevarlas a cabo y las condiciones en que el equipo se encontraba al momento de hacerle el mantenimiento. La recolección de estos datos ayuda a crear un registro del equipo cuyas funciones se listan a continuación:

- Brindar conocimiento de lo que se ha gastado por concepto de mantenimiento en el equipo. Esto facilita el control del presupuesto que se tiene para trabajos de mantenimiento. Además representa una herramienta útil para determinar si es rentable seguir dándole mantenimiento a un equipo determinado o es mejor reemplazarlo.
- Se tienen datos precisos de la fecha en que se efectúan cambios de ciertas piezas o repuestos, lo cual ayuda a determinar el ciclo de vida de los mismos. A largo plazo esto ayuda a predecir con mayor facilidad cuándo va a fallar cierto componente, lo cual brinda la oportunidad de planificar su compra para que esté disponible al momento de la falla.
- Ayuda a definir estándares de tiempo para cada actividad que se lleva a cabo. Esto junto con un riguroso estudio de tiempos muertos, ayuda a optimizar la utilización de recursos en los trabajos de mantenimiento.
- A través de las inspecciones que tienen lugar durante los mantenimientos, da un indicio de los parámetros de funcionamiento de la máquina. En la orden de trabajo se

presentan observaciones que hacen referencia a problemas del equipo productivo. Esta información es analizada y sobre la base de ella pueden ser programadas acciones correctivas.

- Funciona como un respaldo, dándole a las personas que realizaron el trabajo un documento por medio del cual se puede comprobar cada una de las actividades que se realizó en cierta oportunidad.

Si bien es cierto que existen otros métodos para el control de los trabajos, tales como las hojas de inspección semanales (en ellas se revisa el funcionamiento de algunos de los mecanismos del equipo) o los procedimientos de inicio de turno (éstos dan las instrucciones de arranque del equipo y listan los recursos que deben estar disponibles en ese momento), éstos no son aplicados directamente para la revisión de los trabajos de mantenimiento. A continuación se presenta un ejemplo del formato de orden de trabajo, debido a la gran importancia que éste representa para el control de los trabajos de manutención del equipo

Fábrica de Cigarrillos
Departamento de Mantenimiento

0001

Orden de Trabajo

Equipo: ELABORADORA # 1, 100 CPM G1F2EL0010 MODELO X #SERIE 123

Grupo: ELAB CIGARRILLO Centro de Costo: ELAB CIGARRILLO 2:41PM

Pendientes al: 8/28/00

Prioridad Actividad: TODAS TODAS

Asignado a: Supervisor de Mantenimiento Folio: _____

Operador: _____ Hora inicial: _____

Mecánico: _____ Hora final: _____

Electricista: _____ Pedido repuestos _____

8/27/00

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

LIMPIEZA GENERAL: Mantenimiento nivel 1)

1. Desconectar totalmente la máquina y colocar candado de seguridad. (OP)
2. Limpiar la máquina. (OP)
3. Abrir todas las puertas, retirar protectoras y espallar toda la máquina. (OP)
4. Ejecutar los servicios diarios de limpieza. (OP)

Comentarios: _____

RECURSOS POR CONSUMIR

Material	Cantidad	Unidad	Cantidad Utilizada
Repuesto para elaboradora	1	UNI.	_____
Otros Recursos	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Comentarios Generales: En esta hoja deben anotarse todos los datos requeridos y la mayor información disponible del estado del equipo. Debe entregarse al supervisor de mantenimiento al finalizar el trabajo.

1 de 1

Equipo al que se realizará el trabajo preventivo

Fecha y hora de creación de OT

Encabezado que indica tipo de mantenimiento

Anotar duración de la tarea

Actividades que hay que llevar a cabo

Número de pedido de repuestos si fuere necesario

Ejemplo de un procedimiento de una actividad que forma parte de una rutina

Marca si realmente fue realizada esta actividad

Agregar comentarios de tarea

Muestra cuántos días de paro se requieren

Recursos que en teoría se consumen durante el trabajo

Muestra la prioridad de la actividad

Observaciones generales sobre las condiciones del equipo

Muestra qué especialidad debe tener quien realiza la actividad

Muestra recursos reales que se consumen durante el trabajo

VII. Recomendaciones

- A. La implementación del sistema de mantenimiento productivo total ofrecido en el presente trabajo, es un proceso de aproximadamente dos años que tiene varias implicaciones. Entre ellas una de las más importantes es el cambio de cultura que hay que promover entre cada una de las personas en él involucradas. Por ello uno de los pasos principales es la capacitación del personal orientada hacia una filosofía tanto de mejoramiento continuo como de Mantenimiento Productivo Total; *TPM*.

- B. Se plantea la creación de un Departamento de Mantenimiento, de modo que exista un jefe que dirija y a su vez sea directamente responsable de todas las actividades de mantenimiento realizadas, evitando que se les reste importancia al figurar como un punto aislado manejado solamente por el departamento de producción.

- C. Un punto muy importante para que el desarrollo del tema aquí tratado sea exitoso es la comunicación entre todas las personas que forman parte de él. Por ello se recomienda enormemente establecer un sistema de comunicación interno que establezca un vínculo no sólo entre los miembros del departamento de mantenimiento, sino entre los mencionados anteriormente y el departamento de producción. De manera tal que se trabaje como un equipo de personas que, uniendo todos sus esfuerzos se dirijan hacia un objetivo común.

- D. Con el objetivo de medir y poder cuantificar el progreso del desarrollo de la implementación del proyecto tratado, es preciso llevar a cabo un estudio de tiempos muertos en las máquinas y relacionarlo con un análisis de eficiencia y productividad del equipo, para poder comprobar las mejoras que éste muestre con el pasar del tiempo. Lo expuesto anteriormente dará un indicio del estado del proyecto.
- E. Establecer un control de costos por concepto de manutención del equipo para poder analizar detalladamente en qué se está gastando el dinero y de esta forma facilitar la detección de posibles fuentes de ahorro. Dicho control puede ayudar a establecer la rentabilidad de dar mantenimiento a cierto equipo. En caso de que el mantenimiento de una máquina específica no sea rentable habrá que sacarla de la línea de producción o reemplazarla.
- F. Un riguroso control de calidad es un buen indicador del estado de la máquina y, por lo tanto, de la eficiencia con que trabaja el departamento de mantenimiento. Por esto se sugiere relacionar un programa que mida la calidad final del producto, con la información de la eficiencia del equipo de producción de cigarrillo para establecer una manera más precisa de medir el progreso del departamento.
- G. El sistema de mantenimiento productivo total aquí expuesto, puede visualizarse a largo plazo como un proyecto de ahorro, es decir, tiene que optimizar los gastos de manera que el gasto de manutención de la maquinaria no exceda los costos de

producción que impliquen paros de maquinaria por fallas. Se aconseja el uso de un estricto y riguroso control del inventario de repuestos, para lo cual se sugiere una reorganización y reestructuración de la bodega de repuestos, de tal forma que se realice un estudio que brinde como resultado las cantidades óptimas que deberían de existir como un inventario de seguridad en la bodega de repuestos.

- H. A mediano plazo se recomienda implementar, previo estudio económico de factibilidad, análisis de vibraciones en la maquinaria y del estado de los lubricantes con que funciona para optimizar el tiempo de cambio de cojinetes y aceite y fomentar al mismo tiempo el desarrollo del mantenimiento predictivo.
- I. Se aconseja hacer un estudio de las variaciones de producción de años anteriores con la intención de indagar si existe alguna tendencia de fluctuación que permita planificar las actividades de mantenimiento que más tiempo consumen, durante un determinado período del año donde se sepa con anticipación que los requerimientos de ventas y, por consiguiente, los de producción no son tan altos.
- J. A largo plazo se recomienda el uso de un programa de computación que vincule todas las áreas o departamentos de la fábrica de cigarrillos con el fin de entrelazar toda la información y poder tener una visualización global de la empresa.

VIII. Bibliografía

A. Libros Consultados

1. Moore, Franklin G. **Manufacturing Management**. Cuarta Edición, 1965. Richard D. Irwin, Inc. Homewood, Illinois, EE.UU. 892 páginas
2. Miltenburg, John. **Manufacturing Strategy, How to Formulate and Implement a Winning a Plan**. Primera Edición ,1995. Productivity Press, Inc. EE.UU. 372 Páginas
3. Benjamín S. Blanchard, Dinesh Verma, Elmer L. Peterson. **Maintainability, a Key to Effective Serviceability and Maintenance Management**. Primera Edición, 1995. John Wiley & Sons. Inc. EE.UU. 537 páginas.
4. Salih O. Duffuaa, A. Raouf, John Dixon Campbell. **Planing and Control of Maintenance Systems, Modeling and Analysis**. Primera Edición, 1999. John Wiley & Sons, Inc. EE.UU. 371 páginas
5. D.H. Stamatis. **TQM Engineering Handbook**. Primera Edición, 1997. Marcel Dekker, Inc. EE.UU. 637 páginas

6. Edward H. Hartmann, P.E. **Total Productive Maintenance. Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant.** Primera Edición, 1992. TPM Press, Inc. EE.UU. 219 páginas

B. Artículos Obtenidos de Internet

1. **Calculating Maintenance Cost Savings: How to show you're improving the bottom line.** Jim Powers, junio de 1999. <http://www.impomag.com>
2. **Lubrication Standards.** Abril de 1998. <http://www.smrp.org>
3. **Condition Based Maintenance and Performance.** Manou Hosseini, enero 1999. manou.hosseini@globalmss.com

C. Otros

1. **Manuales y catálogos de máquinas elaboradoras de cigarrillo.**