

**ESTRUCTURACIÓN GERENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE MANUFACTURAS ELIOT**

**SAÚL DARÍO ECHANDÍA CHAVISTÁ
MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ VILLABONA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2007**

**ESTRUCTURACIÓN GERENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE MANUFACTURAS ELIOT**

**SAÚL DARÍO ECHANDÍA CHAVISTÁ
MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ VILLABONA**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.**

**Director: RONALD VALENCIA SÁNCHEZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2007**

A Dios.

*A Zulma, mi esposa, por su apoyo moral y espiritual y por cederme su tiempo para lograr este éxito.
Con todo mi amor.*

A mis padres y hermanos por avivar continuamente mi espíritu de lucha.

A mi compañero Miguel por su constancia y dedicación para la realización de esta obra.

Saúl.

Al Todopoderoso,

*A mis padres por su ejemplo de
tesón, para alcanzar las metas
propuestas.*

*A mi esposa Lucero y a mis hijos
Miguelito y Lucerito quienes con
su amor y apoyo me dan la fuerza
necesaria para lograr nuestros
objetivos.*

*A Saúl por su constante esfuerzo y
valioso aporte para llevar este
trabajo a cabo.*

Miguel Ángel.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Los señores Alberto Douer, Antonio Grima y Enrique Villegas por su apoyo y colaboración.

La Ingeniera Serenel M. Toloza Toloza y al Ingeniero Cesar Lujan por su colaboración, respaldo y apoyo.

Todos los integrantes del Departamento de Mantenimiento de Manufacturas Eliot por su colaboración y apoyo.

El señor Eduardo Escobar por sus sabios consejos.

Con la valiosa colaboración de todos ellos fue posible que este trabajo se llevara a feliz término.

CONTENIDO

	pág.
Introducción	1
1. Historia de los textiles	3
1.1 Fibras textiles	4
1.1.1 Lino	4
1.1.2 Lana	5
1.1.3 Algodón	6
1.1.4 Seda	6
1.1.5 Fibras sintéticas	7
2. Manufacturas Eliot	9
2.1 Descripción	9
2.2 Ubicación geográfica y actividad económica	9
2.2.1 Misión	9
2.2.2 Visión	10
2.2.3 Organigrama	10
2.3 Descripción del proceso de producción	10
2.3.1 Materia prima	11
2.3.2 Tintorería	12
2.3.3 Estampación	15
2.3.4 Acabados	17
2.3.5 Revisión y empaque	18
2.3.6 Servicios	19
2.4 Descripción del departamento de mantenimiento	21
2.4.1 Organigrama	21
2.4.2 Estado actual del departamento de Mantenimiento	21
3. Modos de gestión de mantenimiento	24
3.1 Importancia de la gestión de mantenimiento	25
3.2 Mantenimiento correctivo	26
3.3 Mantenimiento preventivo	30
3.3.1 Objetivos del mantenimiento preventivo	31
3.3.2 Planeación preliminar	32
3.3.3 Instauración de un programa de MP	32
3.3.4 Examen de maquinaria y equipo dentro del MP	34
3.3.5 Frecuencia de las inspecciones	35
3.3.6 La hoja de comprobación de MP	37
3.3.7 Características de equipos sobre los que conviene realizar mantenimiento preventivo	38
3.3.8 Lubricación	38
3.4 Mantenimiento predictivo	40

	pág.
3.4.1 Temperatura	42
3.4.2 Análisis de aceites	43
3.4.3 Ultrasonido acústico	44
3.4.4 Ultrasonido de E.N.D	44
3.4.5 Vibraciones	45
3.5 Total Productive Maintenance	50
3.5.1 Definición y objetivos del TPM	50
3.5.2 Características del TPM como herramienta práctica del mantenimiento industrial en un proyecto de empresa en calidad total	53
3.5.3 Efectos del TPM	56
3.5.4 Necesidades y pilares básicos para el desarrollo del TPM	57
3.5.5 Programa de desarrollo del TPM y principales actividades	61
3.6 Análisis de criticidad	65
3.7 Sistema de información de mantenimiento – CMMS	67
4. Estructuración gerencial del departamento de manufacturas Eliot	70
4.1 Gestión de equipos	70
4.1.1 Lista de equipos	70
4.1.2 Codificación de equipos	71
4.1.3 Modelos de mantenimiento	71
4.1.4 Análisis de criticidad	73
4.1.5 Selección del modelo de mantenimiento	74
4.1.6 Ficha de equipo	76
4.1.7 Mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado	77
4.2 Gestión de repuestos	78
4.2.1 Clasificación de los repuestos	78
4.2.2 Criterios para selección de repuestos	79
4.2.3 Determinación del repuesto que debe estar en stock	80
4.2.4 Identificación de los repuestos	81
4.3 Gestión de la información	82
4.3.1 Órdenes de trabajo (O.T.)	82
4.3.2 Indicadores	87
4.3.3 Informes periódicos	92
4.3.4 Archivo de mantenimiento	94
4.3.5 Archivo técnico	96
4.3.6 Gestión de mantenimiento por medio de un CMMS	96
4.3.7 Gestión de recursos humanos	98
4.3.8 Gestión de costos	107
4.3.9 Gestión ambiental	109
5. Estrategia metodológica para la implementación	113
5.1 Recursos necesarios	113
5.2 Fase previa	113
5.3 Implantación	114

	pág.
5.3.1 Reorganización de los recursos humanos del departamento	114
5.3.2 Puesta a punto de la instalación	114
5.3.3 Puesta en marcha de un plan de Mantenimiento preventivo inicial	115
5.3.4 Organización del Almacén de Repuestos	116
5.3.5 Organización de talleres	116
5.4 Desarrollo	116
5.4.1 Reelaboración del plan de mantenimiento	116
5.4.2 Determinación de tareas de parada	117
5.4.3 Elaboración de la lista de repuestos mínima	117
5.4.4. Subcontratos	118
5.4.5 Plan de formación	118
5.5 Optimización	118
6. Conclusiones	120
Bibliografía	121

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Planta de lino	5
Figura 2. Corte de lana	5
Figura 3. Algodón	6
Figura 4. Gusano de seda	7
Figura 5. Fibras sintéticas	8
Figura 6. Organigrama Manufacturas Eliot.	10
Figura 7. Flujo de Proceso	11
Figura 8. Almacenamiento de materia prima en racks	11
Figura 9 Preparación de tela.	12
Figura 10 Flujo de preparación tela	12
Figura 11 Sección tintorería	13
Figura 12. Carga de tejido en jet.	13
Figura 13. Proceso de calentamiento en jet.	14
Figura 14. Proceso de enfriamiento en jet.	14
Figura 15. Descarga de tela.	15
Figura 16 Sección estampación	15
Figura 17. Flujo de tela en estampadora	16
Figura 18 Sección acabados	17
Figura 19. Flujo de tela en rama	18
Figura 20 Sección revisión.	19
Figura 21 Flujo de tela en revisión	19
Figura 22 Cuarto de calderas	20
Figura 23. Organigrama del departamento de mantenimiento.	21
Figura 24. Registro de mantenimiento por máquina	33
Figura 25. Ruta de lubricación	39
Figura 26. Ejemplo de termografía	43
Figura 27. Ejemplo de termografía	43
Figura 28 Equipo para análisis de ultrasonido	44
Figura 29. Diagrama de flujo para establecer programa predictivo	47
Figura 30. Selección de puntos para análisis de vibración	49
Figura 31. Objetivos del TPM	53
Figura 32. Proyecto de dirección total de la fabricación	54
Figura 33. Características del TPM como proyecto en un contexto de calidad total	55
Figura 34. Efectividad total de un sistema.	57
Figura 35. El TPM dentro del Mantenimiento Productivo Total	58
Figura 36. Actividades del TPM	60
Figura 37. Las doce etapas de un programa TPM	61

	pág.
Figura 38. Relación de las operaciones de mantenimiento sobre los conceptos de mantenimiento en el proceso TPM	63
Figura 39. Matriz General de Criticidad	67
Figura 40 Estructura de CMMS	68
Figura 41. Aplicación matriz criticidad	74
Figura 42. Modelos de mantenimiento	76
Figura 43. Selección de repuestos	81
Figura 44. Diagrama de flujo O.T.	83
Figura 45. Orden de trabajo correctiva	85
Figura 46. Orden de trabajo preventivo	87
Figura 47. Organigrama propuesto de mantenimiento	102

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Aplicación de parámetros de predictivo.	42
Tabla 2. Propiedades físicas de aceites.	43
Tabla 3. Factores ponderados a ser evaluados.	66

RESUMEN

TÍTULO: ESTRUCTURACIÓN GERENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE MANUFACTURAS ELIOT.

AUTORES: SAUL DARIO ECHANDIA CHAVISTA, MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ VILLABONA.

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO, GESTIÓN, CRITICIDAD, RECURSOS, ÍNDICES, INFORMACIÓN.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: El mantenimiento requiere ser gestionado de una forma gerencial para que cumpla su función principal que es garantizar la disponibilidad de los equipos de la planta.

El objetivo general de esta monografía es proponer una Estructuración Gerencial del Departamento de Mantenimiento de Manufacturas Eliot. Para lograr este objetivo se alcanzan metas específicas, que inicialmente diagnostican el estado actual del mantenimiento en la empresa; luego se realiza un estudio teórico de los diferentes modos de gestión y de las herramientas asociadas al análisis del mantenimiento. Con esta base teórica se define un procedimiento para seleccionar el modelo de mantenimiento adecuado para cada equipo, involucrando todos los recursos relacionados con el mismo. También se definen los indicadores de gestión que permiten evaluar el estado del mantenimiento y se establecen los parámetros para la selección de un Sistema Informático de Administración de Mantenimiento (CMMS). Realizando un análisis de los recursos humanos necesarios para esta nueva estructura, se diseña un nuevo organigrama del Departamento de Mantenimiento. Después de haber cumplido las metas enumeradas, se tiene la propuesta de un Departamento de Mantenimiento estructurado gerencialmente.

La estructuración gerencial propuesta, permitirá, si se llega a implementar, aumentar la disponibilidad, mejorar el diseño de los equipos y aumentar la producción y la calidad de la misma; permitiendo a la empresa ser más competitiva, disminuir los costos asociados a mantenimiento, funcionar en un marco ambiental amigable con el entorno, y aumentar su rentabilidad.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ronald Valencia Sánchez, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: MANAGEMENT STRUCTURE OF MANUFACTURAS ELIOT'S MAINTENANCE DEPARTMENT.

AUTHORS: SAUL DARIO ECHANDIA CHAVISTA, MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ VILLABONA

KEYWORDS: MAINTENANCE, ADMINISTRATION, CRITICITY, RESOURCES, INDICATORS, INFORMATION.

SUBJECT OR DESCRIPTION: The maintenance should be administrated with a management method to accomplish its principal function which is to guarantee the availability of the equipments of the factory.

The major objective of this monograph is to propose a Management Structure of Manufacturas Eliot's Maintenance Department. To achieve this specific objective goals were reached, which diagnosed the current state of the maintenance of the factory's equipment and then, a theoretic study to analyze the different patterns of management and the tools associated to the maintenance, was realized. With this theoretic basis a procedure was defined to select the appropriate maintenance pattern for each equipment involving all the resources related with it. Also some management indicators were defined which permit to evaluate the maintenance state and some parameters were established to select the Computer Management Maintenance System (CMMS). Accomplishing an analysis of the necessary human resources required for this new structure it was designed a new staff organization of the Maintenance Department. After the goals mentioned were reached we get a proposition of a Management Structure of Manufacturas Eliot's Maintenance Department.

The management structured proposed will allow, in case it is implemented, to increase the availability, to improve the designs, the productivity and quality of the equipments, allowing the Factory to be more competitive, to diminish costs associated to the maintenance, to function in an friendly environmental frame with the surrounding and consequently to increase its profitability.

* Monograph

** Physical-Mechanics Engineering Faculty. Specialization on Maintenance Management,
Director : Ronald Valencia Sánchez, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

Manufacturas ELIOT S.A. es una empresa perteneciente al sector textil, dedicada a la producción de telas, domiciliada en la ciudad de Bogotá. Sus productos están dirigidos al mercado de la confección a nivel nacional e internacional.

La empresa tiene en su estructura organizacional un departamento de mantenimiento cuya gestión presenta falencias que se manifiestan en paradas imprevistas de la maquinaria, repetitividad de problemas, largos tiempos de reparación, costos de mantenimiento del orden de \$2.000.000.000 al año, pérdida de tiempo en los procesos de producción y deficiencias en la calidad del producto afectado por los daños en la maquinaria. Las causas de estas falencias son diversas, identificando como principales: el no cumplimiento adecuado, para toda la maquinaria, de la programación de mantenimiento preventivo y predictivo, falta de planeación en la adquisición de los repuestos críticos, inexistencia de un análisis de los recursos humanos necesarios e inexistencia de indicadores de gestión de mantenimiento. Si esta situación continua y no se toman acciones, la empresa se vera abocada a una situación de deterioro de sus equipos y procesos, lo cual disminuirá su competitividad en el actual mercado globalizado, afectando su viabilidad como empresa.

Ante este panorama, es indispensable la estructuración del departamento de mantenimiento de MANUFACTURAS ELIOT S.A. desde un punto de vista gerencial, de tal forma que su servicio se posicione al nivel de competitividad requerido en el actual mercado mundial.

El objetivo general de esta monografía es proponer una estructuración del departamento de mantenimiento de MANUFACTURAS ELIOT S.A. desde un punto de vista gerencial para posicionarlo en un alto nivel de competitividad que le permita a la empresa participar exitosamente en el actual mercado globalizado.

Con el fin de alcanzar el objetivo general es necesario alcanzar los objetivos específicos:

- Diagnosticar el estado actual del departamento de mantenimiento.
- Estudiar los diferentes tipos de gestión de mantenimiento.
- Proponer un modelo para la aplicación de la gestión de mantenimiento en la empresa.

- Estudiar diferentes estilos gerenciales y proponer una estructura adecuada para las necesidades del departamento de mantenimiento.
- Establecer indicadores de gestión para el departamento.
- Diseñar un nuevo organigrama para el departamento de mantenimiento.
- Definir los parámetros necesarios para la adquisición de un sistema de Información de Mantenimiento.

Después de lograr dichos objetivos se obtendrá una propuesta de estructuración gerencial del departamento de mantenimiento de Manufacturas Eliot, el cual de implementarse, mejorara la productividad y competitividad de la misma al aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria usada en el proceso productivo.

Con un departamento de mantenimiento estructurado gerencialmente, Manufacturas Eliot, podrá ser más competitiva en el mercado globalizado de la industria textil.

1. HISTORIA DE LOS TEXTILES

La Palabra textil proviene del latín texere, que significa tejer, en el pasado solamente se le daba este nombre a las telas tejidas pero hoy también son textiles las fibras naturales y sintéticas que se utilizan para la fabricación de prendas de vestir, todos los materiales que utilizan estas fibras y también las telas no tejidas fabricadas en el laboratorio.

El empleo de las fibras textiles en la elaboración de prendas de vestir se remonta a la prehistoria, la necesidad de cubrir el cuerpo para protegerse del frío, del sol, etc., impulsó al hombre a utilizar elementos naturales para fabricar su vestimenta. Hoy en día no sólo se utilizan elementos naturales, sino que el hombre se da el lujo de fabricar sus propias telas en el laboratorio.

Para que una fibra textil pueda ser explotada industrialmente debe estar disponible, tener un suministro constante y bajo costo. Existen muchos tipos de fibras naturales que no cumplen estos requisitos y por lo tanto sólo son trabajadas a nivel artesanal.

La fibra es el elemento fundamental en la fabricación de hilos y telas. Las fibras que se emplearon en primer lugar en la historia del textil fueron las que la propia naturaleza ofrecía; pero aunque existen más de 500 fibras naturales, muy pocas son en realidad las que pueden utilizarse industrialmente, pues no todas las materias se pueden hilar, ni todos los pelos y fibras orgánicas son aprovechables para convertirlos en tejidos. El carácter textil de una materia ha de comprender las condiciones necesarias de resistencia, elasticidad, longitud, aspecto, finura, etc.

En la naturaleza y con la única excepción de la seda, las fibras tienen una longitud limitada, que puede variar desde 1 mm, en el caso de los asbestos, hasta los 350 mm de algunas clases de lanas, las cuales se llaman fibras discontinuas. Químicamente se pueden fabricar fibras de longitud indefinida, que resultarían similares al hilo producido en el capullo del gusano de seda y que se denominan filamentos; estos filamentos son susceptibles de ser cortados para asemejarse a las fibras naturales (fibra cortada).

Actualmente las fibras existentes pueden ser naturales o hechas por el hombre. Las fibras naturales son las obtenidas directamente de la naturaleza y pueden ser de origen vegetal (algodón, coco, lino, esparto,

rafia, capot, yute, cáñamo, ramio, henequén, etc.), animal (seda, lana, pelos, plumas) y mineral (amianto y fibra de vidrio).

Las fibras hechas por el hombre se clasifican en las elaboradas con polímeros naturales y las fabricadas con polímeros sintéticos. Las fibras de polímero natural son conocidas como fibras artificiales cuya materia prima es la celulosa, componente principal de la pared de las células vegetales.

También se utiliza la cáscara de la avena y los aceites de algunas semillas como el ricino, los derivados del carbón y del almidón (cupro, modal, viscosa, acetato, triacetato, alginato).

Las fibras de polímero sintéticos están elaboradas a partir de monómeros de la carboquímica y la petroquímica, que después de su transformación desembocan en productos que no tienen nada que ver con los elementos de partida, expresado sencillamente, son fibras fabricadas en laboratorio (acrílicas, aramida, cloro fibra, elastano, elastodieno, fluoro fibra, modacrílica, poliamida, poliéster, polietileno, polipropileno, vidrio, vinilal, fibras de carbono, fibras metálicas).

1.1 FIBRAS TEXTILES

El término fibras textiles se refiere a las que se pueden hilar o utilizar para fabricar telas mediante operaciones como tejido, trenzado o fieltado. El tejido, una de las primeras actividades artesanales, ya se practicaba en el neolítico, como lo demuestran los fragmentos de fibras de lino hallados en los restos de poblados lacustres de Suiza. En el antiguo Egipto los primeros textiles se tejían con lino; en la India, Perú y Camboya con algodón; en Europa meridional con lana y en China con seda.

1.1.1 Lino. Los primeros en utilizar el lino fueron los antiguos egipcios, razón por la cual se cree que la palabra lino se deriva de un vocablo egipcio.

Dado que los primeros tejidos de lino por lo general eran blancos, esta materia se convirtió en un símbolo de pureza, por lo que los egipcios no sólo lo usaban para la confección de prendas de vestir y artículos domésticos, sino también para sus prácticas religiosas. En el antiguo Egipto también se producían textiles con algodón importado de la India.

En la figura uno se muestra una planta de lino de la cual se extrae una fibra muy apetecida en la industria textil.

Figura 1. Planta de lino.



Fuente: www.trestreses.com/lino.htm

1.1.2 Lana. La Biblia menciona la gran calidad de la lana que se vendía en la ciudad de Damasco. Los antiguos pueblos del Cáucaso vestían mantos de lana denominados shal (de donde deriva la palabra chal). En la zona del Mediterráneo se criaban las ovejas por su lana —además de por su carne y su piel. Sicilia y el sector sur de Italia, proporcionaban lana a Roma para la confección de prendas de vestir. La mejor lana procedía de las ovejas merinas criadas en Castilla (España). En la figura 2 se muestra una manera artesanal del corte de lana.

Figura 2. Corte de lana



Fuente: www.arteyesperanza.com.ar/

Posteriormente los belgas aprendieron a fabricar textiles de lana de gran calidad y enseñaron esta artesanía a los sajones de Gran Bretaña, que también fueron famosos por sus excelentes tejidos.

1.1.3 Algodón. Aunque el algodón es la fibra textil más común en la actualidad, fue la última fibra natural en alcanzar importancia comercial. En el siglo V a.C. el historiador griego Heródoto informaba que uno de los productos valiosos de la India era una planta silvestre cuyo fruto era el vellón; en el siglo siguiente, Alejandro Magno introdujo el algodón indio en Grecia. Aunque los antiguos griegos y romanos utilizaban algodón para toldos, velas y prendas de vestir, en Europa no se extendió su uso hasta varios siglos después.

En América, los habitantes del México prehispánico utilizaban algodón para elaborar telas. Durante los siglos XV y XVI los exploradores europeos encontraron textiles de algodón en las Antillas y Sudamérica. Los primeros colonos ingleses ya cultivaban algodón; con la introducción de la desmotadora de algodón, inventada en 1793 por el estadounidense Eli Whitney, el algodón se convirtió en la fibra más importante del mundo en cuanto a su cantidad, su bajo costo y su utilidad. En la figura 3 se observa una planta de algodón.

Figura 3. Algodón



www.revista.serindigena.org

1.1.4 Seda. Según la leyenda china, la seda empezó a tejerse en el siglo XXVII a.C. durante el reinado del emperador Huang Ti, cuya esposa desarrolló supuestamente la técnica de devanar el hilo del gusano de seda para tejerlo. Aunque durante muchos siglos se exportaron seda en bruto y los tejidos de seda a los países mediterráneos, la fuente de dicha fibra no fue conocida por los europeos hasta el siglo VI d.C., cuando unos viajeros que volvían de China trajeron de contrabando a Occidente huevos del gusano de seda; a partir de ellos empezaron a criarse gusanos en Grecia e Italia. En el siglo XII, la seda se usaba ya en toda Europa para la confección de tejidos suntuosos.

En el hemisferio occidental, los intentos de criar gusanos de seda comenzaron en 1620, cuando el rey Jacobo I de Inglaterra exhortó a los colonos a producir seda en vez de tabaco. Los colonos de Georgia

lograron un cierto éxito, pero los esfuerzos posteriores en Connecticut y Nueva Jersey fracasaron debido a la falta de mano de obra eficaz y barata, necesaria para cultivar las moreras de las que se alimentan los gusanos y para ocuparse de éstos.

A mediados del siglo XX sólo Japón y China producían cantidades importantes de seda. Cuando empezó la II Guerra Mundial, Japón suministraba el 90% de la producción mundial de seda en bruto. Cuando Occidente quedó privado de esa fuente durante la guerra, se utilizaron en su lugar fibras sintéticas de nailon, que había sido desarrollado en la década de 1930. La figura 4 muestra un gusano de seda.

Figura 4. Gusano de seda



Fuente: www.todotelas.cl

1.1.5 Fibras sintéticas. La Belleza y el precio de la seda estimularon a muchos de los primeros científicos a desarrollar una fibra que se pareciera al hilo del gusano de seda. En 1664 el científico británico Robert Hooke sugirió la posibilidad de sintetizar una sustancia pegajosa semejante al fluido segregado por el gusano de seda para tejer su capullo. Sin embargo, pasaron más de 200 años hasta que un científico francés (El Conde Hilaire de Chardonnet) inició la producción artificial de fibras, conocidas al principio como seda artificial. El proceso de Chardonnet, que seguía el principio sugerido por químicos anteriores, consistía en forzar el paso de un líquido viscoso a través de pequeñas toberas (denominadas boquillas de hilatura) y endurecer el fluido para formar hilo coagulándolo en un baño químico. Este proceso sigue siendo el método básico para producir fibras textiles sintéticas, en 1924, el término 'seda artificial' fue sustituido por el de rayón.

El nailon se introdujo en la década de 1930, esta fibra, más resistente que la seda, se utiliza mucho en la confección de prendas de vestir, calcetería, tela de paracaídas y cuerdas. A partir de 1940 muchas otras fibras sintéticas alcanzaron importancia en la industria textil, como el poliéster

(en ocasiones denominado dacrón), el polivinilo, el polietileno y la olefina (véase Plásticos). En 1968 se introdujo un nailon parecido a la seda conocido como qiana. Los tejidos fabricados con qiana no se arrugan, mantienen los plisados y tableados y presentan colores bien definidos y estables al ser teñidos.

La utilización de fibras artificiales condujo a numerosos cambios en la economía textil, debido a que los métodos de producción y características físicas de estas fibras podían adaptarse para cumplir requisitos específicos. Los países altamente industrializados, que antes estaban obligados a importar algodón y lana como materias primas para los textiles, pasaron a fabricar sus propias fibras a partir de recursos disponibles como el carbón, el petróleo o la celulosa. El desarrollo de las fibras sintéticas (Figura 5) llevó a la producción de nuevos tipos de tejidos, duraderos y de fácil lavado y planchado.

Figura 5. Fibras sintéticas



Fuente: www.acencorp.com

2. MANUFACTURAS ELIOT

2.1 DESCRIPCIÓN

Manufacturas ELIOT S.A. es una empresa de capital privado, cuya naturaleza es Sociedad Anónima, dedicada a la producción y comercialización de telas, dirigida a los confeccionistas de prendas de vestir.

La empresa tiene 50 años de existencia y nació en la ciudad de Barranquilla, que para la época era una ciudad que empezaba a florecer industrialmente aprovechando sus ventajas geográficas.

De Barranquilla se trasladó al Centro del país, hace cuatro décadas, por motivos económicos. Inicialmente fue una empresa familiar de responsabilidad limitada.

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ACTIVIDAD ECONÓMICA

El centro de operación está ubicado en la ciudad de Bogotá D.C., pertenece al sector textil y tiene una cobertura a nivel nacional e internacional, exportando a países como Venezuela, Ecuador, Perú y México.

Manufacturas ELIOT S.A. se apoya en una red de distribución propia que le permite llegar a la mayoría de las ciudades del país y cuenta con una infraestructura de exportación para llevar sus productos al exterior.

Al comprar los productos de Manufacturas ELIOT S.A., los clientes satisfacen su necesidad de adquirir materia prima (Tela) para sus procesos productivos de confección de prendas de vestir.

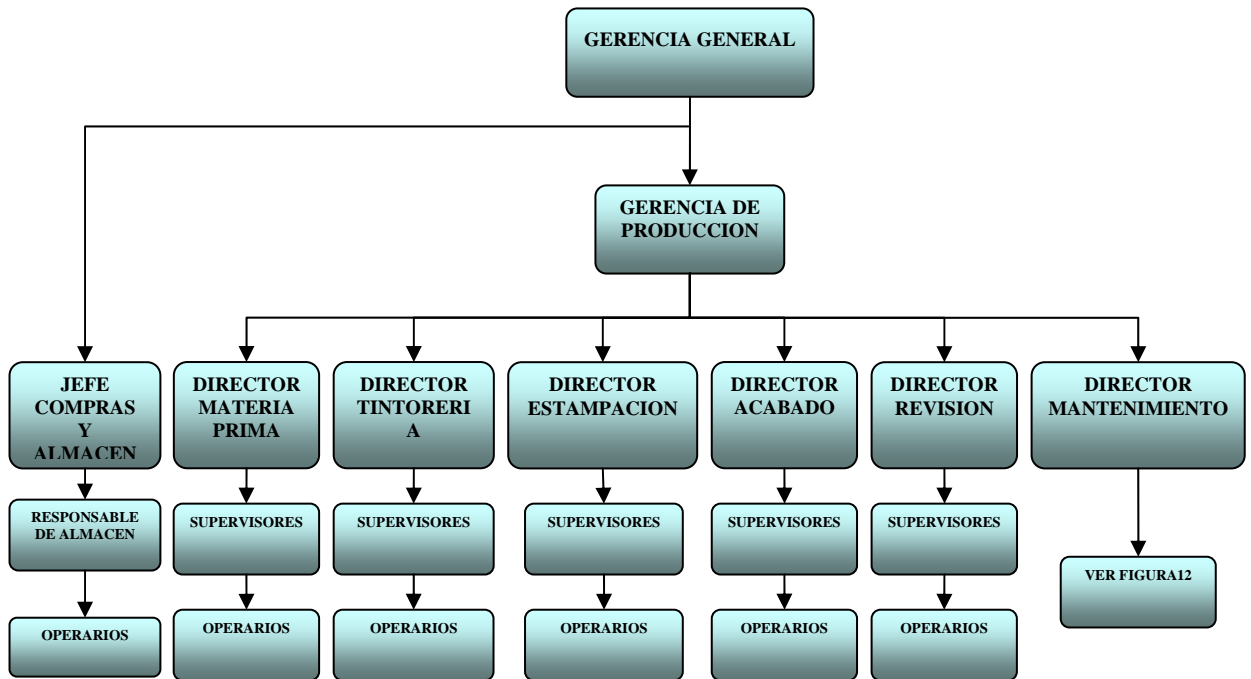
La estructura administrativa de la planta de producción de manufacturas Eliot es de tipo horizontal con pocos niveles intermedios y su organigrama se presenta en la Figura 6.

2.2.1 Misión. Empresa que ofrece moda a sus clientes mediante la utilización de telas cómodas, innovadoras duraderas y placenteras.

2.2.2 Visión. Ser la mejor y más grande empresa textil del mercado latinoamericano en el mediano plazo, a través del continuo incremento en la versatilidad e innovación de nuestros productos brindando a nuestros clientes el mejor servicio al mejor precio.

2.2.3 Organigrama. En la figura 6 se muestra el organigrama general de la empresa. El organigrama detallado de mantenimiento se muestra en la figura 23.

Figura 6. Organigrama Manufacturas Eliot.

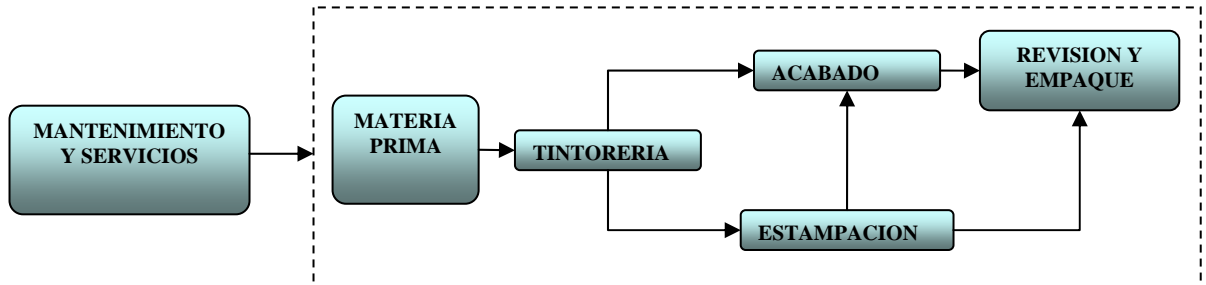


Fuente: Autor

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El flujo del proceso de producción se muestra en la figura 7, posteriormente se describen cada uno de los pasos en este proceso.

Figura 7 Flujo de Proceso.



Fuente: Autor

2.3.1 Materia prima. La materia prima que se utiliza es tela cruda en rollo proveniente de la planta de tejeduría ADOTEX, esta se recibe en racks que se almacenan en las bodegas de crudo. Allí se organizan los racks de acuerdo a los programas de producción previamente establecidos como se muestra en la figura 8. Su área es $25500 m^2$ y corresponde al 36.9% del total de la planta.

Figura 8. Almacenamiento de materia prima en racks.



Fuente: Autor

La tela se descarga de los racks y se entrega a las máquinas plegadoras encargadas de desenrollarla y plegarla sobre los carros para ser transportada a la tintorería como se muestra en la figura 9.

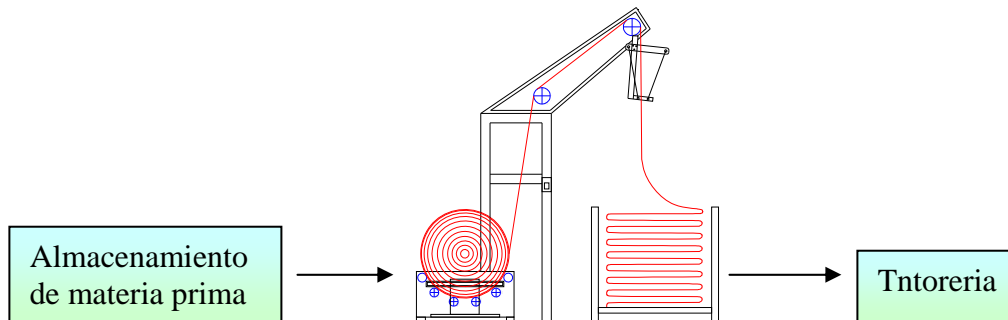
Figura 9. Preparación de tela.



Fuente: Autor

Para el proceso anteriormente mencionado se cuenta con cinco maquinas plegadoras, cuyo flujo se muestra en la figura 10.

Figura 10. Flujo de preparación tela.



Fuente: Autor

Las características técnicas de las mencionadas máquinas son:

- Velocidad: 120mt/min.
- Máximo ancho de tela: 2 m.

2.3.2 Tintorería. En esta sección se realiza el proceso de teñido de la tela para lo cual se requiere una infraestructura de máquinas de teñido llamadas “JETS”; redes de vapor, agua y aire.

Una vista general se muestra en la figura 11, el área física de la sección de tintorería es 15000 m^2 y corresponde al 21.7% del total de la planta.

Figura 11. Sección tintorería.

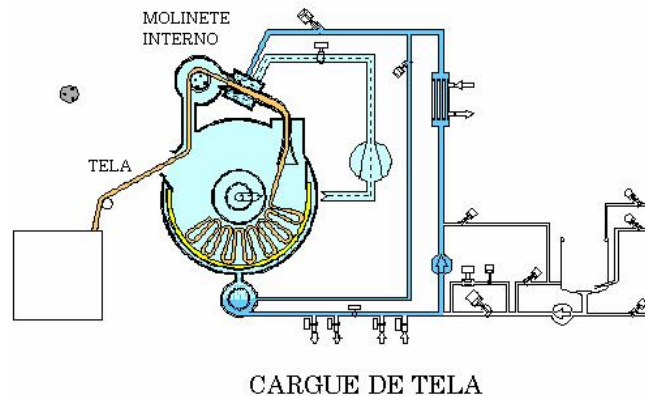


Fuente: Autor

Las teñidoras de tela son máquinas que permiten la coloración de las fibras, por medio de un proceso de adición de colorantes y productos químicos, calentamiento y enfriamiento, el cual se describe a continuación.

- ❖ **Carga del tejido.** En este paso se introduce la tela a la máquina de teñido por medio del molinete interno como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Carga de tejido en jet.

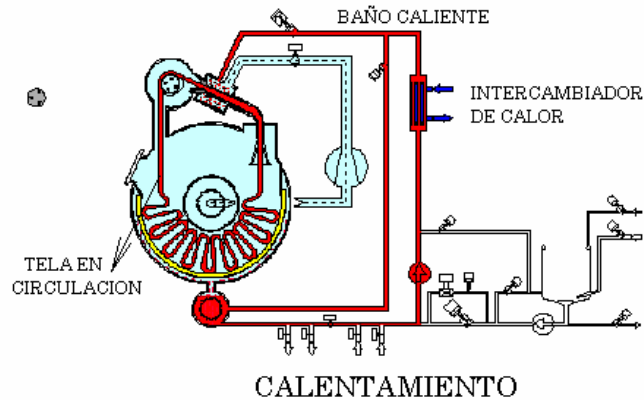


Fuente: Manual máquina teñidora Then

Después se adiciona agua, colorantes y productos químicos necesarios para el proceso de teñido.

- ❖ **Calentamiento.** Con la tela dentro de la maquina se procede a circularla a través de la misma por medio de una bomba que impulsa el baño de colorantes el cual la transporta; en algunas máquinas se ayuda a esta circulación por medio de un ventilador que suministra aire al flujo de la bomba. Cuando la tela está circulando se calienta el baño por medio de un intercambiador de calor y se eleva a temperaturas de hasta 135 °C, permaneciendo así durante un periodo de tiempo. Las temperaturas y tiempos de permanencia dependen de los tipos de tela y los colorantes utilizados. El proceso de calentamiento se muestra en la figura 13.

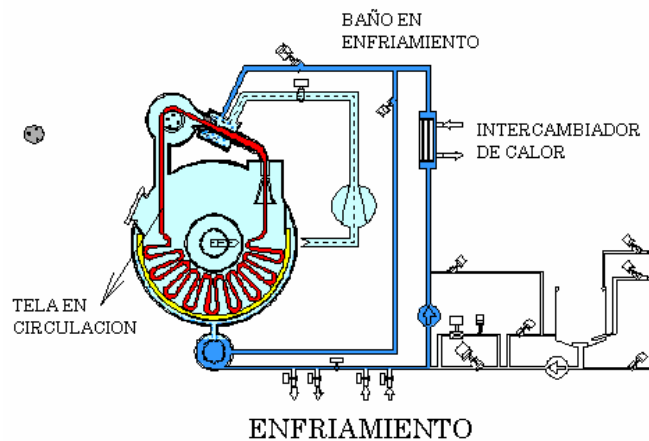
Figura 13. Proceso de calentamiento en jet.



Fuente: Manual máquina teñidora Then

- ❖ **Enfriamiento.** Después de haber alcanzado la temperatura de calentamiento y permanencia se procede a circular la tela enfriando el baño por medio de un intercambiador de calor que la baja hasta 30°C. El proceso se muestra en la figura 14.

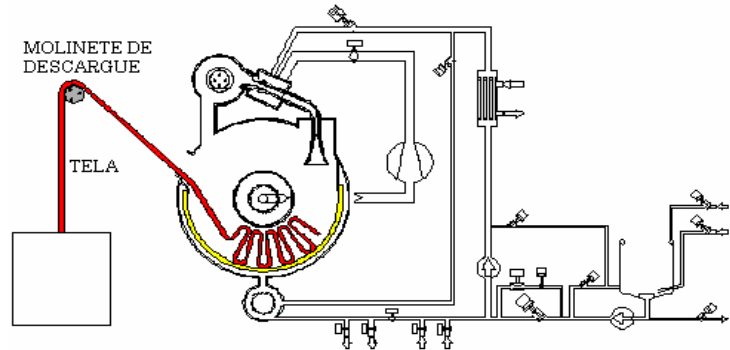
Figura 14. Proceso de enfriamiento en jet.



Fuente: Manual máquina teñidora Then

- ❖ **Descarga.** Con la tela ya fría y teñida se procede a sacar la misma de la maquina por medio del molinete de descarga como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Descarga de tela.



DESCARGUE DE TELA

Fuente: Manual máquina teñidora Then

Para este proceso se cuenta con setenta y nueve (79) máquinas de teñido de diferentes marcas y modelos cuyas características principales son:

- Temperatura máxima de trabajo: 135°C
- Presión máxima de trabajo: 3.5 bar.
- Capacidad máxima: 450 Kg. de tela
- Tiempo promedio de duración de proceso: 6 horas

2.3.3 Estampación. En esta sección se realiza el proceso de estampado de la tela para lo cual se requiere una infraestructura de máquinas llamadas estampadoras, redes de vapor, aceite térmico, agua y aire. Una vista general se muestra en la figura 16. Su área física es 5250 m² (7.6% del área total).

Figura 16. Sección estampación



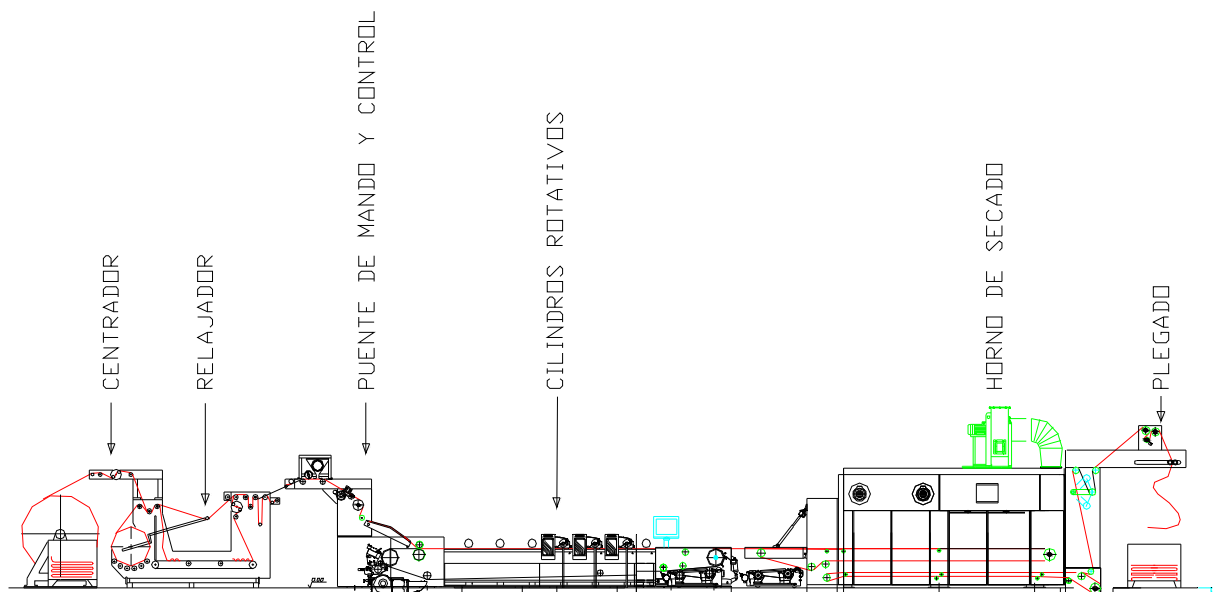
Fuente: Autor

En este proceso se graban los diferentes motivos y dibujos sobre las telas que lo requieran de acuerdo a su diseño teniendo en cuenta los siguientes pasos: la tela entra a la máquina por medio del centrador y pasa a un sistema de relajación para reducir tensión por medio de una malla transportadora. Después del relajador la tela va al puente de mando y control de donde se envía sobre una banda transportadora a los cilindros rotativos de impresión del estampado, los cuales aplican el color de acuerdo a la figura requerida. Luego del estampado se envía la tela a un horno de secado donde se somete a una temperatura de hasta 190°C para secar el color aplicado en los cilindros de impresión. Después del horno pasa a la salida de la máquina donde se pliega la tela en carros para el siguiente proceso. El flujo del proceso de estampación se muestra en la figura 17.

Para dicho proceso se cuenta con cuatro (4) máquinas estampadoras rotativas cuyas características técnicas son:

- Velocidad máxima: 100 m/min.
- Ancho máximo de tela: 2.0 metros.
- Temperatura máxima de operación: 190 °C.

Figura 17. Flujo de tela en estampadora



Fuente: Autor

2.3.4 Acabados. En esta sección se realiza el proceso de acabado de la tela para lo cual se requiere una infraestructura de máquinas termofijadoras llamadas “RAMAS”; redes de vapor, aceite térmico, gas natural, agua y aire. Una vista general se muestra en la figura 18. Su área física es 8800 m^2 y corresponde al 12.8% del total de la planta.

Figura 18. Sección acabados.



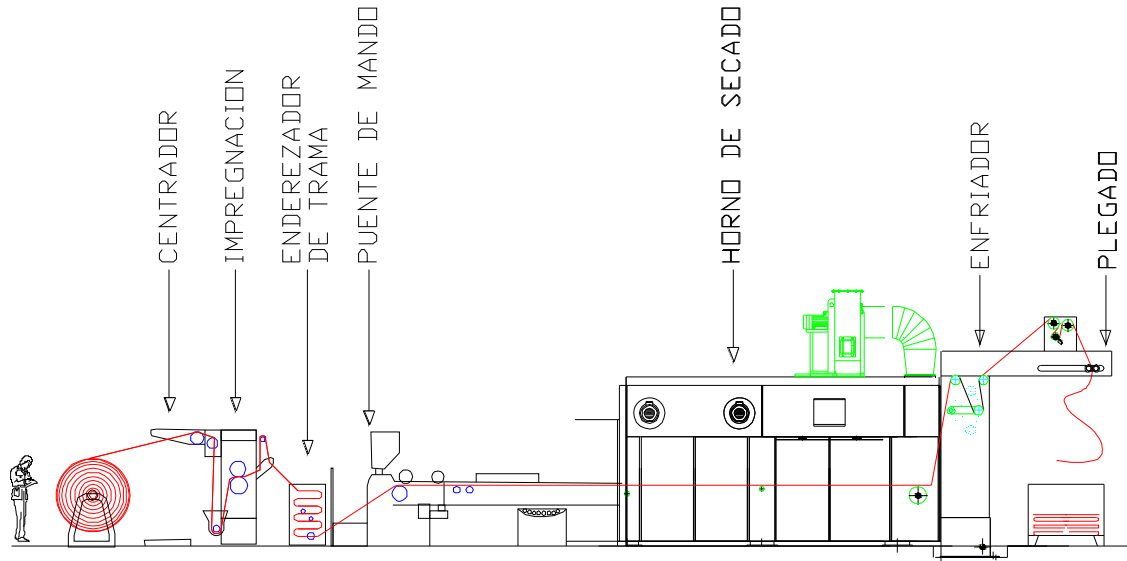
Fuente: Autor

La rama termofijadora es una máquina que por medio de un proceso de tensionado mecánico de la tela, un calentamiento a 200°C y la adición de productos auxiliares fija el color a las fibras del tejido y proporciona una estabilidad superficial (toque) y dimensional. Después de este proceso la tela se puede confeccionar, lavar y planchar sin que pierda ninguna de sus características. El proceso de acabado se describe a continuación:

- La tela entra a la máquina por medio de un centrador y pasa a la tina de impregnación de productos auxiliares. Después de la impregnación de auxiliares, la tela entra al enderezador de trama y sigue al puente de mando y control donde se entrega a la cadena que la tensiona y la transporta.
- Luego del puente de mando se pasa por el vaporizador donde se le aplica vapor que esponja las fibras del tejido para que reciba mejor el choque térmico en el horno de secado.
- Después del vaporizador, la tela entra al horno de secado donde se somete a una temperatura de 200°C y a una tracción mecánica a lo ancho de la tela, para fijar el color y dar la estabilidad dimensional y superficial requerida, de ahí pasa hacia al enfriador, donde se somete a un choque de aire frío para disminuir su temperatura.
- Luego del enfriamiento la tela pasa por el sistema de tracción de salida para ser entregada al sistema de plegado o de enrollado final.

El flujo del proceso se muestra en la figura 19.

Figura 19. Flujo de tela en rama.



Fuente: Autor

Para realizar el proceso se cuenta con doce (12) máquinas termofijadoras más conocidas, en el medio textil, como “RAMAS”, cuyas características técnicas son:

- Velocidad máxima: 100 m/min.
- Ancho máximo: 2.20 metros.
- Temperatura máxima de secado 200°C.

2.3.5 Revisión y empaque. En esta sección se ejecuta la última actividad del proceso productivo en donde, por medio de máquinas revisadoras, se efectúa el control final de defectos de la tela, se enrolla la misma y pasa a empaque en donde se forran los rollos en plástico para ser despachados a los clientes. Su área física es $2100 m^2$ y corresponde al 3% del total de la planta. La figura 20 muestra una zona del departamento de revisión y empaques.

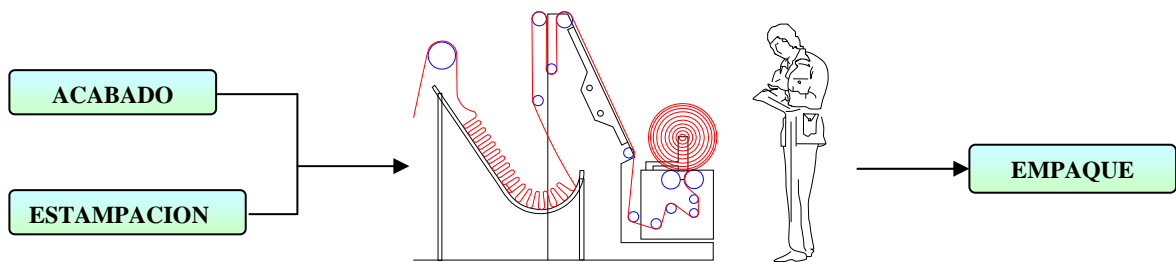
Figura 20. Sección revisión.



Fuente: Autor

Para este proceso se cuenta con 18 máquinas revisadoras y dos empacadoras, cuyo flujo se muestra en la figura 21.

Figura 21. Flujo de tela en revisión.



Fuente: Autor

2.3.6 Servicios. Para el funcionamiento de toda la empresa es necesario proveer y asegurar el suministro de diversos servicios primarios diferentes a las materias primas e insumos, tales como vapor, aceite térmico, agua y aire comprimido. Su área física es $2000 m^2$ y corresponde al 2.9% del total de la planta.

- ❖ **Generación de vapor.** En esta sección se genera, por medio de calderas pirotubulares, vapor saturado a 125 P.S.I. para utilizar en los procesos de calentamiento de las máquinas de teñido y en los vaporizadores de las máquinas de termofijado. La capacidad total de las calderas de vapor es de 3700 B.H.P. representados en cinco (5) calderas de diferentes capacidades: tres (3) de 900 B.H.P., una (1) de 700 B.H.P. y una (1) de 300 B.H.P.

- ❖ **Calentamiento de aceite térmico.** En esta sección se calienta, por medio de calderas de serpentín, el aceite térmico, hasta una temperatura de 280°C, para utilizar en el calentamiento de las máquinas termofijadoras (ramas) y de las estampadoras. La capacidad total de calentamiento del aceite térmico es de 10'200.000 Kcal./hr representados en cinco (5) calderas de diferentes capacidades: Dos (2) de 3'000.000 Kcal./hr., dos (2) de 1'500.000 Kcal./hr. y una (1) de 1'200.000 Kcal./hr. En la figura 22 se observa el cuarto de calderas.

Figura 22. Cuarto de calderas.



Fuente: Autor

- ❖ **Suministro de aire comprimido.** En esta sección se genera, por medio de compresores de tornillo, el aire comprimido a 110 P.S.I., el cual se utiliza en los sistemas neumáticos de la maquinaria del proceso textil.

La capacidad total de generación de aire comprimido es de 1800 C.F.M. (Pies cúbicos por minuto) representados en cuatro (4) compresores de 450 C.F.M. cada uno.

- ❖ **Suministro de agua.** En esta sección se almacena y bombea el agua utilizada para los procesos de teñido, estampado y acabado.

Para los procesos de teñido, acabado y estampado se usa agua fría a 20°C, la cual se almacena en dos tanques que suman 700 m³ y se bombean por medio de cuatro bombas centrífugas de 150 m³/hr de caudal con una cabeza de 30 m. cada una

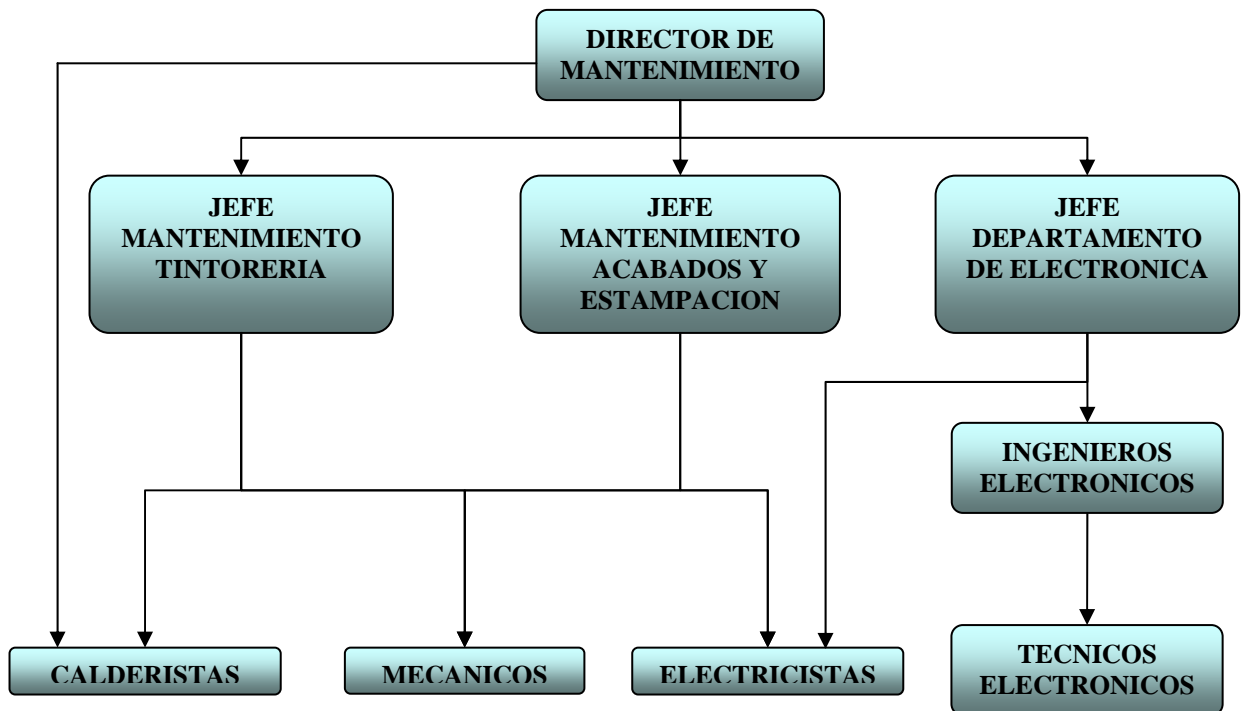
Para el proceso de teñido se usa agua caliente a 60 °C, la cual se almacena en un tanque de 100 m³ y se bombea por medio de dos (2) bombas centrífugas de 150 m³/hr de caudal con una cabeza de 30 m. cada una.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

En esta sección se lleva a cabo el mantenimiento de la empresa y su área física es de $300 m^2$ y corresponde al 0.4% del total de la planta.

2.4.1 Organigrama. Actualmente el departamento está estructurado de acuerdo con el organigrama que se muestra en la figura 23.

Figura 23. Organigrama del departamento de mantenimiento.



Fuente: Autor

2.4.2 Estado actual del departamento de Mantenimiento. Actualmente la gestión del departamento de mantenimiento presenta falencias que generan pérdidas en tiempo, calidad, producción y dinero, tal como se planteó en la descripción inicial del problema.

El departamento opera durante las veinticuatro horas del día en tres turnos de 8 horas en los cuales trabajan un mecánico, dos ayudantes de mecánica, un electricista y un ayudante de electricidad. Su función principal es atender los imprevistos que se presentan en la planta los cuales son informados por dos canales:

- Órdenes de reparación escritas o verbales generadas por los supervisores de producción.

- Órdenes verbales generadas por los ingenieros de mantenimiento.

Estas órdenes son en su gran mayoría de tipo correctivo y su trámite de cierre se realiza de forma verbal generando mal manejo de la información, inconformidades con la calidad del trabajo realizado y anulando la posibilidad de hacer gestión sobre el proceso y sus resultados.

Adicional al personal de turno se cuenta con un turno diurno el cual está conformado por dos técnicos electrónicos, un lubricador, dos soldadores, tres mecánicos de acabados, dos mecánicos de estampación, un técnico electromecánico, dos mecánicos de montajes y dos oficiales de obras civiles; quienes realizan los mantenimientos preventivos, montajes y apoyo al personal de turno en las labores correctivas. Su trabajo es asignado de manera verbal por los ingenieros de mantenimiento.

El departamento presta el servicio de suministro de vapor y aceite térmico generados en la sección de calderas, la cual es manejada las veinticuatro horas del día por tres calderistas en turnos de 8 horas cada una.

Los mantenimientos preventivos son ejecutados de acuerdo a un programa establecido durante el año de común acuerdo entre mantenimiento y producción.

La planeación de los mismos y la asignación de los recursos humanos requeridos son llevados a cabo por el ingeniero jefe de mantenimiento, de cada área junto con el director de mantenimiento, de acuerdo a las necesidades y prioridades de cada una de las secciones.

El presupuesto asignado para el área de mantenimiento es definido por la gerencia y el jefe de compras. Así mismo la compra de los repuestos y materiales solicitados se realiza o no, de acuerdo al criterio del departamento de compras. Estas políticas generan conflictos entre los departamentos de mantenimiento y compras ya que no hay certeza de que lo solicitado se compre.

Para el mantenimiento preventivo anual de las maquinas de acabados y estampación se realiza un análisis de vibraciones en los principales motores para determinar su estado, sobre estos resultados se planean acciones de mantenimiento.

Los trabajos de metalmecánica, reparación de motores, fabricación de cauchos y empaquetaduras se contratan con talleres externos.

Resumiendo:

- Existe mínimo Mantenimiento Preventivo.

- Existe Mantenimiento Correctivo.
- No existe un Sistema de Gestión que permita asegurar la Calidad del servicio.
- Hay baja disponibilidad de maquinaria.
- Existe un alto índice de paradas de máquina
- Hay desconocimiento de puntos críticos de cada máquina y del proceso.
- No existe codificación de equipos.
- Falta identificación de los indicadores de gestión.
- Hay baja eficiencia de las máquinas.

3. MODOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficaces son necesarios: el control, la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana, logrando así que se reduzcan costos, tiempo de paro de los equipos de trabajo, etc.

Un sistema eficaz de operación y control de mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento y debe incorporar las siguientes características.

- Demanda de mantenimiento, es decir, qué trabajo tiene que hacerse y cuando.
- Recursos de mantenimiento, es decir, quien hará el trabajo y qué materiales y herramientas se necesitan.
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
- Normas de rendimiento y calidad, es decir, cuanto tiempo se requerirá para hacer un trabajo y las especificaciones aceptables.
- Retroalimentación, monitoreo y control, es decir, el sistema debe generar información y reportes para el control del costo de calidad y la condición de la planta, también es necesario un mecanismo de recopilación de datos y un surgimiento regular para la retroalimentación y el control.

Se define mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función de mantenimiento ha salvado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera guerra mundial, y sobre todo de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no

sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar que tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él, los costos de mantenimiento. Pero lo que se busca es aumentar y viabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costos asociados y es aquí en donde aparece el mantenimiento Preventivo, el mantenimiento Predictivo, el mantenimiento Proactivo, y el Mantenimiento Basado en confiabilidad (RCM).

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas transferidas son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la maquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir cero averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

3.1 IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La competencia obliga a bajar costos, por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapte a las características de cada planta; también es necesario analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que se dedique la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; de igual manera se debe estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es preciso aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino, hasta el punto en que la no disponibilidad no interfiera en la planta de producción.

Es importante gestionar el mantenimiento por que han aparecido gran variedad de técnicas que es fundamental analizar. Además se debe estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa, y como desarrollarlas en el caso de que pudieran ser aplicadas. Algunas de estas técnicas son las ya comentadas: Mantenimiento

correctivo, mantenimiento preventivo, TPM, diversas técnicas de mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones, termografías, detección de fugas por ultrasonido, etc.).

- Los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.
- La calidad, la seguridad y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado un mayor grado de importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento.

Por todas estas razones, es necesario definir políticas, formas de actuación, objetivos, valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora. En definitiva, es necesario gestionar y gerenciar el mantenimiento.

Dos de los parámetros que definen el tipo de mantenimiento más adecuado para cada industria en particular son los siguientes:

- **Confiabilidad:** Es la capacidad que tiene un sistema, conjunto o máquina, para realizar su función específica en condiciones y rendimiento de diseño, durante un período de tiempo determinado.
- **Disponibilidad:** Es la probabilidad que un sistema, conjunto o equipo se encuentre listo para su utilización en un determinado momento y durante un período de tiempo requerido.

En base a estos dos parámetros se pueden tomar decisiones gerenciales en pro de una mejor relación costo – beneficio.¹

3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO²

Este tipo de mantenimiento es definido como “operación de una máquina hasta su falla” en la que se deja operar el equipo hasta que la avería se produzca.

✓ **Ventajas**

- Aprovechamiento al máximo de la operación del equipo, hasta su rotura.

1.García Garrido, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento: Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid, Ediciones Díaz de Santos, 2003. Pág. 1-5

2.Ibid, Pág. 99-104

- Poca infraestructura administrativa y de diagnóstico.
- No se requiere de alto nivel técnico en el personal de operación.
- ✓ **Desventajas**
 - Paradas imprevisibles de dimensiones desconocidas.
 - Pérdida de tiempo en producción.
 - Se requiere de una inversión alta en tiempo y trabajadores para la reparación.
 - Daños excesivos en las unidades.
 - Riesgo de daño de elementos de difícil adquisición, lo cual obliga a mantener un stock alto de repuestos.

- ❖ **Gestión del mantenimiento correctivo.** Para gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento es necesario establecer un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente. No sirve de mucho tratar de evitar las fallas, si cuando estas se producen, no se puede proporcionar una respuesta adecuada. Se debe recordar que un alto porcentaje de horas-hombre dedicadas al mantenimiento, se emplea en la solución de fallos que no han sido detectados por mantenimiento, sino comunicados por el personal de producción. Este porcentaje varía mucho entre empresas, dependiendo del tipo de gestión implementado. Se puede estimar que, en promedio, más del 70% el tiempo total dedicado a mantenimiento se utiliza para solución de fallas no programadas. Gestionar con eficacia el mantenimiento correctivo significa:
 - Realizar intervenciones con rapidez, que permitan la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible (MTTR, TIEMPO MEDIO DE REPARACION, Bajo).
 - Realizar intervenciones fiables, y adoptar medidas para que éstas no se vuelvan a producir en un periodo de tiempo suficientemente largo (MTBF, TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS, Grande).
 - Consumir la menor cantidad posible de recursos (tanto mano de obra como materiales).

- ❖ **Distribución del tiempo en la reparación de una avería.** El tiempo necesario para la puesta a punto de un equipo tras una avería se distribuye de la siguiente manera:

- Tiempo de detección: Es el tiempo que transcurre entre el origen del problema y su detección. Cuanto antes se detecte la avería, habrá causado menos daño y su reparación será más fácil y económica. Este tiempo puede reducirse si se desarrollan sistemas que permitan detectar los fallos en su fase inicial, como inspecciones rutinarias, comprobación de parámetros de funcionamiento, y formación adecuada del personal de producción.
- Tiempo de comunicación. Es el tiempo que transcurre entre la detección del problema y localización del equipo de mantenimiento. Este periodo se ve afectado por los sistemas de información y comunicación con el personal de mantenimiento y sus responsables. Para reducir este tiempo, debe existir un sistema de comunicación ágil, que implique el menor número de personas y debe disponerse de medios que permitan comunicarse con el personal de mantenimiento sin necesidad de la búsqueda física.
- Tiempo de espera. Tiempo transcurrido entre la comunicación de la avería hasta el comienzo de la reparación. Este tiempo es afectado por varios factores: número de operarios de mantenimiento disponibles, complejidad del sistema de gestión de órdenes de trabajo, medidas de seguridad a adoptar, y distancia del taller a la planta, entre otras. Este tiempo se puede reducir si se tiene una nómina adecuadamente dimensionada, si se dispone de un sistema ágil de gestión de órdenes y de obtención de permisos de trabajo, y si la distancia del taller a los equipos es mínima (la ubicación óptima es el centro de la planta).
- Diagnóstico de la avería: Es el tiempo necesario para que el operario de mantenimiento determine que ocurre en el equipo y su solución. Este tiempo es afectado por varios factores: formación y experiencia del personal, y por la calidad de la documentación técnica disponible. Este tiempo se puede reducir si se dispone de planos y manuales en las proximidades de los equipos y si se elaboran listas de averías en las que se detallen síntoma, causa y solución de las averías producidas en el pasado o que se puedan producir.
- Acopio de repuestos y materiales. Es el tiempo transcurrido hasta la llegada del material necesario para realizar la intervención. Incluye el tiempo necesario para localizar el repuesto en el almacén, realizar los pedidos necesarios, para que el proveedor los entregue en la planta, para acondicionarlos (si es necesario), para verificar sus especificaciones, y para colocarlos en el lugar de su utilización. Este tiempo es afectado por la cantidad de materia en stock, por la organización del almacén, por la agilidad en el departamento de compras, y por la calidad de los proveedores. Para optimizar este tiempo, se debe contar con un almacén adecuadamente

dimensionado y eficiente, un servicio rápido de compras, y con proveedores de calidad y con vocación de servicio.

- Reparación de la avería. Es el tiempo necesario para solucionar el problema surgido, y que el equipo quede en disposición de producir. Se ve afectado por el alcance del problema y por los conocimientos y habilidad de los encargados de su resolución. Para optimizar este tiempo es necesario disponer de un sistema de mantenimiento preventivo que evite averías de gran alcance y disponer de un personal eficaz, motivado y muy bien capacitado.
- Pruebas funcionales. Es el tiempo necesario para comprobar que el equipo está adecuadamente reparado. Este tiempo suele ser una buena inversión: si un equipo no entra en servicio hasta que no se ha comprobado que alcanza todas sus especificaciones, el número de órdenes de trabajo disminuye, y con él, todos los tiempos detallados en los seis primeros ítems. Para su optimización se debe determinar cuáles son las mínimas pruebas que se deben realizar para comprobar las perfectas condiciones del equipo, y redactar procedimientos detallados para la realización de las pruebas funcionales y como llevarlas a cabo.
- Puesta en servicio. Es el tiempo que transcurre entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio del equipo. Está afectado por la rapidez y agilidad de las comunicaciones. Para optimizarlo es necesario disponer de sistemas de comunicación eficaces y de sistemas burocráticos ágiles que no sean un obstáculo para la puesta en marcha de los equipos.
- Redacción de informes. El sistema documental de mantenimiento debe recoger al menos los incidentes más importantes de la planta, con un análisis de los síntomas, la causa, la solución y las medidas preventivas adoptadas.

La gestión de mantenimiento influye decisivamente en al menos siete (7) de los diez (10) tiempos anteriores. Es importante conocer como se distribuye el tiempo de no-disponibilidad de los equipos productivos para decidir qué acciones de bajo coste pueden tomarse para reducir el tiempo medio de reparación de los equipos (MTTR)

- ❖ **Asignación de prioridades.** Cuando se produce una avería, el personal generalmente está trabajando en otras, y tiene una cierta carga de trabajo acumulada. Se hace necesario un sistema para identificar qué averías son más urgentes y deben ser atendidas prioritariamente.

En casi todas las empresas se establecen al menos los siguientes tres niveles de prioridades:

- Averías urgentes. Son aquellas que deben resolverse inmediatamente sin esperas ya que causan un grave perjuicio a las empresas.
- Averías importantes. Aquellas que aunque causan un trastorno al normal funcionamiento de la planta pueden esperar a que todas las averías urgentes estén resueltas.
- Averías cuya solución puede programarse. Puede que sea conveniente esperar una parada del equipo o, simplemente, que el trastorno que causan es pequeño, y es más interesante acumular otras órdenes sobre el mismo equipo.

Estos niveles se subdividen tanto como sea aconsejable para una buena gestión del mantenimiento correctivo.

Una vez definidos los niveles de prioridad, es necesario definir un sistema para asignar prioridades a cada avería y no dejar esto a juicios subjetivos.

3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO³

Mantenimiento preventivo puede ser definido como la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias. Teniendo en cuenta las razones expuestas no debería permitirse que ninguna máquina o instalación llegue hasta el punto de ruptura.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a la empresa dinero en conservación y operación. En todo plan de mantenimiento preventivo se pueden introducir cuantos refinamientos se deseen.

Independientemente del grado de refinamiento a que se quiera llegar, un programa de mantenimiento preventivo bien intencionado debe incluir: 1) Una inspección periódica de las instalaciones y equipos para descubrir situaciones que puedan originar o una depreciación perjudicial, y 2) el mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

³ NEWBROUGH, E.T., Administración de mantenimiento industrial: organización, motivación y control en el mantenimiento industrial / E.T., Newbrough ; Albert Ramond y Asociados., México : Diana, 1981. Pág. 70-80.

Si se permite que el equipo o instalaciones se deterioren, sea por un falso sentido de economía o por una producción muy presionada, es preciso trazar planes para elevar el nivel del equipo hasta el estándar mínimo de mantenimiento antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo en regla, ya que es necesario llegar a cierta condición de estabilidad para introducir técnicas de MP. De otro modo, la fuerza de mantenimiento estará demasiado ocupada o reparando averías para que se pueda llevar a cabo una inspección y mantenimiento bajo programa.

Una investigación del equipo puede llevar a la eliminación de ciertas piezas o unidades de valor marginal que de ordinario imponen una fuerte carga de trabajo al mantenimiento para conservarlas en estado de operación. Esta clase de maquinaria no podrá ser retenida si la reconstrucción o compostura resulta antieconómica.

Este examen puede revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con objeto de mejorar la condición de las máquinas o instalaciones hasta un nivel aceptable, con anterioridad a la instauración de un MP. En este caso, no podrá cargarse el costo al programa de MP, ya que más bien corresponden a un mantenimiento diferido, consecuente a uno impropio en el pasado. El costo por tales reparaciones preteridas puede establecerse por separado, a efecto de que la dirección general conozca su monto.

Una vez establecido el programa, el número de trabajadores tendrá que ser inferior al que había cuando se inició, como resultado de reparaciones más económicas y menos paros. Por otra parte, el tiempo perdido en la producción disminuirá con un apreciable ahorro en los costos.

3.3.1 Objetivos del mantenimiento preventivo. El objetivo principal para poner en práctica el MP es bajar los costos, pero esta economía puede asumir distintas formas:

- Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas.
- Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido, en lugar de hacer lo inopinadamente para componer desarreglos.
- Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.

- Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes y con ello aumenta todavía más el costo de reparación. Una atención previa a que se presenten averías reducirá los costos.
- Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
- Identificación del equipo que origina gastos del mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
- Mejores condiciones de seguridad.

3.3.2 Planeación preliminar. Antes de emprender un MP es indispensable trazar un plan general y despertar el interés de quienes participen en el mismo, e inclusive de quienes le sean ajenos.

Con objeto de establecer la base para apreciar los adelantos hay que elaborar, tan pronto como sea posible, un registro del tiempo de paro de la maquinaria causado por deficiencias de mantenimiento. No sólo se identificarán las máquinas, sino que se anotará en forma breve el motivo que ocasionó el paro. Al principio se incluirá el tiempo de paro debido a defectos de diseño, más tarde se podrá poner remedio al problema. En caso de ser posible, el costo de mantenimiento se acumulará con anterioridad a, o simultáneamente con el principio del programa.

Desde luego, habrá que dedicar gente a la iniciación y operación de un programa de MP. Las necesidades varían de acuerdo con el tipo y tamaño de la fábrica. Es un axioma que el programa deberá adaptarse a las exigencias de la fábrica de que se trate.

3.3.3 Instauración de un programa de MP. Un rasgo esencial del MP es la acumulación de datos históricos de reparación de maquinaria y equipo general, la cual se efectúa en formas de solicitud de mantenimiento mediante tarjetas de registro histórico donde se asientan las reparaciones importantes.


Todo programa de MP necesita iniciarse con un conocimiento de los problemas del equipo. Un estudio de las dificultades en el pasado dirá si es preciso o no un mantenimiento correctivo, también indicará la frecuencia con que habrán de efectuarse las inspecciones para reducir al

mínimo las composturas. La información de referencia tendrá como fuente de origen cualquiera de las dos siguientes: 1) Revisión de las órdenes de trabajo de mantenimiento correspondientes a los dos últimos años, o antes, y 2) un análisis de los antecedentes del equipo, si es que existen.

- ❖ **Registros de reparaciones de maquinaria y equipo.** De las dos fuentes citadas, la que lleva más que hacer es la revisión de las órdenes de trabajo. Sólo se recurrirá a ella cuando la fábrica no cuente con datos sobre las reparaciones realizadas. Dichas órdenes se clasificarán por número o descripción del equipo, y por tipos de composturas, abarcando los dos últimos años o mayor anterioridad.

La información obtenida se asentará en una hoja de registro, por número y marca de máquina, incluyendo fecha y tipo de la reparación, así como una lista de las partes de repuesto usadas. Un examen de este registro señalará las situaciones que están exigiendo excesivas intervenciones de reparación (Figura 24).

Figura 24. Registro de mantenimiento por máquina.

 REGISTRO DE MANTENIMIENTO POR MAQUINA				
NOMBRE EQUIPO:		SECCION:	CODIGO:	
FECHA	DESCRIPCION TRABAJO REALIZADO	REALIZADO POR	MATERIALES	TIEMPO

Fuente: Autor

La otra posibilidad es recurrir, en lugar de la hoja de registro mencionada, a un examen de los registros de maquinaria, si es que se tienen. En el caso de que no los haya, deberán llevarse a medida que avance el programa de MP. Es de gran importancia que toda reparación y ajuste que revista alguna seriedad queden apuntados, a fin de que sea factible hacer una comparación y estudio detallados. Sólo sabiendo lo que ha tenido lugar en el pasado se pueden efectuar estudios para el mejoramiento de las funciones y disminuir los costos de mantenimiento futuro.

- ❖ **Solicitudes de mantenimiento y órdenes de trabajo.** Para que un programa de MP pueda funcionar con eficacia necesita prepararse una solicitud de mantenimiento o una orden de trabajo que abarquen toda la tarea. Con base

en una orden así, todas las composturas de alguna importancia se anotan en el registro de reparación de maquinaria y equipo. Sin una solicitud u orden de trabajo, no habría forma de conservar registros históricos. Por lo tanto, se evitarán las órdenes verbales. Si por alguna situación de urgencia hubiera que darlas así, se confirmarán por escrito posteriormente.

El mayor volumen de trabajo será solicitado mediante la función de control como resultado de inspecciones periódicas. También se puede iniciar la prestación de servicios en varias otras formas, como son:

- La supervisión de producción de producción solita un servicio de reparación como resultado de interrupciones en la producción u otros problemas de funcionamiento.
- La función de control de mantenimiento emite una orden de reparación para amparar trabajo solicitado en una reparación o arreglo importante programado.
- Los trabajadores de mantenimiento piden que se lleven a cabo determinadas tareas de reparación como consecuencia de observaciones hechas por ellos durante trabajos de lubricación o cuando realizan otras labores de mantenimiento.
- El departamento de seguridad puede solicitar que se efectúen determinados arreglos para lograr condiciones de trabajo seguras.
- El departamento de control de calidad pide que se lleven a cabo determinados ajustes para reducir el desperdicio o mejorar la calidad del producto.
- Las solicitudes de mantenimiento serán expedidas por la función de control de mantenimiento o por los supervisores de producción o mantenimiento.

3.3.4 Examen de maquinaria y equipo dentro del MP. Toda unidad de maquinaria o equipo dentro de un área determinada deberá ser revisada para precisar el trabajo que haya de realizarse para un acondicionamiento previo, así como sus necesidades de lubricación sobre una base diaria, semanal, mensual, trimestral, etc., incluyendo un cálculo de la frecuencia con la que habrán de realizarse reparaciones totales.

Sería muy apropiado contar con un rol ya preparado con las frecuencias de inspección para toda la maquinaria, pero no es posible elaborarlo porque el mismo tipo de máquina puede necesitar una etapa distinta de revisión, según el lugar o fábrica en que se halle instalada y de las circunstancias de uso.

Un buen paso hacia la obtención de una lista de periodicidad de inspección básica es mantener comunicación con los fabricantes de la maquinaria de que se trate. La mayoría de ellos se muestran dispuestos a brindar la ayuda que se les solita; pero la información que proporcione deberá usarse como referencia complementaria de otros datos.

Si se busca la mayor cantidad de información, se leen con cuidado las instrucciones de los fabricantes, se examinan los registros del equipo y se toma en cuenta su empleo, será posible fijar la periodicidad de las inspecciones. Cuando el equipo es viejo o se le somete a un trabajo intenso, cuando existen determinadas exigencias de seguridad, contaminantes atmosféricos, etc., es probable que se deba aumentar la frecuencia de las inspecciones. Si las circunstancias no son tan apremiantes, aquéllas serán más espaciadas.

El trabajo para establecer un MP, consistente en efectuar revisiones en busca de necesidades de mantenimiento (preacondicionamiento, así como mantenimiento programado), preparar hojas de comprobación para las inspecciones, etc., deberá hacerse de una manera progresiva en varias áreas reducidas, que en conjunto abarcarán la instalación total. Cada una de dichas áreas tendrá los límites indispensables para que el trabajo necesario para instaurar el programa quede terminado antes de atender una nueva zona. Si se avanza de esta manera, el establecimiento del MP no se verá perjudicado por haber hecho las cosas a medias en varias jurisdicciones a la vez.

3.3.5 Frecuencia de las inspecciones. Son dos los sistemas que se practican al hacer las revisiones periódicas: la inspección general y la especializada.

Las inspecciones generales son efectuadas por las fábricas pequeñas, porque la administración es más sencilla. La inspección de toda la maquinaria existente o de una parte, se lleva a cabo en una sola oportunidad. El equipo base, más los motores, engranes, accionamientos, controles, sistemas hidráulicos, etcétera, se revisan al mismo tiempo, de acuerdo con una lista comprobatoria elaborada con anticipación. Por lo común, esto lo realizará un inspector, aunque éste puede llamar en su auxilio a uno o más expertos que le ayuden en determinados aspectos del trabajo.

El método de inspección general puede dar lugar a que se sobre-vigilen algunas partes de la maquinaria, con la consiguiente pérdida de tiempo y esfuerzo. No obstante, pueden agregarse columnas con encabezados S, SM, M, T, SA y A, que significan semanal, semi-mensual etcétera, en el

lado izquierdo de la hoja de comprobación para la inspección, y se harán las revisiones de acuerdo con anotaciones en aquéllas. Con sólo marcar con una X la periodicidad necesaria frente a la unidad que se va a revisar, podrá evitarse una buena dosis de trabajo inútil. Este método combina las hojas de comprobación para todas las periodicidades en una sola hoja de verificación.

La inspección especializada contiene un grado más alto de refinamiento que la general. Se emplea en las fábricas grandes y ahorra inspecciones. Las partes de la maquinaria que duran más no necesitan ser examinadas con la misma frecuencia que las que fallan más seguido. Cuando son bastantes las máquinas atendidas por el MP, se pueden lograr considerables economías en tiempo dedicado a revisiones, si las periodicidades utilizadas procuran beneficiarse del lapso de funcionamiento libre de problemas de cada una de las partes del equipo. Por ejemplo, un equipo de control puede requerir de una inspección cada dos meses, en tanto que los motores eléctricos de una unidad de equipo pueden sólo necesitar una revisión anual.

La fijación de las frecuencias de verificación es asunto de experiencia. La tendencia en las primeras fases de un programa de MP es "inspeccionar exageradamente, lo cual aumenta los costos más de lo necesario. Sin embargo, en el caso de que dichas frecuencias no fuesen lo bastante reiteradas, las interrupciones por descomposturas, con el consiguiente gasto por paralización, podrían ser más costosas que lo ahorrado en inspecciones.

Es posible que un pequeño periodo de paro en la producción pueda ser el justo nivel desde el punto de vista económico, si se compara el costo de mantenimiento con el de paro. La ausencia total de paros o una poco realista escasez de ellos, es indicio de que hay un exceso de mantenimiento y que el precio de éste es desmesurado y antieconómico.

Demasiado mantenimiento puede resultar tan costoso como poco, tomando en cuenta los costos afectados por las funciones de mantenimiento, se puede establecer un nivel de éste que proporcione un máximo beneficio monetario.

Es conveniente principiar con periodicidades de inspección un tanto exageradas, vigilando los paros de producción por averías de las máquinas. Si la proporción de tiempo de paro fuese adecuada, se disminuirá la frecuencia de la inspección hasta llegar a un punto óptimo.

La frecuencia de las inspecciones deberá ser revisada de cuando en cuando, ya que podrán reducirse, en ocasiones, ampliando la periodicidad cuando el intervalo de paro es mínimo.

Cabe aclarar que los paros nunca podrán eliminarse por completo porque si éste fuese el caso, el costo de un MP, excesivo neutralizaría sus beneficios.

3.3.6 La hoja de comprobación de MP. Uno de los medios principales de que se vale el MP es la hoja de comprobación o cotejo. Si el sistema establecido es el de inspección general, aquélla contendrá todas las características de mayor importancia de la maquinaria que requieren revisión, por ejemplo, motores, controles, cajas de velocidades, bombas, impulsores, etcétera, especificando qué es lo que se inspeccionará y buscará.

Si se recurre a la inspección especializada, la hoja o lista de cotejo debe ser más detallada, haciéndose mención en ella, los elementos básicos o subgrupos eléctricos, hidráulicos, mecánicos, etcétera. En la lista se enumerarán las partes principales de cada sistema y habrá espacio para registrar las situaciones examinadas y el tiempo probable que se empleará en su corrección, según el inspector que efectúe el examen. Un juego completo de listas será empleado por el inspector cada vez que se lleve a cabo una revisión.

Cuando hayan quedado llenas dichas formas, se entregan a la sección de control de mantenimiento, donde se expedirán las órdenes de taller para que se efectúen las reparaciones recomendadas. En la lista de cotejo se anotarán el número de la orden de taller y el plazo asignado. La inspección formal patrocinada por la lista de cotejo de MP tiene las siguientes ventajas sobre una simple inspección informal realizada de una manera que pudiera llamarse desordenada:

- Constituye un recordatorio para el inspector, impidiendo que se pasen por alto detalles de importancia.
- Sirve de registro para efectuar análisis periódicos. Asegura que al llevarse a cabo la inspección por distintas personas, serán siempre uniforme y completa.
- En ella hay espacio suficiente para observaciones relativas a un determinado punto de inspección, para que se ponga atención a cualquier avance del deterioro.

- Es un documento que proporciona control de mantenimiento sobre la base para hacer un análisis que determine el tipo de acción a emprender.

3.3.7 Características de equipos sobre los que conviene realizar mantenimiento preventivo. Aplicar el mantenimiento preventivo a toda clase de equipo sin discriminación, no es conveniente desde el punto de vista económico porque hay máquinas que no justifican el gasto, aunque cabe aclarar que el porcentaje de equipo en estas condiciones no es muy grande, para decidir a qué equipos conviene realizar el mantenimiento preventivo hay que tener presentes los siguientes aspectos:

- Si hay probabilidad de que una falla pueda lesionar o hacer que alguien pierda la vida.
- Si se cuenta con equipo sustituto en caso de descompostura.
- Si una descompostura perjudicara gravemente los programas de producción.
- Si el costo de efectuar una inspección de MP resulta más oneroso que el de una reparación hasta que ocurra la avería.
- Si es muy improbable que ocurra una suspensión y/o grave daño con o sin control de MP.
- Si será anticuada la unidad de equipo antes de que llegue al punto de deterioro que determine un paro.

3.3.8 Lubricación. La lubricación es parte del mantenimiento preventivo. En numerosas fábricas este aspecto tan importante es visto con culpable negligencia. En una de ellas, por ejemplo, se hacía resultar el hecho de usar menos tipos de aceites y grasas, en lugar de cuidar de que fuesen aplicados con regularidad.

Al instituir un programa de lubricación debe cuidarse de hacer un examen del equipo, a efecto de determinar cuáles son los productos más apropiados para su correcto funcionamiento, así como la frecuencia con que deben ser administrados. La mayoría de las empresas petroleras estarán dispuestas a colaborar en una investigación así y proporcionar un manual de lubricación. Las recomendaciones que hagan ayudarán a determinar las distintas clases de aceites o grasas a usar, a menos de que existan condiciones fuera de lo común, con ocho o diez tipos serán suficientes.

Hecha la investigación, un cotejo mostrará los productos a utilizar y los anteriormente usados. En ese cotejo figurarán el número de producto especificado por el fabricante de grasas y aceites, y el del empleado por la empresa. Tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes se preparará un manual al respecto, el cual incluirá todas las instrucciones concernientes a una correcta lubricación del equipo. Parte de ese manual se dedicará a insertar gráficas de lubricación, en las que aparezca el título del departamento, denominación de las máquinas, las partes que haya que aceitar, la frecuencia con que debe hacerse y una referencia cruzada de números de lubricantes (Figura 25).

La lista deberá estar siempre al día tomando en cuenta los cambios que pueden tener lugar en la maquinaria. Cuando se vendan o desechen máquinas, o bien, cuando se compren nuevas habrá que hacer los cambios respectivos en el manual para ponerlo al corriente.

Figura 25. Ruta de lubricación.

No.	Feb 21	Mar 7	Mar 21	Abr 4	Abr 18	May 2	May 16	May 30	Jun 13	Jun 27	Jul 11	Jul 25	Ago 8	Ago 22	Sep 5	Sep 19	Oct 3	Oct 17	Oct 31	Nov 14	Nov 28	Dic 12	Dic 26	Ene 10	Ene 24	Feb 7		
	Mar 6	Mar 20	Abr 3	Abr 17	May 1	May 15	May 29	Jun 12	Jun 26	Jul 10	Jul 24	Ago 7	Ago 21	Sep 4	Sep 18	Oct 2	Oct 16	Oct 30	Nov 13	Nov 27	Dic 11	Dic 25	Ene 9	Ene 23	Feb 6	Feb 21		
	JET MCS 11																											
1	○												○															○
2	○												○															○
3	○												○															○
4	○												○															○
5	○												○															○
6	○												○															○
7	○												○															○
8	○		○		○								○															○
	JET MCS 12																											
9	○												○															○
10	○												○															○
11	○												○															○
12	○												○															○
13	○												○															○
14	○												○															○
15	○												○															○
16	○		○		○								○															○

No.	UBICACION EN LA MAQUINA	PUNTOS	LUBRICANTE	ACTIVIDAD	ESTADO MAQUINA	CANTIDAD	FRECUENCIA	TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO REAL
	JET MCS 11								
1	Bomba de circulacion	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
2	Bomba de inyeccion	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
3	Reductor molinete interno	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
4	Rodamientos molinete interno	2	Staburags N12	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
5	Reductor molinete descarga	1	Permanente/Omala 320	control/cambio	parada		12 meses	30 minutos	
6	Rodamientos molinete descarga	2	Alvania 3	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
7	Rodamiento leva de enredos	1	Alvania 3	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
8	Lubricación aire	1	Tellus 10	control/cambio	parada		1 mes	5 minutos	
	JET MCS 12								
9	Bomba de circulacion	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
10	Bomba de inyeccion	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
11	Reductor molinete interno	1	Spirax 90	cambio	parada		6 meses	30 minutos	
12	Rodamientos molinete interno	2	Staburags N12	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
13	Reductor molinete descarga	1	Permanente/Omala 320	control/cambio	parada		12 meses	30 minutos	
14	Rodamientos molinete descarga	2	Alvania 3	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
15	Rodamiento leva de enredos	1	Alvania 3	engrasar	marcha		3 meses	10 minutos	
16	Lubricación aire	1	Tellus 10	control/cambio	parada		1 mes	5 minutos	

Fuente: Autor

Una vez establecidos, la frecuencia del engrasado y los tipos de lubricante a usar, se procederá a fijar las fechas en que se hará e trabajo. Éste se apoyará en formas de lista de comprobación diarias semanarias o mensuales. El modo más conveniente de analizar el trabajo relacionado con las necesidades de MP es valiéndose del número de minutos que se requieren para llevar al cabo el trabajo de lubricación. Si se emplean

normas de tiempo para medir las actividades de mantenimiento, será cosa sencilla decidir el periodo necesario.

Muy a menudo, esa lista habrá de incluir datos referentes a lugares que serán lubricados, tipo del producto a emplear y frecuencia con que se hará la tarea. Las estimaciones serán fidedignas si se recurre a un procedimiento elemental consistente en calcular el tiempo necesario para engrasar los distintos dispositivos o receptáculos y el lapso requerido para trasladarse de una máquina a otra, a razón de medio minuto por cada treinta metros, aproximadamente.

Ya efectuadas las estimaciones, establecidas las rutas y preparados los engrasadores, se comprobará el tiempo de traslación a efecto de igualar el trabajo y ver que cada individuo tenga una carga de labor justa. El coordinador de MP puede acompañar a los lubricadores en su trabajo para verificar su adelanto, y hará los ajustes indispensables para que la actividad quede equitativamente distribuida. Cuando hay equidad en la carga laboral, el resultado será economía de mano de obra y mejor desempeño. Los lubricadores deberán ser individuos con cierta preparación, inteligentes y capaces de hacer un trabajo responsable.

La lista de cotejo de lubricación tiene varios usos, pero su finalidad primordial es suministrar la certeza de que todas y cada una de las máquinas han quedado debidamente lubricadas. Cuando se hace uso de normas de tiempo dicha lista constituye la base para determinar el monto de trabajo hecho, al calcularse el desempeño.

Es bueno verificar de cuando en cuando la veracidad de la lista de cotejo entregada por los lubricadores, haciendo un recorrido de parte de la ruta que siguen y observando la condición de los dispositivos y receptáculos de lubricación. Un buen plan de lubricación implantado donde anteriormente se observaban procedimientos defectuosos, arrojará frutos notables.

3.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO⁴

Su fundamento principal es el de evaluar en tiempo real la condición del equipo a través de parámetros que permiten identificar problemas operativos, su ubicación y los componentes que potencialmente se puedan ver involucrados en el deterioro. Esta acción se realiza sin involucrar la operación de la unidad, lo cual evita una pérdida en la producción.

⁴ Curso análisis de vibraciones. Ing. Stephan Aguilar. Pos-grado Gerencia de Mantenimiento UIS. Bogotá 2006.

❖ **Ventajas**

- Detección de fallas oportunamente que evitan daños catastróficos, sin parar la operación.
- Permite planear de forma adecuada el mantenimiento y los recursos que se involucran en el mismo.
- Incremento en la confiabilidad de la operación de los equipos, manteniendo una actualización de la operación de los mismos bajo condiciones de carga.
- Incremento en la vida útil de los componentes internos llevándolos hasta el límite del daño.
- Individualiza parámetros y comportamientos de los elementos internos pudiendo identificar problemas específicos.

❖ **Desventajas**

- Altos costos en inversión inicial de equipos.
- Personal altamente calificado.

❖ **Etapas que implementa el mantenimiento predictivo.**

- Detección: a través de equipos y tecnología se detecta la existencia de problemas o de la condición operativa de la máquina.
- Análisis: se generan reportes de la medición identificando cual es el problema que ocurre y en donde.
- Corrección: se genera el reporte de reparación correspondiente y la programación de la parada.
- Verificación: se realiza una detección post mantenimiento, para corroborar el éxito del mismo y determinar la confiabilidad de la operación.

Antes del desarrollo de tecnologías para evaluar la condición del equipo, los operadores y el personal de mantenimiento acostumbraban a confiar en sus propios sentidos: tacto (temperatura, vibración, desgaste); olfato (temperatura, contaminación); vista (vibración, temperatura, alineación); oído (ruido, vibración, cavitación, desgaste); gusto (contaminación); y ese sexto sentido, que actualmente se duplica como sistemas expertos de diagnóstico. El objetivo de la inspección era buscar una señal de falla inminente, de manera que la reparación pudiera planearse, programarse y

completarse para minimizar el impacto en las operaciones y el costo total. La dificultad clave en el empleo de los sentidos humanos es la subjetividad de la información.

Las tecnologías de diagnóstico se han extendido ampliamente en las últimas décadas en todos los sectores industriales. Algunas de las técnicas de diagnóstico más usadas comúnmente son el análisis de vibraciones, el análisis de aceites lubricantes, la termografía, el ultrasonido, el monitoreo de efectos eléctricos, los penetrantes, etc.

En la tabla 1 se observan algunos parámetros del mantenimiento predictivo que permiten identificar causas de operación irregular.

Tabla 1. Aplicación de parámetros de mantenimiento predictivo.

TIPO DE FALLA COMUN	PARÁMETROS PREDICTIVOS				
	TEMPERATURA	ULTRASONIDO	FLUJO	ANÁLISIS DE	VIBRACIONES
Desbalanceo	X				X
Desalineamiento o eje doblado	X				X
Rodamientos en mal estado	X	X		X	X
Chumaceras dañadas	X	X	X	X	X
Engranajes gastados o dañados	X	X		X	X
Solturas mecánicas		X			X
Pérdidas eléctricas	X	X			

Fuente: Ing. Stephan Aguilar. Pos-grado Gerencia de Mantenimiento UIS.

3.4.1 Temperatura. A través de la termografía se pueden ver los patrones térmicos invisibles correspondientes a la radiación térmica emitida por un cuerpo. Permite, sin contacto alguno, identificar componentes eléctricos, mecánicos y térmicos más calientes de lo que deberían estar, indicando una falla inminente en el área analizada, o pérdidas excesivas de calor que muestran un aislamiento defectuoso. Un ejemplo de la situación se puede observar en las figuras 26 y 27.

❖ **Ventajas.**

- No exige registro histórico pues un punto de comparación con otros equipos que trabajan en condiciones similares, es suficiente.

❖ **Desventajas**

- Ubica el sitio del daño pero no identifica el tipo de problema.

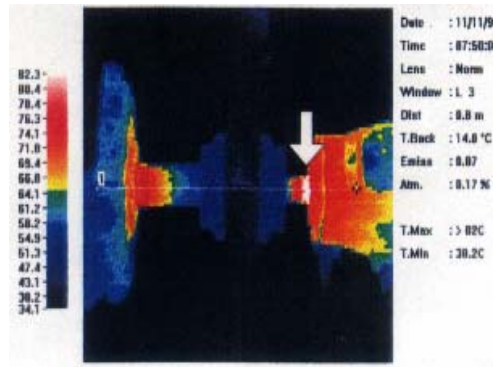
- Costo relativamente alto.

Figura 25. Ejemplo de termografía.



Fuente: Ing. Stephan Aguilar. UIS. 2006

Figura 26. Ejemplo de termografía.



Fuente: Ing. Stephan Aguilar. UIS. 2006

3.4.2 Análisis de aceites. Permite hacer un seguimiento de la condición de los elementos internos que sufren desgaste, en un tiempo relativamente corto, a través de estudios ferrográficos que muestran la presencia de contaminantes, su fuente y la posible causa. En la tabla 2 se observan las propiedades físicas que se tienen en cuenta en un análisis de aceites.

Tabla 2. Propiedades físicas de aceites.

Viscosidad	Mayor viscosidad mayor deterioro del aceite
Índice de viscosidad	Determina rango permitido de temperaturas
Número de neutralización	Mide calidad de aceite usado mediante comparación con aceite nuevo
Punto de inflamación y de fuego	Estima temperaturas de vaporización e incendio
Contaminación y sedimento	Establece necesidad de cambios de filtros de aire y aceite
Tensión interfacial	Mide con mayor sensibilidad la oxidación del aceite
Resistencia dieléctrica	Determina contaminación por pequeñas cantidades de agua y otras materias

Fuente: Ing. Stephan Aguilar. UIS. 2006

3.4.3 Ultrasonido acústico. Permite detectar problemas de flujos, fugas o goteos de sistemas de transporte de cualquier fluido o energía.

❖ **Ventaja**

- Permite el diagnóstico de problemas durante la operación de los equipos a un bajo costo

❖ **Desventaja**

- Otros parámetros de medición suministran igual o mayor información. En la figura 28 se muestra un equipo típico con el cual se realizan mediciones acústicas.

Figura 28. Equipo para análisis de ultrasonido.



Fuente: Ing. Stephan Aguilar. Pos-grado Gerencia de Mantenimiento UIS.

3.4.4 Ultrasonido de E.N.D. Permite detectar problemas de grietas y discontinuidad de material, soldaduras o estructuras, da indicaciones de elongaciones.

❖ **Ventaja**

- Permite el diagnóstico de problemas internos a los cuales ningún equipo tiene acceso, evitando daños catastróficos.

❖ **Desventaja**

- Este procedimiento sólo se puede ejecutar con los equipos en total reposo y con acceso a los elementos importantes internos.

3.4.5 Vibraciones. Toda máquina o equipo que es utilizado en procesos industriales de cualquier índole, presenta imperfecciones en sus elementos o componentes internos, al iniciar el movimiento de su operación, a pesar que el mismo esté muy bien ensamblado y montado. Este movimiento genera fuerzas rotativas y alternativas que causan movimientos vibratorios en estructuras y soportes.

Una de las mejores y más importantes herramientas para investigar los rodamientos de los equipos, su calidad y precisión en su montaje es el análisis espectral de vibraciones.

A través de estas técnicas se pueden monitorear cambios causados por fallas, desperfectos, deterioros de los componentes dinámicos o desajustes en los montajes.

La vibración no se considera el problema como tal, pero sus cambios manifiestan anomalías en la operación. La intensidad de sus niveles permite determinar la severidad de los problemas, para poder generar correctivos programados o inmediatos.

- ❖ **Vibración.** Movimiento causado por una carga dinámica que cambia la magnitud o dirección con el tiempo, evaluado en función de un punto de referencia.

Ejemplo: Un desbalanceo de un rotor implica un cambio en la dirección de una masa indeterminada, la cual genera una fuerza centrífuga que cambia con cada ángulo de la rotación en un ciclo de 360°.

- ❖ **Vibración mecánica.** Se define como la oscilación de un sistema mecánico alrededor de una posición de equilibrio. Esta puede estar definida por una ubicación estructural y es producto de la transmisión de fuerzas cíclicas a través de los mecanismos que constituyen una máquina. Todas las máquinas tienen un nivel típico de vibración y un espectro característico cuando está en condiciones óptimas de operación.

- ❖ **Conceptos básicos en el análisis de vibraciones mecánicas.** A través del tiempo los equipos presentan mayores desgastes evidenciándose en desalineamientos, soldaduras de las bases y fundaciones e incrementos en tolerancias, todos estos fenómenos se reflejan en incremento de la energía de vibración, la cual es disipada por toda la máquina, excitando resonancias y adicionando cargas dinámicas sobre los rodamientos.

Este efecto refuerza mutuamente (principio causa-efecto) las ondas producidas y las de resonancia, haciendo que la máquina progrese en soldaduras y desgastes hasta el daño final.

La vibración es un producto destructivo de la transmisión de fuerzas a través del equipo. Los elementos del mismo que absorben y exteriorizan este tipo de fuerzas, por ejemplo la medición de la resultante vibratoria de un rodamiento sobre la carcasa externa que lo aloja.

Por medio de modernos equipos la información entregada por la vibración es medida, almacenada y analizada en forma de espectros que relacionan directamente la amplitud de dicha vibración, con el número de veces presentadas en un tiempo establecido por el equipo.

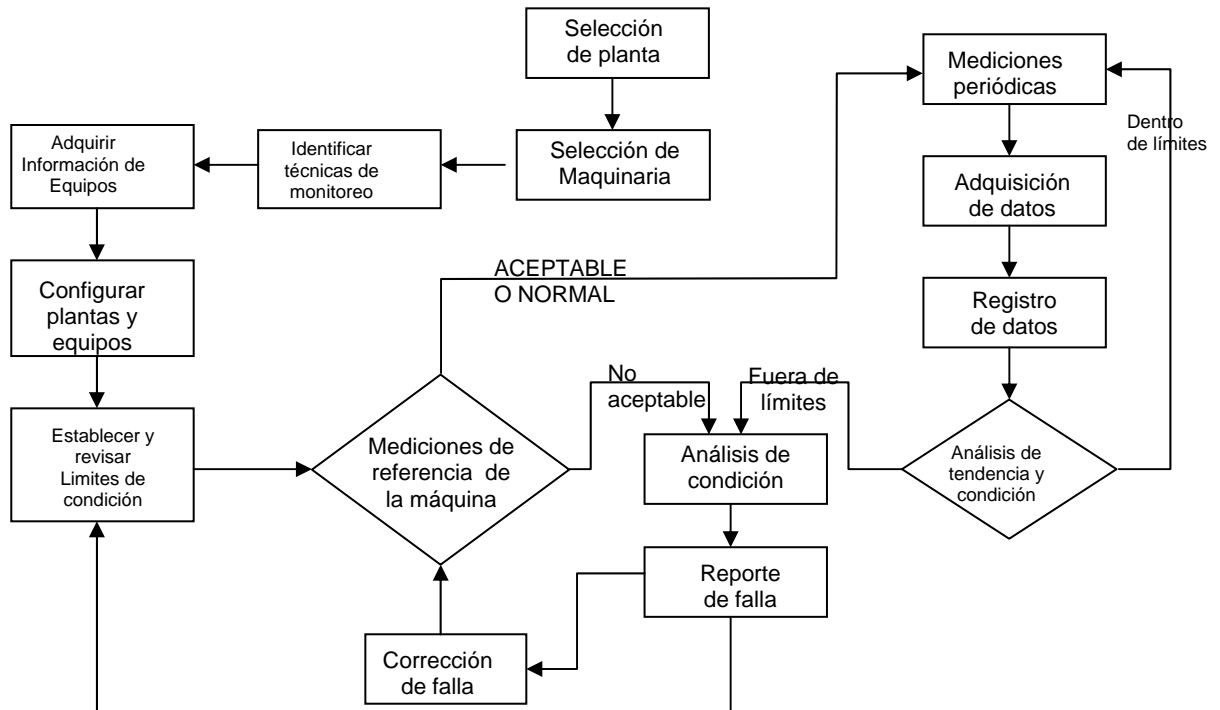
Mientras que la fuerza de excitación sea constante o varíe dentro de ciertos límites, el nivel de vibración medido será también constante y variará dentro de los límites similares.

Adicionalmente para la mayoría de las máquinas la vibración tiene un nivel típico y su espectro tiene una forma característica cuando están en buenas condiciones.

- ❖ **Organización de un programa predictivo con vibraciones.** Un programa predictivo basado en vibraciones es un método sistemático de observación, registro y verificación de la condición de un equipo, a través de tendencias de datos adquiridos dentro de una programación regular, del cual se muestra un diagrama de flujo en la figura 29.

Esta medición y su correspondiente diagnóstico nos permiten adquirir información, con la máquina en línea, que proporcione un aviso temprano de falla o mal montaje en su arranque. Los pasos a seguir en esta programación son los enumerados y explicados a continuación.

Figura 29. Diagrama de flujo para establecer programa predictivo.



Fuente: Ing. Stephan Aguilar. Posgrado Gerencia de Mantenimiento UIS.

- ❖ **Selección de la planta.** La factibilidad de establecer un programa predictivo, es un paso importante y definitivo dentro de parámetros como disponibilidad, confiabilidad y tiempos muertos de una planta.

Al seleccionar el tipo de planta es importante establecer la criticidad de la misma dentro de la producción. Sin embargo esta es juzgada por la cantidad de equipos, el tipo de máquinas y la importancia de las mismas dentro del proceso de producción.

No todas las máquinas requieren de mantenimiento predictivo si se hace una relación costo - beneficio del programa.

- ❖ **Selección de maquinarias.** Se deben distribuir las maquinas de las plantas de acuerdo a parámetros como potencia, tamaño, servicio e importancia en el proceso.

El proceso de selección de maquinaria permitirá identificar la prioridad de cada una dentro de un programa de mantenimiento predictivo y por obvias razones agilizará tiempos de reparación y disminuirá costos.

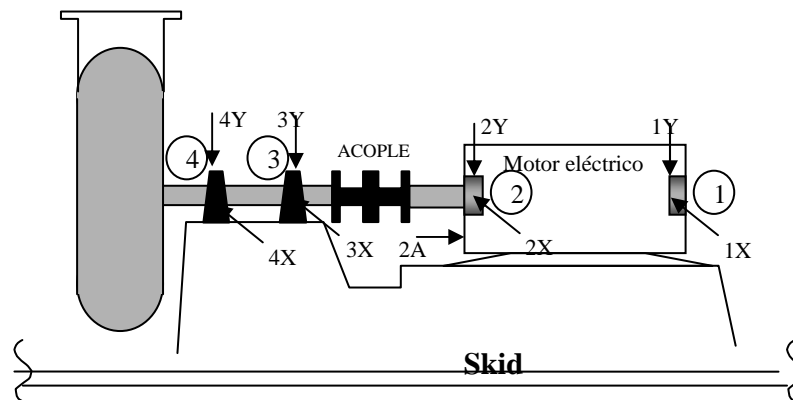
- ❖ **Identificar técnicas de monitoreo.** Como ya se mencionó anteriormente una sola técnica no puede definir la condición real de la maquinaria a estudiar. Así que se deben establecer cuáles serán los registros y técnicas adicionales para lograr una confiabilidad alta en el registro de datos.

Se pueden aplicar métodos que cuestionan el tipo de trabajo a realizar, con procedimientos y preguntas como las siguientes:

- **¿Qué medir?** En realidad existe un parámetro que es indicativo de la condición de la maquinaria y del avance de falla.
- **¿Cómo medir?** Existe una disposición de equipos, instrumentos y técnicas capaces de comprobar el parámetro.
- **¿Cuándo medir?** Los programas preventivos proporcionan períodos que deben ser tenidos en cuenta para establecer la periodicidad útil de un programa predictivo y así anticipar la condición de falla. La retroalimentación de este programa establece nuevas programaciones.
- **¿Dónde medir?** El punto de medición es de suma importancia para obtener una señal real de los defectos detectados tempranamente.
- **Adquirir información de los equipos.** Esta información está relacionada no sólo con los parámetros de operación de la maquinaria seleccionada, como velocidad, engranajes, N° de álabes, pistones, presión, temperatura, etc., sino también con la información de su vida operativa que indica fallas anteriores, mantenimientos realizados, problemas encontrados, etc. Esto permite discriminar y conocer internamente lo que está ocurriendo en las máquinas.
- **Configurar plantas y equipos.** Para la configuración de la plantas se requiere una de las herramientas más importantes que es el software de diagnóstico, en el que se configurarán estructuralmente y exactamente bien definidas las plantas, secciones, equipos y puntos a medir. Esta debe ser clara para que el programa de aquí en adelante tenga un éxito asegurado.

Para los puntos de un equipo en particular en un conjunto determinado, se recomienda que los rodamientos dentro de la cadena de identificación se designen con un número o letra, que parta desde el lado libre de la unidad de potencia y en sentido de la transmisión de la misma, como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Selección de puntos para análisis de vibración.



Fuente: Ing. Stephan Aguilar. Posgrado Gerencia de Mantenimiento UIS.

Esta identificación debe ser estándar para toda la planta y todos los equipos con el fin de tener homogenización de criterios en las mediciones.

- **Establecimiento y revisión de límites.** Aunque en las primeras mediciones los límites estarán establecidos por las normas y valores permitidos a nivel general para cada equipo, se pueden utilizar como referencia equipos similares operando en condiciones parecidas que tienen tendencias y programas predictivos establecidos con anterioridad. Sin embargo, en vibraciones cada unidad es única con comportamientos completamente diferentes, así sean similares y montadas en condiciones y para procesos iguales. Esto indica que después de las primeras mediciones, los límites deben ser variados para tener una tendencia operacional particular de cada máquina.
- **Mediciones de referencia.** Son las mediciones que se toman inicialmente en equipos nuevos o recién reparados, y que no sólo permiten establecer el patrón de vibraciones inicial para las tendencias, sino que dan pautas para hacer interventoría a los montajes en equipos nuevos y a la reparación en equipos reparados. Es muy importante ya que es el primer paso para las tendencias a seguir.
- **Mediciones periódicas.** Establecen las tendencias de cada punto tomado a través de rutinas, que sirven como base de comparación en los cambios ocurridos de cada medición con respecto a la anterior. Cuando los niveles mostrados en la gráfica de tendencia alcancen o superen los valores definidos como límites, entonces el análisis discriminado se hará necesario para establecer la causa de este cambio de condición.

- **Adquisición y registros de datos.** Esta es una de las tareas más importantes del proceso pues de su buena ejecución depende el éxito de los análisis a realizar. En esta etapa se pueden desarrollar dos acciones. Una es tomar registros establecidos en la ruta y otra tomar registros fuera de ruta. La primera permite mantener la tendencia de puntos medidos constantemente en el equipo. Pero la segunda se realiza en el momento en que al visualizar un comportamiento anormal, se necesita información adicional del equipo medido. Posiblemente estos registros formen parte de la ruta más adelante.
- **Análisis de tendencias para falla.** A través de los cambios en las tendencias se pueden establecer cuáles son los equipos críticos que pueden presentar problemas. Esto se realiza con el fin de agilizar el proceso de reportes. Este tipo de análisis indica cual es la tendencia de desgaste de la máquina, cual es el grado de vibración con respecto a los niveles de las normas o las máquinas y muestra un pequeño historial de lo que ocurrió en la misma.
- **Análisis de la condición.** Se trata de un análisis profundo de la condición de los rodamientos y la máquina en general, utilizando todas las técnicas posibles, para verificar la causa de la condición de falla y programar su corrección. Se pueden establecer espectros generalizados de la condición de la máquina, en los que se compara la condición de los rodamientos entre sí en unidades de velocidad o aceleración y con respecto a sus mediciones anteriores.
- **Reporte.** Estos reportes deben llevar la identificación de la unidad analizada de una forma muy clara para evitar confusiones en el mantenimiento. En los mismos se pueden especificar al análisis, las conclusiones y recomendaciones a realizar.

3.5 TOTAL PRODUCTIVE MANTENAINCE (TPM)⁵

3.5.1 Definición y objetivos del TPM. Este concepto se puede definir como: «conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y Organización que conforman un proceso o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un Plan de Producción en constante evolución por la aplicación de la Mejora Continua».

5 REY SACRISTÁN, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid : Fundación Confemetal, 2001.Pag.443-462

En este contexto, el TPM asume el reto de cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso, permitiendo reducir costos y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora.

El TPM tiene, así pues, como acción principal: «cuidar y explotar los sistemas y procesos básicos productivos, manteniéndolos en su 'estado de referencia' y aplicando sobre ellos la mejora continua».

Se puede definir como «estado de referencia» aquel en que el equipo de producción puede proporcionar su mayor rendimiento en función de su concepción y de la situación actual frente a la evolución del producto a elaborar o transformar.

Por lo tanto, asegurar el mantenimiento del estado de referencia se trata de vigilar, con un buen Mantenimiento Preventivo Total, la situación de referencia de los equipos productivos en cuanto a:

- Tener los estándares o estados de referencia.
- Tiempo de ciclo
- Parámetros de proceso (soldadura, temperatura, etc.)
- Parámetros de engrase (tipos de aceite, niveles, etc.)
- Parámetros de reglaje de útiles, herramientas, calibres, etc.
- Parámetros eléctricos
- Parámetros de calidad
- Parámetros mecánicos (ajustes, ruidos, etc.)
- Parámetros hidráulicos (presiones, niveles, etc.)

En caso de desviación de la situación de referencia las consignas de actuación deben precisar:

- La intervención que debe hacer el operador de fabricación.
- La forma de actuar ante un difícil diagnóstico para ser ayudado por profesionales o técnicos de mantenimiento.

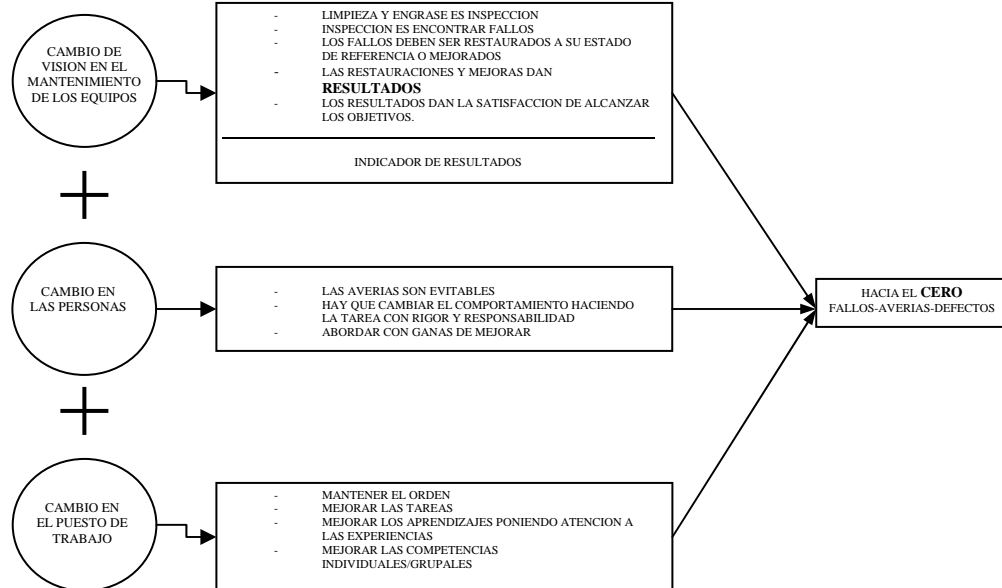
Según esto, se puede apreciar que el TPM es el mantenimiento de estándares y la búsqueda permanente de la mejora de los mismos para mejorar el desempeño o comportamientos técnicos de un proceso, a través de una implicación concreta y una participación diaria de todas las funciones de la organización, en particular de todas las relacionadas con el proceso Productivo.

El objetivo principal del TPM es así, la «mejora continua» del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción, sea cual sea su nivel de desempeño técnico, a través de la dinámica de los grupos de trabajo. Los objetivos que se derivan de este principal son:

- 1) Conseguir el rendimiento operacional (Ro) óptimo de los equipos de producción con la participación de todos, o lo que es lo mismo: cuidar y explotar los equipos con un sentido de máxima disponibilidad de los mismos. Esto se puede conseguir con estas dos herramientas:
 - a) Desarrollo del mantenimiento autónomo integrado en la fabricación para mantener los estándares o estados de referencia.
 - b) Desarrollo de la mejora continua de los estándares por la aportación de ideas para mejorar el estado de referencia por la evolución de los aprendizajes.
- 2) Mejora de la Habilidad y disponibilidad de los equipos para eliminar fallos esporádicos o aleatorios y fallos crónicos, así como para asegurar la calidad de los productos y mejorar la productividad.
- 3) Tomar estadística a través de la experiencia adquirida en las actividades TPM que ayuden, tanto al utilizador como al responsable de adquirir nuevos equipos y a los constructores de los mismos, mejorando diseños y haciendo puestas a punto más económicas desde el punto de vista del Mantenimiento Total.
- 4) Formar a agentes técnicos y operadores de líneas de fabricación para que conozcan bien las instalaciones.

Para conseguir estos objetivos se debe lograr un cambio de visión del Mantenimiento Clásico, de las personas y de los puestos y organización de un proceso conduzca a cero fallos, averías, defectos y accidentes, este proceso se resume en la figura 31.

Figura 31. Objetivos del TPM.



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

3.5.2 Características del TPM como herramienta práctica del mantenimiento industrial en un proyecto de empresa en calidad total. En un proyecto de Calidad Total el TPM asume la mejora sobre los tres ejes básicos de la calidad total:

- Calidad de producto: por mantener el estado de referencia y dominar los procesos.
- Costos: por la organización puesta en marcha para la explotación y el mantenimiento de los procesos.
- Plazos: por la fiabilización del funcionamiento de las líneas en todos los aspectos, permitiendo fabricar en tiempo justo y, por tanto, reducir plazos y stocks.

Asimismo, el TPM asume los cuatro principios fundamentales de la calidad total:

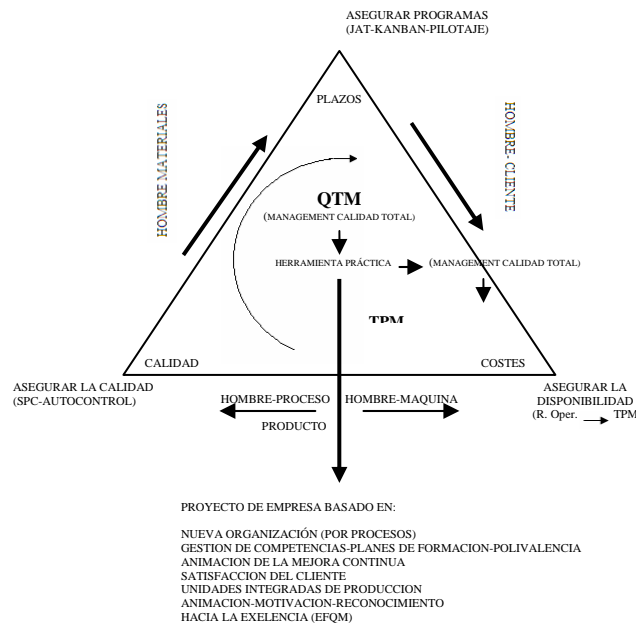
- Satisfacción del cliente por la mejora en los tres ejes de calidad, coste y plazos.
- Dominio de los sistemas de producción y de los procesos, manteniéndolos en su estado de referencia y mejorándolos.
- Implicación de las personas a través del desarrollo del mantenimiento autónomo y de los aprendizajes.

- La mejora continua por la participación activa en los grupos de fiabilización y presentación de sugerencias para mejorar.

El TPM y, por tanto, el propio mantenimiento, se puede ver hoy día gerenciado por una buena Administración de la Producción Total, tal como se muestra en la figura 32, para movilizar a la empresa hacia un nuevo Mantenimiento Industrial como el que se ha descrito. En la figura 33 se ve, con un ejemplo, esta inter-relación del mantenimiento en las diferentes fases de un proyecto de empresa en Calidad Total:

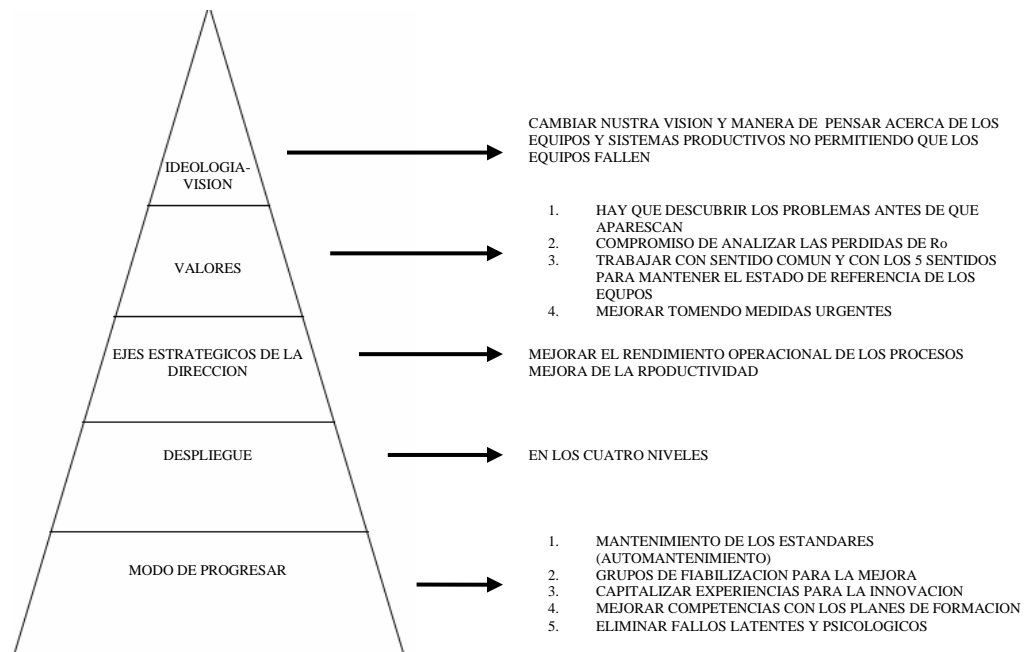
Como ideología o ambición puede ser: cambiar la visión y manera de pensar acerca de los equipos y sistemas productivos no permitiendo que los mismos fallen.

Figura 32. Proyecto de dirección total de la fabricación.



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

Figura 33. Características del TPM como proyecto en un contexto de calidad total.



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

Como valores se puede dar el ejemplo:

- 1) Hay que descubrir los problemas antes de que aparezcan
- 2) Tener el compromiso de analizar continuamente las pérdidas del rendimiento operacional.
- 3) Trabajar con sentido común y con los 5 sentidos para mantener el estado de referencia de los equipos.
- 4) Mejorar tomando medidas urgentes
- 5) Decidir juntos correctamente y producir bien.

Como ejes estratégicos de la Dirección se pueden citar:

- 1) Mejora del rendimiento operacional de los procesos.
- 2) Mejora de la productividad.

El despliegue se puede realizar en los cuatro niveles ya reseñados. Ejemplo:

- 1) Mejorar la Productividad en un % anual
- 2) ¿Cómo? Analizando perdidas en Grupos de Fiabilización
- 3) ¿Qué? Mejorar por ejemplo tiempos de cambio de ráfaga
- 4) ¿Cómo? Analizando tareas con técnicas SMED

El modo de progresar se puede abordar de forma similar a este ejemplo:

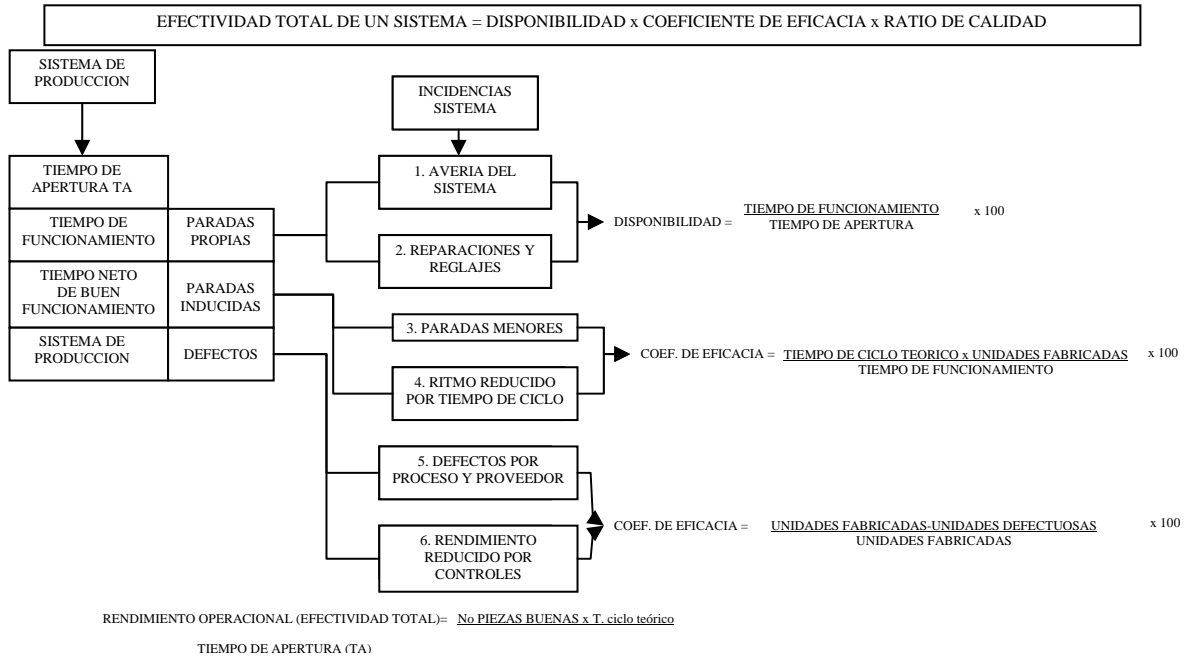
- 1) Con el mantenimiento de estándares por aplicación eficaz del mantenimiento autónomo.
- 2) Con los grupos de fiabilización para eliminar disfuncionamientos y mejorar.
- 3) Capitalizando experiencias para la innovación y mejora de los procesos y de los sistemas productivos.
- 4) Mejorando las competencias con planes adecuados de formación y auto aprendizajes por las experiencias.
- 5) Eliminando fallos latentes (físicos y psicológicos).

3.5.3 Efectos del TPM. En organizaciones clásicas, los problemas de pérdidas de rendimiento operacional o de los sistemas se ven unas veces como normales, otras se opina que ha sido siempre así, por lo que en ellas hay conformismo con las pérdidas crónicas que se ven inevitables. El TPM pretende eliminar, por mejora continua, las pérdidas esporádicas y crónicas, analizando las seis grandes incidencias que penalizan la operatividad de un proceso básico. Es decir, pretende conseguir un buen funcionamiento y rendimiento de dicho proceso. Estas pérdidas son:

- Averías del sistema.
- Preparaciones y reglajes de todo tipo.
- Falla de piezas y otras incidencias de corta duración.
- Ritmo reducido por diferencia entre las condiciones previstas y las reales (tiempos de ciclo, etc.).
- Defectos en el proceso (internos y de proveedores de material procesado).
- Rendimiento reducido entre el comienzo de la producción y la estabilidad de ésta tras un arranque, ajuste, reglaje, reparación (controles para asegurar calidad).

En la figura 34 se resumen estas pérdidas.

Figura 34. Efectividad total de un sistema.



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

El TPM consigue la efectividad (rendimiento operacional) del sistema combinando la disponibilidad, el coeficiente de eficiencia y la tasa de calidad bajo la expresión:

Efectividad Total (Ro) = Dp x Coef. efe. x tasa calidad.

3.5.4 Necesidades y pilares básicos para el desarrollo del TPM. El TPM tiene como pilares básicos en su edificio central:

- 1) El Mantenimiento Programado
 - a) La Ingeniería del Mantenimiento
 - b) Los grupos de fiabilización
 - c) La mejora técnica a través de planes de formación

Y están sustentados en los costados por otros dos edificios:

- 1) El mantenimiento autónomo (mantenimiento de estándares)
- 2) La mejora individual cotidiana (ideas-sugerencias).

De estos pilares básicos se pueden deducir las necesidades para desarrollar con éxito el TPM:

- 1) Es necesario implantar nuevas organizaciones en las funciones de fabricación, mantenimiento y calidad para facilitar un desarrollo eficaz.
- 2) Es necesario desarrollar un sistema de Mantenimiento Preventivo para la vida de los equipos, bien estructurado, figura 35, y optimizando su efectividad permanentemente.
- 3) Es necesario promover en la compañía la idea de que el mantenimiento es «tarea de todos» y activar el trabajo bien hecho a través de la motivación y la preparación individual.
- 4) Es necesario potenciar los grupos de trabajo y dirigirlos hacia la participación a la mejora a través de sugerencias.

Figura 35. El TPM dentro del Mantenimiento Productivo Total



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

En el desarrollo del TPM es muy importante mantener el «rigor» en los siguientes aspectos:

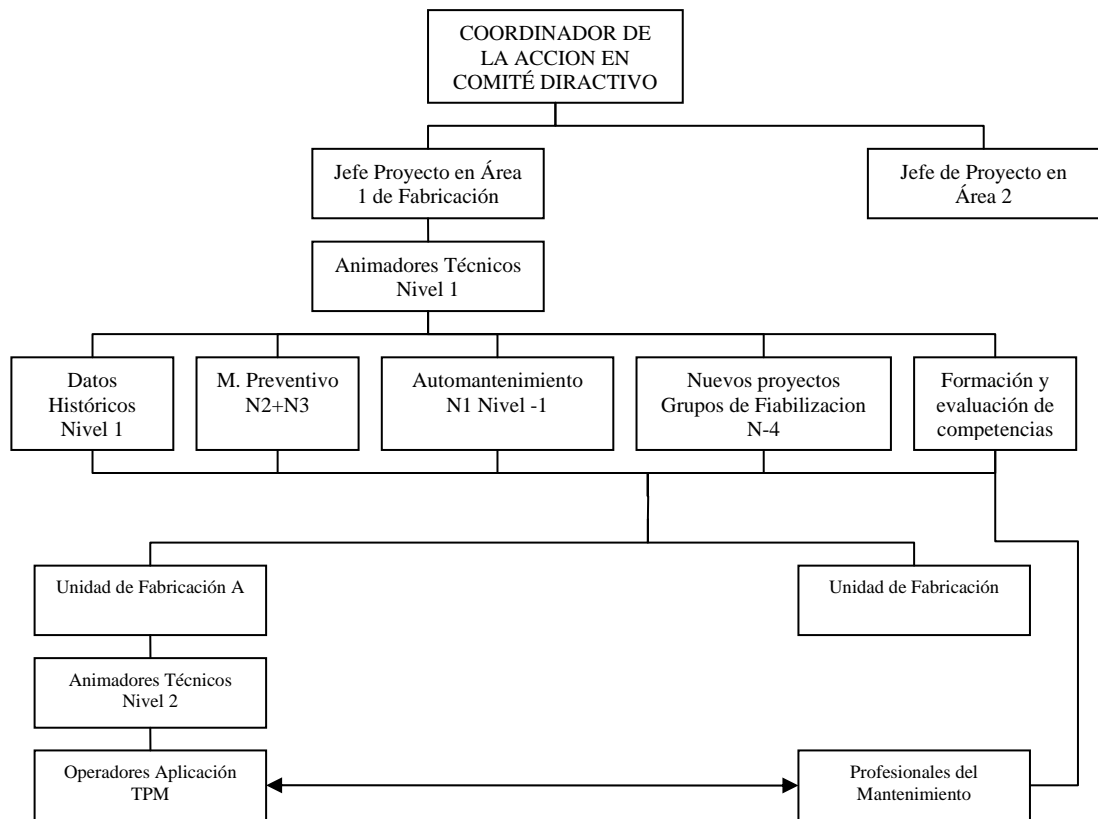
- En la formalización permanente de las decisiones tomadas en los grupos de fiabilización.
- En la toma de datos y el seguimiento de los indicadores de costes y de progreso y sus resultados.
- En el ritmo y programación del proyecto, una vez definido un programa de trabajo concreto.
- En la realización de las tareas de Automantenimiento y Mantenimiento Programado para mantener los estándares y estados de referencia por parte de operarios de fabricación y profesionales de mantenimiento.
- En atender y aplicar, si procede, con la mayor rapidez las sugerencias presentadas por la participación activa de toda la organización.
- En la innovación o aportes técnicos a través de pequeñas inversiones que garanticen la solución de los problemas no cotidianos, y que ayudan a situar a los sistemas de producción en su estado de referencia permanentemente.

Los pasos o etapas intermedias básicas para la aplicación del TPM son las siguientes:

- Extender a todos los niveles del mantenimiento los conceptos teórico-prácticos de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y rendimiento operacional, para disponer de un lenguaje común.
- Promover el interés por estos conceptos entre toda la estructura de la empresa, en particular en la fabricación, extendiendo la idea de que el concepto de Mantenimiento es Global y se requiere la aportación de todos. Cada área funcional debe aportar algo al TPM. Cada nivel jerárquico debe aportar algo al TPM, pues el Mantenimiento Total es tarea de todos.
- Crear grupos de trabajo de análisis de problemas, practicando métodos de resolución de problemas, identificando máquinas cuello de botella en los procesos a través de simulaciones con sistemas informáticos.
- Extender a todos los procesos (sobre todo a las líneas productivas) la aplicación automática de toma de datos, si así es posible, para facilitar el seguimiento e incidencias.
- Ensayar la aplicación de las actividades TPM sobre un proceso pilotó facilitador.

- Extender la aplicación y desarrollo del TPM en toda la organización, buscando su «sentido práctico» y creando la estructura de pilotaje en base a sus principales actividades, (ejemplo en figura 36) en la que participarán técnicos expertos en las funciones de métodos, fabricación y mantenimiento, bien preparados para Animar la acción con entusiasmo.
- Informatizar la gestión y el control de los costes de mantenimiento y de la producción.
- Optimizar la organización de la gestión de Documentación Técnica y de Recambios llevándola al terreno siempre que sea posible.
- Desarrollo de planes de formación específicos a todos los niveles de la organización.

Figura 36. Actividades del TPM.



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

3.5.5 Programa de desarrollo del TPM y principales actividades. Es necesario decir que el programa y planificación para desarrollar un proyecto TPM en una industria debe ser el apropiado para el tipo de actividad, equipos de producción en cuanto a tipo y estado, así como los problemas que se desean afrontar.

Figura 37. Las doce etapas de un programa TPM.

	ETAPAS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. DECISION DE LA DIRECCION DE APLICAR EL TPM EN LA ORGANIZACIÓN	- COMITÉ DE DIRECCION - REVISTA DE EMPRESA
	2. CAMPANA DE INFORMACIÓN TÉCNICA	- SEMINARIOS - REUNIONES
	3. ESTRUCTURA DE PROMOCIÓN TPM	- COMISIONES, ANIMADORES GRUPOS DE TRABAJO
	4. INDICADORES DE PROGRESO TPM BANCO DE DATOS TÉCNICOS ORGANIZACIONALES	- VALORES TÉCNICOS-ECONÓMICOS - ENCUESTAS DE LA ORGANIZACIÓN
	5. REDACCIÓN DE UN PLAN TIPO LÍNEAS DE ACCIÓN/OBJETIVOS	- ORGANIZACIÓN GLOBAL Y DETALLADA - PLANIFICACIÓN
DESARROLLO	6. LANZAMIENTO	- DATOS DE PARTIDA - PRESENTACIÓN PLAN TIPO - ASPECTOS FORMALES - DESARROLLO DE LAS 5S
	7. MEJORA DEL Ro DE CADA MAQUINA	- ANÁLISIS DE DISFUNCIONAMIENTOS - MAQUINAS TÍPICAS GRUPOS DE FIABILIZACION
	8. DESARROLLO DEL AUTOMANTENIMIENTO	- GESTIÓN ESPECIFICA - FORMACIÓN - GAMAS/NIVELES
	9. DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO	- MEJORA DE LA GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO - GAMAS/NIVELES - FORMACIÓN
OPTIMIZACIÓN	10. FORMACIÓN DEL EQUIPO HUMANO EN LOS MÉTODOS Y EXPERIENCIAS DEL MANTENIMIENTO GLOBAL	- ENTREVISTAS/EVALUACION - COMPETENCIAS - CONTRATO DE FORMACIÓN - POLIVALENCIA
	11. INTEGRAR EL TPM EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPO	- MEDIDA DE LA F.M.D. - PARTICIPAR EN FASES DE UN PROYECTO DE EQUIPO NUEVO - FIABILIZACION
	12. CERTIFICAR LA APLICACIÓN TPM	- AUDITAR - DEFINIR - NUEVOS OBJETIVOS - FORMACIÓN

Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

Si se examinan las 12 etapas de la figura 37, se puede observar que existen 5 actividades que aseguran el desarrollo del TPM a nivel práctico y

para las que es necesario encontrar entusiastas y eficaces animadores de la acción si se quiere tener éxito en la aplicación, preparando una estructura de pilotaje similar a la representada en la figura 36. Estas actividades son las siguientes:

❖ **Toma de datos históricos.** Es necesario disponer de un banco de datos en tiempo real para conocer, en cada equipo, todo tipo de disfuncionamientos a través de los indicadores desplegados en cada nivel y que como principales son:

- La fiabilidad
- La mantabilidad
- La disponibilidad
- El rendimiento operacional

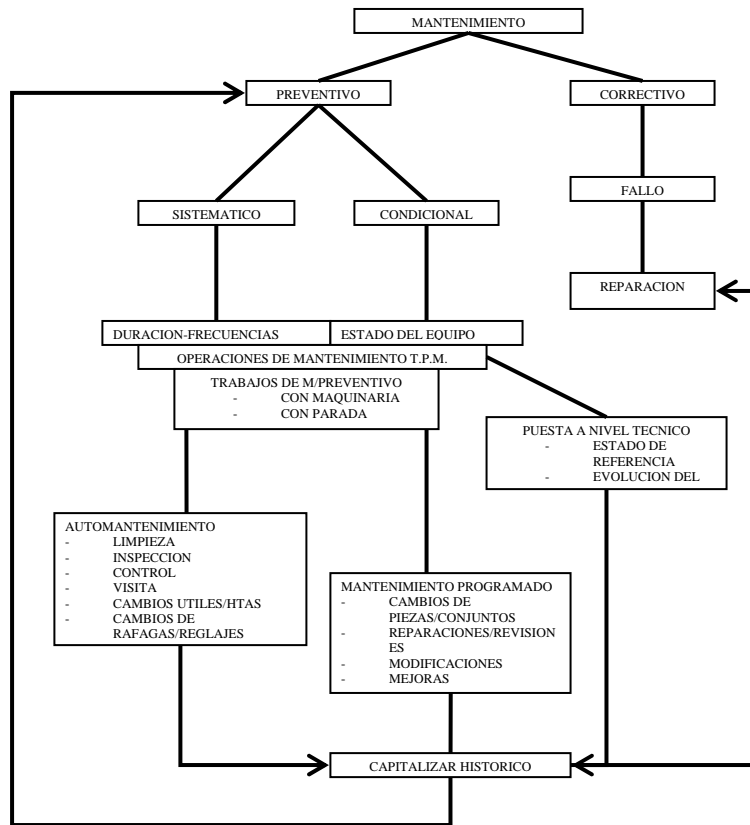
Para obtener su evolución como acción de una mejora continua, identificando las causas de los motivos de dichos disfuncionamientos.

❖ **Optimización del plan de mantenimiento preventivo total.** El Mantenimiento Preventivo en su sentido «global», en una actividad TPM, pasa a:

- Prevención cotidiana elemental, sistemática y condicional, a realizar por los operadores de fabricación en Nivel-1.
- Diagnóstico sobre inspecciones periódicas programadas a realizar, en una primera etapa, por los profesionales de los servicios de mantenimiento y en una segunda etapa por fabricación. Esta intervención corresponde a niveles 2-3.
- Mantenimiento Preventivo no programado, de restauración, con intervenciones para corregir deficiencias encontradas en las inspecciones programadas realizadas.

Este plan ha de ir acompañado de una optimización permanente de gamas y de su seguimiento para asegurar su realización, como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Relación de las operaciones de mantenimiento sobre los conceptos de mantenimiento en el proceso TPM



Fuente: Manual del mantenimiento industrial en la empresa. Rey Sacristán Francisco.

❖ **Mantenimiento autónomo.** Esta actividad es básica en un programa TPM y consiste, como se ha visto, en asignar tareas elementales de mantenimiento, en su sentido global o lo más amplio posible, a los operadores de fabricación.

Para ello se debe preparar el entorno de fabricación de acuerdo a un plan estratégico similar a éste:

- Identificar las tareas para pasar a fabricación de forma progresiva.
- Creación de gamas de Mantenimiento Global de niveles 1-2-3.
- Campaña de información y mentalización para operadores de fabricación y profesionales de mantenimiento, así como para técnicos de procesos-calidad y mantenimiento a los que les cambia su rol de manera significativa.

- Formación específica hacia el mantenimiento espontáneo y elemental.
 - Creación de una ficha de mantenimiento autónomo sobre la que se reflejan las operaciones elementales a realizar por los operadores de fabricación.
 - Aplicación progresiva con ayuda de profesionales y técnicos de mantenimiento, procesos y calidad.
 - Seguimiento y control de las actividades y tareas realizadas por los operadores, recogiendo todo tipo de informaciones y sugerencias con el fin de optimizar las fichas y gamas permanentemente.
 - Creación de fichas de Mantenimiento Programado sobre las que se reflejan las operaciones planificadas a realizar por los profesionales de mantenimiento.
- ❖ **Grupos de fiabilización y de participación en nuevos proyectos.** Ya se ha hecho referencia a la preparación y animación de estos grupos de fiabilización. Se va a añadir en este apartado que la actividad TPM requiere crear una estructura técnica que represente a la fabricación y al mantenimiento en nuevos proyectos de equipos de producción, participando en las diferentes fases del ciclo de vida.
- ❖ **Formación y gestión de competencias.** Esta es una de las principales actividades del desarrollo del TPM. En este contexto, se puede definir como formación:

Toda actividad orientada a mejorar la competencia de las personas en el desempeño de su función para que aumente la calidad de sus tareas. En este caso, el proceso de un plan de formación se basa en:

- Adecuar las actitudes personales hacia un nuevo Mantenimiento Industrial y una nueva cultura de empresa.
- Atender necesidades concretas de todos los empleados para lograr un perfeccionamiento profesional sobre el puesto de trabajo.

Para la formación es preciso tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las personas deben estar convencidas de la necesidad de formarse en el puesto para desempeñar nuevas tareas, destacando en éstas las relacionadas con el mantenimiento.

- La formación es tanto más eficaz cuanto antes se aplica a la tarea diaria.
- Es necesario para implantar la mejora incorporar las capacidades individuales (aprendizajes).
- Es necesario crear un clima de aprendizaje sobre el terreno logrando que el hombre se adapte a situaciones cambiantes.
- Se debe lograr que cada empleado se sienta dueño del proceso de trabajo a él asignado.

3.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD⁶

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales e indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico en un tiempo determinado.

El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta óptica existen una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento

⁶ Principios de mantenimiento. Carlos Ramón González. Pos-grado Gerencia de mantenimiento UIS Bogotá. 2006.

- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

❖ **Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo.** Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado The Woodhouse Partnership Limited Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited", The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994.

Este es un método semicuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: frecuencia de fallas x consecuencias.

A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para jerarquizar sistemas:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencias de fallas} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Frecuencia} = \text{Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)}$$

$$\text{Consecuencias} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de Mto.} + \text{Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene}) (\$, \$US)$$

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo se presentan a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Factores ponderados a ser evaluados.

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mto.} + \text{Impacto SAH})$$

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mto.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 - 1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Flexibilidad Operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Fuente: Principios de mantenimiento. Carlos Ramón González. Posgrado Gerencia de mantenimiento UIS Bogotá. 2006.

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional

(operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). Una vez que se evalúan en consenso cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de Criticidad Total (I) y se obtiene el valor global de criticidad.

Máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados = 200.

Para obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad - valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X. La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas, como se muestra en la figura 39.

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Figura 39. Matriz General de Criticidad

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Principios de mantenimiento. Carlos Ramón González. Pos-grado Gerencia de mantenimiento UIS Bogotá. 2006.

3.7 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO - CMMS⁷

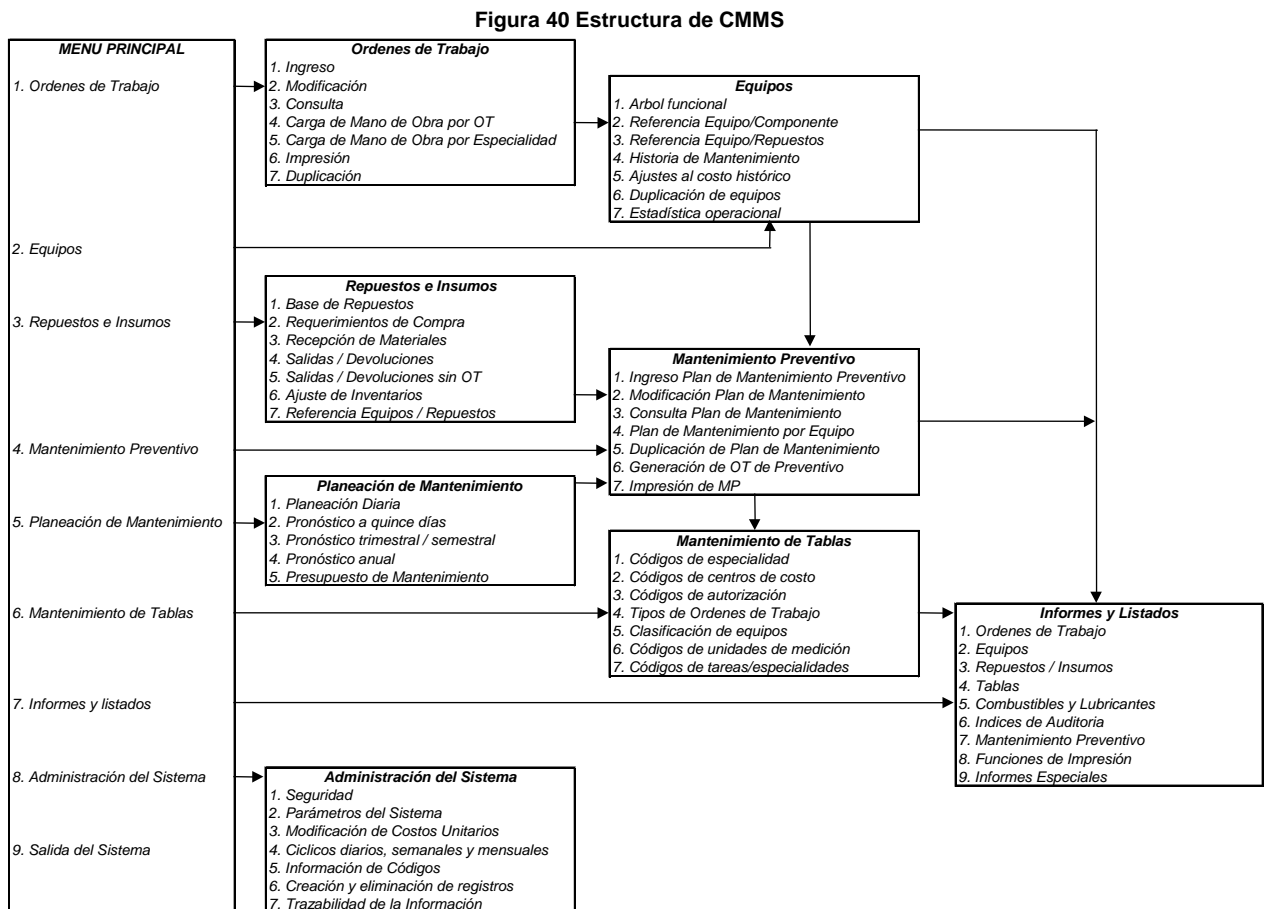
Hardware, software, procesos y personas, que dentro de un esquema retador y de alto compromiso, convergen para optimizar los recursos asociados al mantenimiento de plantas, equipos y sistemas.

⁷ Sistemas de información de mantenimiento. Aleck Santamaría. Pos-grado en gerencia de mantenimiento., UIS Bogotá. 2006

Un CMMS es una herramienta útil para:

- Ahorrar recursos.
- Hacer Proyecciones.
- Soportar a operaciones.
- Facturar el Mantenimiento.
- Sustentar nuevas iniciativas.
- Comunicar la importancia de los datos.
- Dar más herramientas a la Administración.
- Tomar mejores decisiones.
- Basar la gestión en datos y hechos.

En la figura 40 se observa cual debe ser la estructura de un CMMS.



Fuente: Sistemas de información de mantenimiento. Aleck Santamaría. Pos-grado en gerencia de mantenimiento., UIS Bogotá. 2006

- ❖ **Detalles del modelo de costos en CMMS:** La definición del modelo de costos está en función del modelo de administración del mantenimiento a emplear, así como las características del sistema de información de mantenimiento utilizado o, a utilizar. Entonces, el diseño detallado del modelo de costos dependerá de variables críticas que definirán su concepción final, sin embargo es posible definir los argumentos principales que definen su operación, funcionalidad y aplicabilidad.

El modelo de costos es una herramienta de ayuda para la administración de los costos de mantenimiento sin implicaciones contables, preferiblemente.

Será una herramienta para uso interno de cada área de mantenimiento, que permitirá conocer en detalle el comportamiento de los diferentes elementos que conforman el costo de mantenimiento y que dará respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Se están administrando efectivamente los costos de mantenimiento?
- ¿En dónde están los problemas?
- ¿Cuánto cuesta hacer mantenimiento?

El modelo funcionará bajo las siguientes premisas:

- La existencia de una Orden de Trabajo para realizar trabajos de mantenimiento a un equipo.
- La clasificación de los recursos que requiere la Orden de Trabajo en dos categorías: Costos Directos e Indirectos.
- La definición de los elementos de costo: Mano de Obra Directa, Materiales, Repuestos, Herramientas, y los Costos Indirectos.

4. ESTRUCTURACIÓN GERENCIAL DEL DEPARTAMENTO DE MANUFACTURAS ELIOT

La gerencia de mantenimiento consiste en medir, analizar, planear y tomar acción sobre todos aquellos aspectos relevantes para el buen funcionamiento de la empresa y que interactúan con mantenimiento. Los objetivos del mantenimiento deben estar enmarcados dentro de los objetivos definidos en el plan estratégico de la empresa.

La estructura gerencial de mantenimiento propuesta involucra todos los aspectos que se relacionan con él, no como una suma de elementos sino como una interacción de los mismos con mantenimiento y entre ellos. Estos aspectos son:

- Gestión de equipos.
- Gestión de repuestos.
- Gestión de la información.
- Recursos humanos.
- Costos.
- Gestión ambiental.

4.1 GESTIÓN DE EQUIPOS.

En la gestión de equipos se debe tener en cuenta el que cada uno de ellos ocupa una posición distinta en el proceso productivo y con características propias que lo hacen diferente a los demás. Por lo tanto no se puede asegurar que toda una planta está sujeta al mismo tipo de mantenimiento. Para determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo se deben tener en cuenta factores tales como el costo de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el costo de reparación, el tipo de producto procesado y su prioridad en la programación de producción.

4.1.1 Lista de equipos. Se debe hacer una lista de equipos en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes. En la empresa se identifican los siguientes niveles:

- Sección: Zona de la planta con una característica común (centro de costo, similitud de equipos, línea de producto, función). Ejemplo: Tintorería
- Equipo: Cada una de las unidades productivas que componen la sección. Ejemplo: Teñidora (jet)
- Sistema: Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo. Ejemplo: Sistema de bombeo
- Elemento: Cada una de las partes que integran un sistema. Ejemplo: Bomba de circulación
- Componentes: Partes en que puede dividirse un elemento. Impulsor de bomba de circulación.

4.1.2 Codificación de equipos. Después de realizada la lista de equipos se deben codificar los mismos lo cual facilita su localización, su referencia en ordenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos, el cálculo de indicadores referidos a cualquiera de los niveles y el control de costos.

El código de un equipo debe contener la siguiente información:

- Sección a la que pertenece. Ejemplo: Servicios (SE)
- Tipo de equipo. Ejemplo: Caldera de vapor (CV)
- Número Correlativo.

El código de los elementos que forman parte de un equipo debe contener la siguiente información:

- Tipo de elemento, características y número correlativo
- Equipo al que pertenecen, código del equipo.
- Sistema en que está incluido el elemento. Ejemplo: Alimentación de agua a la caldera.
- Familia a la que pertenece el elemento. Ejemplo: Bomba de alimentación de agua; Familia: Bombas (B).

4.1.3 Modelos de mantenimiento. Cada equipo necesita una mezcla de cada uno de los modos de mantenimiento y no se puede pensar en aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular y mucho menos a una planta de producción.

Para dar solución a esta situación se debe hablar de modelo de mantenimiento, como una mezcla de los modos de mantenimiento en unas proporciones determinadas que satisfagan adecuadamente las necesidades de un equipo concreto.

Todos los modelos de mantenimiento propuestos incluyen dos actividades básicas: inspecciones visuales y lubricación.

❖ **Modelo correctivo.** Es el más básico e incluye además de las inspecciones periódicas y la lubricación, la reparación de las averías que surjan. Es aplicable a los equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema.

❖ **Modelo Condicional.** Aparte de las actividades descritas en el modelo anterior, en este se realizan pruebas o ensayos que determinan una acción posterior. Dependiendo del resultado de la prueba se programa una Intervención si éste es negativo, de lo contrario no se toma acción.

Este modelo se aplica en equipos de poco uso, o cuya probabilidad de falla es baja aunque sea crítico o importante.

❖ **Modelo sistemático.** Este modelo contiene una serie de actividades que se deben ejecutar sin importar cual es la condición del equipo, además se deben realizar algunas mediciones y pruebas para decidir si se realizan otras tareas de mayor envergadura, y por último resolver las averías que surjan.

Este es un modelo que se aplica en equipos de disponibilidad media con relativa importancia en el proceso productivo y cuyas averías causan trastornos. Un equipo con este modelo tiene tareas sistemáticas que se realizan sin importar el tiempo que lleve en funcionamiento o el estado de sus elementos. Esta es la principal diferencia con los dos modelos anteriores en los que se debía presentar algún síntoma de falla para realizar una tarea.

❖ **Modelo de alta disponibilidad.** Este modelo se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir averías o mal funcionamiento, o en los que se exige disponibilidades por encima del 90%. Un nivel alto de disponibilidad está condicionado por un alto costo en producción no realizada debido a avería. En este modelo es necesario aplicar técnicas de mantenimiento predictivo que permitan conocer el estado del equipo sin detenerlo y programar paradas de revisión general con suficiente antelación para tomar las acciones pertinentes.

En este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo ya que el objetivo que se busca, en los equipos a los cuales se aplica, es cero

averías. Por lo tanto en muchos casos es necesario realizar reparaciones rápidas provisionales que permiten mantener el equipo funcional hasta la próxima revisión general programada en la cual se deben ejecutar los arreglos que hayan quedado pendientes.

- ❖ **Mantenimiento legal.** Los equipos que presentan riesgos para las personas o para el entorno normalmente están sometidos a regulaciones legales. Estas normas exigen la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones. Estas tareas deben incorporarse al mantenimiento planeado del equipo cualquiera que sea el modelo se decida aplicarle. Ejemplos de algunos equipos sometidos a este tipo de mantenimiento son: equipos a presión, instalaciones de alta y media tensión, ascensores de personas, vehículos, instalaciones contra incendio y tanques de almacenamiento de determinados productos químicos.

- ❖ **Mantenimiento subcontratado a especialistas.** Este modelo se aplica a equipos sobre los cuales no tenemos conocimientos suficientes o los medios necesarios para realizar el mantenimiento. El especialista puede ser el fabricante del equipo o empresas de servicio técnico especializadas en el mismo.

Este modelo es la alternativa más costosa y debe tratar de evitarse en la medida de lo posible. Por esto se debe desarrollar cuando sea posible, un plan de formación que incluye entrenamiento específico en los equipos sobre los que no se posean conocimiento suficientes y además adquirir los medios técnicos necesarios.

4.1.4 Análisis de criticidad. Después de tener la lista de equipos en necesario elaborar un análisis de criticidad de cada equipo donde se determine si es: no crítico (NC), de media criticidad (MC) o crítico (C). Este análisis se debe realizar teniendo en cuenta el marco teórico descrito en el capítulo 3. y a continuación se presenta un ejemplo.

- ❖ **Ejemplo del uso de la metodología de análisis de criticidad.** Sistema de calentamiento de aceite térmico de Manufacturas Eliot.

Frecuencia: Buena 1 falla/año: Valor: 2

Impacto operacional: Parada del sistema y tiene repercusión en otros sistemas. Valor: 7

Flexibilidad operacional: No existe opción de producción y no hay función de repuesto.

Valor: 4

Costo de Mantenimiento: Mayor a US \$ 20000. Valor: 2

Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH): Provoca daños menores (Ambiente – seguridad). Valor: 3

Consecuencias= ((Impacto operacional x Flexibilidad)+Costos de Mantenimiento + Impacto Seguridad, Ambiente e Higiene)

$$= (7 \times 4) + 2 + 3 = 40$$

$$\text{Criticidad Total} = \text{frecuencia} \times \text{consecuencias} = 2 \times 40 = 80$$

Ubicando los valores de consecuencia y frecuencia en la matriz de criticidad, figura 41, se llega a la conclusión de que el equipo es C (Crítico).

Figura 41. Aplicación matriz criticidad.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	Sistema calentamiento ac. térmico	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Carlos Ramón González. Pos-grado Gerencia de mantenimiento UIS Bogotá. 2006.

4.1.5 Selección del modelo de mantenimiento. Con la determinación previa de la criticidad de los equipos se tiene la primera herramienta para decidir el modelo de mantenimiento a aplicar a cada uno de ellos.

Si el equipo es no crítico el modelo que le corresponderá, será el modelo correctivo.

Si el equipo es crítico el modelo a seguir será uno de los tres que corresponde a mantenimiento programado.

Si el equipo es de criticidad media se debe estudiar las consecuencias de la avería, por tanto se debe tener en cuenta el costo que implica una parada y el costo que supone la reparación de una posible avería. Si el costo de una parada es alto medido en unidades de producción, el modelo a seguir es uno de los modelos programados. Si el costo de la parada es bajo se debe analizar cual es el costo de una posible avería. Si el equipo tiene elementos cuyo daño nos implica un gasto grande, el modelo de mantenimiento será programado, en caso contrario el modelo será correctivo.

Cuando se ha decidido que el modelo es un modelo de mantenimiento programado se pasa a la siguiente etapa donde se define que modelo en concreto es el adecuado.

Si el equipo debe estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (>90%) el modelo es el de alta disponibilidad. Este es el más costoso y completo, y es el único que no incluye la reparación de averías, por que se da por descontado que estas no pueden surgir.

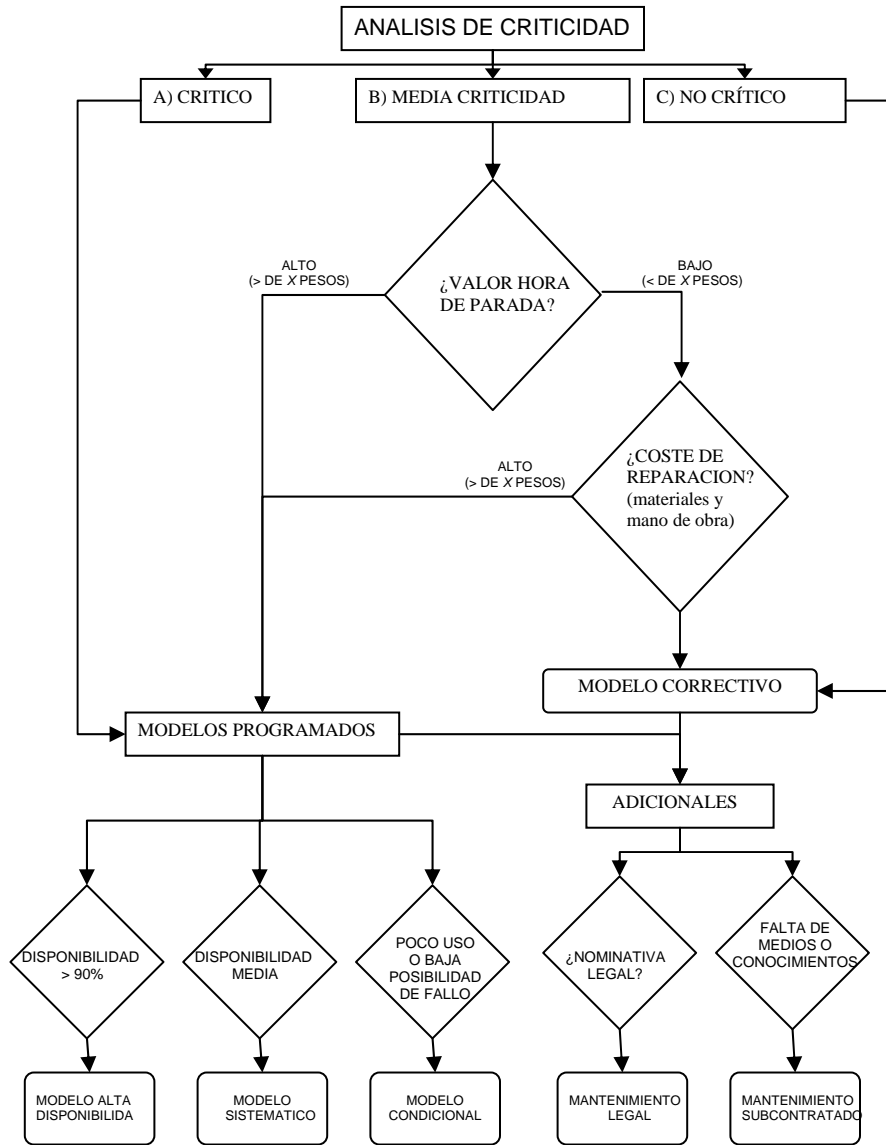
Si el equipo tiene una disponibilidad media ya que no opera las 24 horas del día o hay temporadas en las que permanece detenido, el modelo será el sistemático. En este grupo de equipos, aunque no funcionan de forma continua, se debe asegurar que cuando lo hagan sea de forma fiable.

En tercer lugar, se tiene el caso de los equipos cuya posibilidad de fallo es baja, o cuya disponibilidad requerida es igualmente baja. (Equipos requeridos ocasionalmente o que se encuentran duplicados o triplicados). El modelo correspondiente será el condicional en el que se realizan determinadas pruebas funcionales o ensayos y en el que se actúa solo en caso de observar algo anormal en estos. Dentro de los modelos de mantenimiento programado es el más básico.

Por último, se debe decidir a que equipos se les debe realizar el mantenimiento legal y a cuales equipos se les debe realizar el mantenimiento subcontratado.

En la figura 42 se observa el proceso de decisión detalladamente.

Figura 42. Modelos de mantenimiento.



Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral de mantenimiento

4.1.6 Ficha de equipo. Para poder realizar la selección del modelo de mantenimiento más adecuada para cada equipo lo primero que se necesita es la lista de equipos que componen la planta, la cual entre más detallada sea, más útil será y más validas las conclusiones que de ella se obtengan.

Cuando se tiene la lista se requiere elaborar una ficha para cada uno de los equipos. Esta ficha debe contener los datos más importantes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos. Esto se debe realizar independiente de que exista o no un sistema de información.

En la ficha de equipo se deben registrar los siguientes datos:

- Código del equipo y descripción
- Datos generales
- Características principales (especificaciones). Es importante registrar la mayor cantidad de datos posibles.
- Valores de referencia (Variables físicas de funcionamiento, nivel de vibración en cada punto, consumo de energía etc.)
- Análisis de criticidad del equipo. Se debe explicar el por que del nivel asignado para que cualquier persona lo pueda consultar y entender la razón de esta clasificación.
- Modelo de mantenimiento recomendable. Es conveniente explicar como se llego a la conclusión del modelo escogido.
- Especificar si necesita de mantenimiento legal y cuales son las normativas de aplicación.
- Especificar si necesita de mantenimiento subcontratado y el tipo del mismo (revisiones periódicas, correctivo, inspecciones)
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock para el equipo.
- Repuestos que se presupuestan necesarios para el equipo en un ciclo de cinco años.
- Consumibles necesarios para el funcionamiento del equipo (lubricantes, filtros, empaques, etc.)
- Acciones formativas que se estiman necesarias para adquirir el conocimiento requerido en el mantenimiento del equipo.

La realización de esta ficha para cada uno de los equipos suministra información muy importante para poder realizar el mantenimiento planeado y para otras labores:

- Se dispondrá de algunos de los datos necesarios para calcular el procedimiento de mantenimiento.
- A partir de las necesidades de formación en cada uno de los equipos se podrá elaborar el plan de formación del personal.

4.1.7 Mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado. Después de haber definido los modelos de mantenimiento de cada equipo se elaboran el plan de mantenimiento autónomo (a realizar por los operarios de producción) y el mantenimiento planeado a realizar por el departamento de mantenimiento. Para la realización de estos planes de mantenimiento se deben tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, el historial de cada equipo y la experiencia

propia del departamento. Estos planes son dos de los pilares del TPM los cuales se deben implementar completamente para llevar a toda la empresa hacia esta estrategia.

4.2 GESTIÓN DE REPUESTOS

Uno de los costos más importantes en mantenimiento es el consumo de repuestos el cual se debe optimizar. Las políticas en reducción de costos de la empresa hacen necesario tener un stock mínimo de repuestos lo cual puede afectar la disponibilidad de los equipos. Por lo tanto, además de optimizar el consumo de repuestos se debe buscar un compromiso entre la inversión económica y la disponibilidad deseada en la planta.

4.2.1 Clasificación de los repuestos. Los repuestos se deben agrupar desde varios puntos de vista:

- En función de su responsabilidad dentro del equipo
- En función de la necesidad de mantenerlo en stock permanente
- Por el tipo de aprovisionamiento.

❖ *Responsabilidad dentro del equipo.*

- Piezas sometidas a desgaste. Elementos que unen piezas fijas y móviles, partes en contacto con fluidos. Ejemplo: cojinetes, juntas casquillos, etc.
- Consumibles. Elementos de duración inferior a un año, con una vida fácilmente predecible, de bajo costo que generalmente se cambian sin esperar síntomas de mal estado. Su falla y desatención pueden provocar grandes averías. Ejemplos: filtros, lubricantes, adhesivos, etc.
- Elementos de regulación y mando mecánico. Elementos cuya misión es controlar procesos y funcionamiento de instalaciones. Ejemplo: válvulas, resortes, ejes, etc. Su falla frecuente es por fatiga.
- Piezas móviles. Elementos destinados a transmitir movimientos. Ejemplo: Engranaje, correas, cadenas, reductores. Su falla frecuente es por fatiga.
- Componentes electrónicos (instrumentación). Aunque tienen una alta fiabilidad, un problema en ellos normalmente ocasiona una parada en el equipo. Su falla frecuente es por calentamiento, cortocircuito o sobre tensión, que generalmente se producen al someter el equipo a condiciones de trabajo diferentes para las que se diseñó.

- Piezas estructurales. Rara vez fallan pues trabajan en condiciones muy debajo de sus capacidades. Ejemplo: bases, soportes, bastidores.
- ❖ ***Necesidad de stock en planta.*** Bajo este criterio se dividen las piezas en tres categorías:
 - Repuesto A: Elemento que es necesario mantener en stock en planta
 - Repuesto B: Elemento que es necesario tener localizado, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.
 - Repuesto C: Elemento que no es necesario prever, pues su falla solo genera ligeros inconvenientes en la operatividad de la planta.
- ❖ ***Clasificación por tipo de aprovisionamiento.*** Desde el punto de vista de la compra se dividen las piezas en tres tipos:
 - Pieza estándar: Pieza incorporada por el fabricante en el equipo y que se puede comprar a diferentes proveedores.
 - Pieza específica del fabricante de la máquina: Es la pieza diseñada por el fabricante, que es específica de él y solo puede ser suministrada por el fabricante mismo.
 - Pieza específica a medida: es la pieza diseñada para determinada máquina que se construye bajo plano y puede ser construida por cualquier taller especializado.

4.2.2 Criterios para selección de repuestos. Se tienen en cuenta los siguientes aspectos para seleccionar el stock de repuestos:

- Criticidad del equipo. El análisis de criticidad permite establecer tres categorías para los diferentes equipos: A, o equipos críticos; B, o equipos de media criticidad; y C, o equipos no críticos.
- Consumo. Se debe establecer cuales elementos se consumen habitualmente haciendo un chequeo del histórico de averías o de listas de elementos adquiridos en periodos anteriores. Los elementos que se consumen habitualmente y que además tienen un bajo costo se deben tener en cuenta para pertenecer a la lista de repuestos mínimos.
- Plazo de aprovisionamiento. Aquellas piezas que pertenezcan a equipos A (críticos) cuya entrega no sea inmediata, deben integrar el almacén de repuestos. En esta lista también se deben considerar las

pieza de un equipo B (criticidad media) que puedan generar una parada larga del mismo.

- Costo de la pieza. Debido a que uno de los objetivos es tener un almacén con el menor costo posible, el precio de repuestos es parte importante de la decisión sobre su stock. Las piezas de alto costo no deben estar en stock y, en cambio, deben estar sujetas a un mantenimiento predictivo eficaz. El costo de la pieza es por lo tanto un aspecto fundamental.
- Costo de la pérdida de producción. Si el costo de la producción perdida por un fallo es alto, se debe estudiar cada fallo del equipo y prever que piezas son necesarias para atender cualquier contingencia.

4.2.3 Determinación del repuesto que debe estar en stock. Como se enunció en la clasificación del repuesto según la necesidad de stock, se clasificó éste en tres tipos: A, B y C. El que debe permanecer en stock es el clasificado como A.

Este se divide a su vez en dos tipos: el repuesto de gran rotación normalmente formado por consumibles, y el elemento que puede usarse en gran cantidad de equipos, por ser un repuesto muy estándar cuya posibilidad de uso es alta.

Para la selección de este tipo de repuestos se debe analizar el historial de fallas registrado en la hoja de vida del equipo y partiendo de este punto es posible determinar el repuesto que será necesario mantener en stock para resolver fallos que puedan afectar la producción.

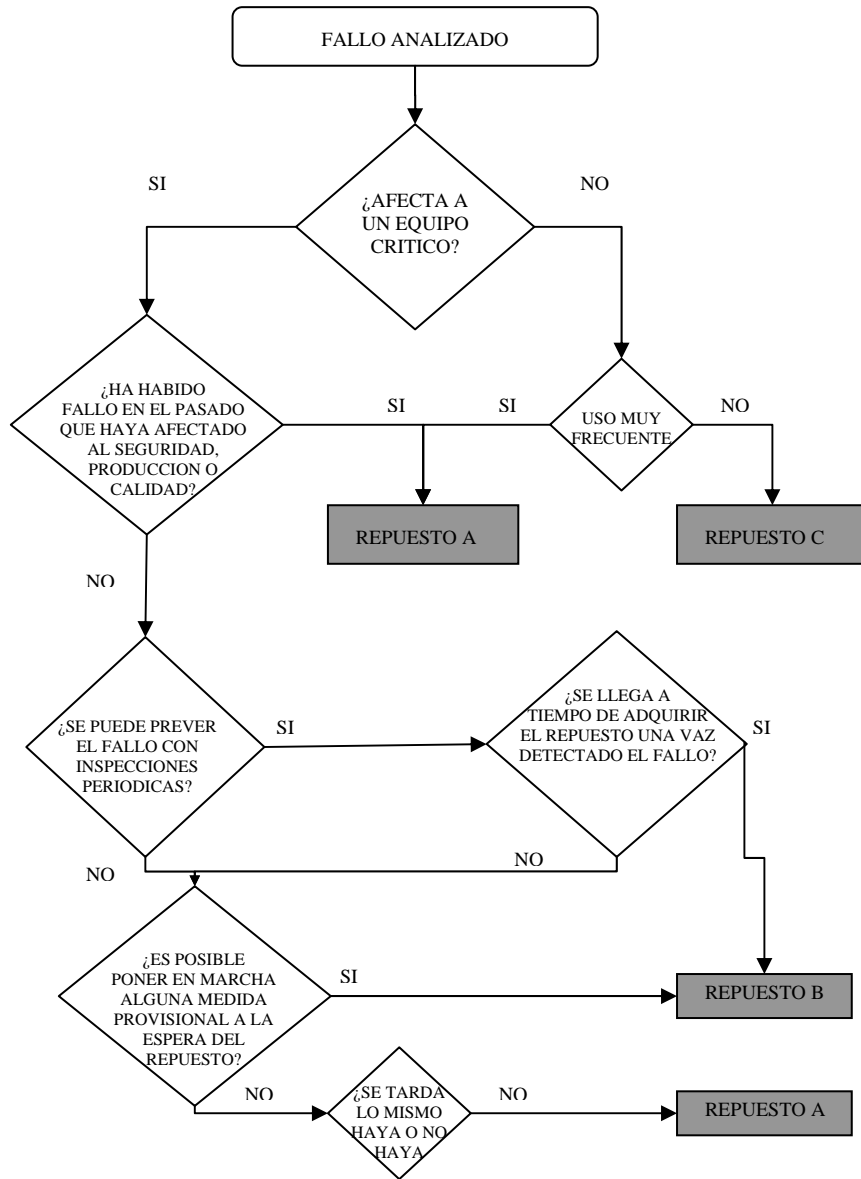
En la figura 43 se presenta el diagrama de flujo que se utiliza para la selección de este tipo de repuesto.

Una vez definido los repuestos que deben estar en stock se deben definir la cantidad de los mismos. Es necesario definir para cada uno:

- Cantidad inicial.
- Punto de pedido, o mínimo para realizar solicitud de compra.
- Cantidad a pedir una vez alcanzado el punto de pedido.

El procedimiento para determinar estas cantidades está fundamentado en diferentes análisis matemáticos, sin embargo es conveniente aprovechar la experiencia propia o de expertos, buscando siempre la adquisición del mínimo necesario.

Figura 43. Selección de repuestos.



REPUESTO A: REPUESTO QUE DEBE PERMANECER EN STOCK
 REPUESTO B: REPUESTO QUE NO ES NECESARIO MANTENER EN STOCK, PERO DEBE ESTAR LOCALIZABLE
 REPUESTO C: RESTO

Fuente: Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral de mantenimiento

4.2.4 Identificación de los repuestos. Todas las piezas de repuesto deben estar debidamente identificadas, dicha identificación debe contener los siguientes datos:

- Código del repuesto.
- Tipo de repuesto (consumible, genérico, específico)

- Modelo de reposición (procedimiento a seguir cuando se consume)
- Descripción
- Referencia comercial
- Proveedor y/o fabricante.
- No. del plano en el que figuren las especificaciones, si se considera necesario.
- Ficha técnica.
- Inspecciones o ensayos requeridos al momento de la recepción.
- Sistema de almacenamiento, si requiere alguna condición especial.
- Ubicación dentro del almacén y costo.

4.3 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

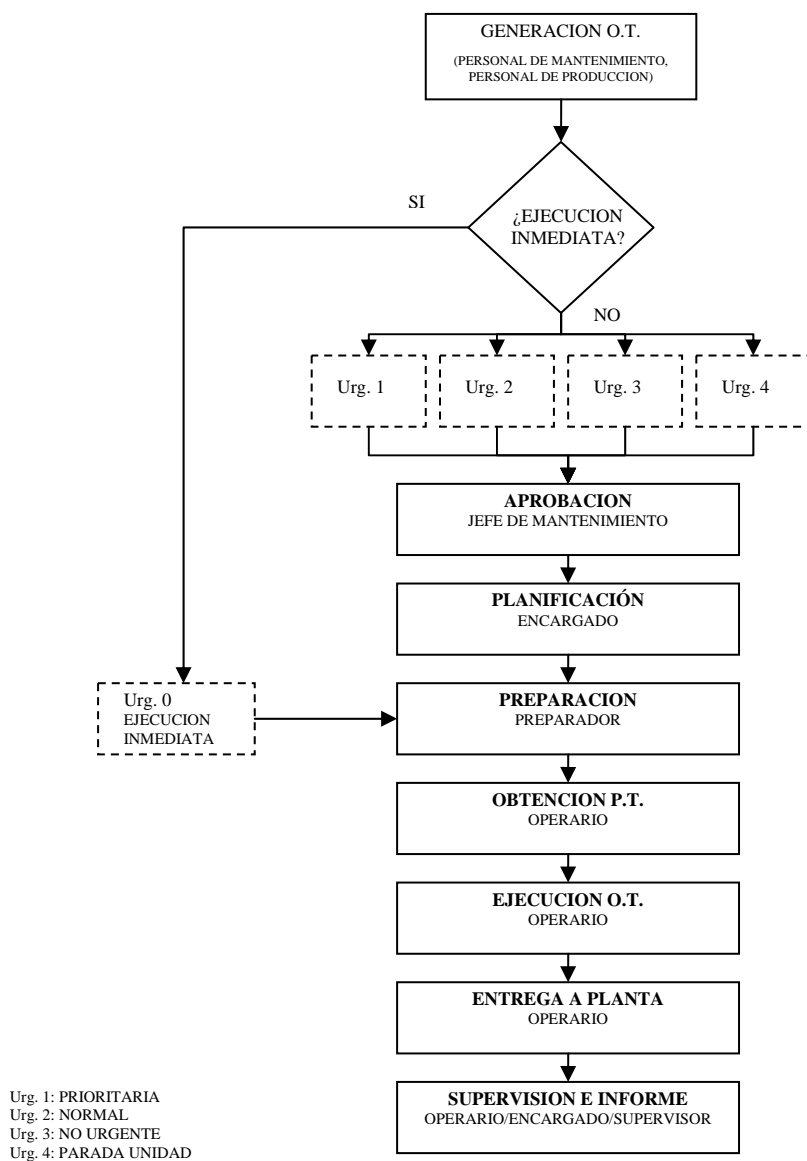
El departamento de mantenimiento necesita y genera gran cantidad de información, por lo tanto requiere prestar atención al sistema utilizado para recopilar datos que se conviertan en información.

4.3.1 Ordenes de trabajo (O.T.). La orden de trabajo es el documento en que la administración de mantenimiento informa al técnico sobre la tarea a realizar. Estas son una de las fuentes más importantes de información pues recogen los datos de cada intervención. En estas órdenes se detallan:

- No. de orden correlativo que permite identificarla de manera única.
- El equipo o instalación a intervenir.
- El trabajo a ejecutar o el comportamiento de un equipo que está funcionando inadecuadamente.
- Las herramientas y materiales necesarios si se conocen
- Los riesgos del trabajo, las precauciones a tomar y los equipos de protección requeridos.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

Se debe determinar la orden de trabajo, quién autoriza su realización, cómo se determina, cuándo ejecutarse y por quién. Para ello es necesario establecer el flujo de la O.T. como se muestra en la figura 44.

Figura 44. Diagrama de flujo O.T.



Fuente: Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral de mantenimiento

Se identifican dos tipos de órdenes: Las correctivas y las preventivas.

❖ **Orden de trabajo correctiva.** Es la comunicación de una intervención para corregir un problema detectado en un equipo. Consta de tres zonas claramente diferenciadas:

➤ Zona de la orden que llena el solicitante.

- Zona que llena el organizador del trabajo de mantenimiento.
- Zona de la orden que llena el ejecutante.

En la parte que llena el solicitante figuran los siguientes datos:

- No. de orden.
- Nombre del solicitante.
- Fecha y hora de solicitud.
- Síntomas que presenta el equipo.
- Nivel de prioridad.

En la parte que llena el organizador de mantenimiento figura la siguiente información:

- Listado de riesgos.
- Precauciones a tener en cuenta en materia de seguridad.
- Equipo de protección individual a usar.
- Materiales y herramientas requeridos para la intervención.
- Fecha y hora en que se ha programado la intervención, si es programada.

En la parte que llena el ejecutante figura la siguiente información:

- Fecha y hora del inicio de la intervención.
- Personas que intervienen.
- Fecha y hora del final de la intervención.
- Repuestos utilizados.
- Descripción de los trabajos ejecutados.
- El estado en que queda lo O.T. (finalizada totalmente, finalizada provisionalmente, o no finalizada).
- Observaciones. Espacio dedicado a sugerencias, comentarios, etc.

En la figura 45 se observa un modelo de orden de trabajo correctiva.

Figura 45. Orden de trabajo correctiva.

ORDEN DE TRABAJO		No. ORDEN:	
DATOS GENERALES			
EQUIPO:.....		FECHA DE EMISIÓN:.....	
SOLICITANTE:.....			
NIVEL DE PRIORIDAD	URGENTE <input type="checkbox"/>	IMPORTANTE <input type="checkbox"/>	
A REALIZAR EL DIA:.....			
DESCRIPCIÓN			
SÍNTOMAS:.....			
RIESGO DEL TRABAJO (PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA)			
<input type="checkbox"/> ALTO NIVEL DE RUIDO. ACONSEJABLE EL USO DE PROTECTORES ACÚSTICOS <input type="checkbox"/> EXCESIVO RUIDO. ABSOLUTAMENTE OBLIGATORIO EL USO DE PROTECTORES ACÚSTICOS <input type="checkbox"/> GOLPES EN LA CABEZA (MUCHAS VIGAS Y SALIENTES A LA ALTURA DE LA CABEZA). OBLIGATORIO EL USO DE CASCO <input type="checkbox"/> ALGUNAS ZONAS CALIENTES. TOMAR PRECAUCIONES PARA NO TOCAR ZONAS MARCADAS COMO CALIENTES <input type="checkbox"/> PARTES MÓVILES. PRECAUCIÓN PARA NO TOCAR PARTES EN MOVIMIENTO. CONTROLAR BUEN ESTADO DE LAS PROTECCIONES <input type="checkbox"/> RIESGOS ELÉCTRICOS. NO TOCAR CABLES, NI MANIPULAR LOS EQUIPOS BAJO TENSIÓN. <input type="checkbox"/> PRODUCTOS QUÍMICOS ABRASIVOS. EVITAR EL CONTACTO CON LA PIEL <input type="checkbox"/> OTROS:			
EQUIPOS DE PROTECCIÓN:			
CASCO <input type="checkbox"/>	GAFAS DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/>	CINTURÓN DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/>	
GUANTES <input type="checkbox"/>	BOTAS DE SEGURIDAD <input type="checkbox"/>	PROTECCIÓN ACÚSTICOS <input type="checkbox"/>	
OTROS. <input type="checkbox"/>			
		FIRMA DEL OPERARIO	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS A PREPARAR			
TRABAJO REALIZADO			
SITUACIÓN DE LA ORDEN: FINALIZADA <input type="checkbox"/> FINALIZADA PROVISIONALMENTE <input type="checkbox"/> PENDIENTE <input type="checkbox"/>			
OPERARIO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL
TOTAL HORAS			
REPUESTOS CONSUMIDOS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	TOTAL
TOTAL REPUESTOS			
OBSERVACIONES			

Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral de mantenimiento

- ❖ **Órdenes de trabajo preventivo - Rutas de mantenimiento.** Estas órdenes tienen diferencia con respecto a las correctivas ya que en ellas se conoce con exactitud el trabajo que debe realizarse y, por lo general, se ha realizado con anterioridad, por lo que la planificación es más exacta.

La orden de trabajo preventiva también se llama ruta de mantenimiento y tiene las siguientes partes:

- Código de la ruta.
- Periodicidad.
- Fecha de realización.
- Tiempo estimado de realización.
- Fecha de inicio y fecha final.
- Nombre de los operarios.
- Lista de riesgos, precauciones, y equipos de protección individual.
- Lista de herramientas y materiales necesarios.
- Lista de actividades a ejecutar.
- Valores de referencia. En las actividades de tomas de datos y mediciones deben figurar los rangos normales de los mismos.
- Resultados. Se debe registrar con brevedad el resultado de la tarea (por ejemplo: OK-KO, Bien-Mal, Realizado, etc.).
- Observaciones. Se deben registrar todas las observaciones de interés tras la realización de la orden.

En la figura 46 se observa un modelo de orden de trabajo preventivo.

Figura 46. Orden de trabajo preventivo.

GAMA DE MANTENIMIENTO		FRECUENCIA		CODIGO GAMA	
PREVENTIVO		DIARIA		DCO. 1	
INSPECCION GENERAL DIARIA		EDICIÓN:		Esp: MEC	
		FECHA:		HOJA:	

INSTALACION A INSPECCIONAR O REVISAR: compresores					
OPERARIO				FEHA	
HORA INICIO:		HORA FINAL:		T. NORMAL MINUTOS	
HERRAMIENTAS			EQUIPO DE PROTECCION		
RIESGOS DE TRABAJO (PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA)					
1. EXCESIVO RUIDO. ABSOLUTAMENTE OBLIGATORIO EL USO DE PROTECTORES ACUSTICOS 2. GOLPES EN LA CABEZA (MUCHAS VIGAS Y SALIENTES A LA ALTURA DE LA CABEZA). OBLIGATORIO EL USO DEL CASCO 3. ALGUNAS ZONAS CALIENTES. TOMAR PRECAUCIONES PARA NO TOCAR ZONAS MARCADAS COMO CALIENTES 4. PARTES MOVIELES. PRECAUCION PARA NO TOCAR PARTES EN MOVIMIENTO. CONTROLAR BUEN ESTADO DE LAS PROTECCIONES 5. RIESGOS ELECTRICOS. NO TOCAR CABLES NI MANIPULAR LOS EQUIPOS BAJO TENSION					
MATERIALES			CODIGO MATERIALES		
EQUIPO	DESCRIPCION	RESULTADO	RANGO NORMAL		
Compr. 1	Comprobar ausencia de fugas				
	Temperatura de entrada aire		<30 °C		
	Temperatura de etapas		30-50 °C		
	Presion de salida de aire		6.8 - 7.5 Kg/cm ²		
	Vibraciones eteapas		<15		
	Presion aceite		ddp<15		
	Nivel de aceite compresor y motor				
	Temperatura de aceite		40-60 °C		
	Estado aparente del filtro de admision				
	Estado aparente del filtro de aceite				
	Temperatura bomba de lubricacion				
	Consumo del motor				
	Comprobar alarmas apagadas				
	Temperatura cojinetes motor		30-60 °C		

Fuente: Santiago García Garrido. Organización y gestión integral de mantenimiento

4.3.2 Indicadores. Un sistema de procesamiento de datos es aquel que permite convertir datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento se definen una serie de parámetros que permiten evaluar los resultados obtenidos, es decir, a partir de una serie de datos, el sistema de procesamiento devuelva una información, una serie de indicadores que sirve de base para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Cuando se dispone de un sistema computarizado de administración de mantenimiento (CMMS), el cálculo de estos indicadores es rápido y el sistema puede generar informes de los mismos. Cuando no se disponga de un CMMS, como s el caso de Manufacturas Eliot, estos indicadores se deben obtener por medio de hojas de cálculo.

No sólo se debe conocer el indicador, sino también su evolución. Por ello en los informes se debe reflejar su tendencia para conocer si la situación mejora o empeora. También es importante fijar un objetivo para cada índice para determinar si el resultado obtenido es bueno o malo.

❖ **Índices de disponibilidad.**

- Disponibilidad total: Es uno de los indicadores más importantes y se obtiene al dividir el número de horas en que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

- Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos, se calcula la media aritmética para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos}}{\text{numero de equipos}}$$

- Disponibilidad por averías. Se calcula en forma idéntica al anterior pero teniendo en cuenta solo las paradas por avería (intervenciones no programadas)

$$\text{Disponibilidad por averia} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas paradas por averia}}{\text{Horas totales}}$$

- Una vez obtenida la disponibilidad por averías de cada uno de los equipos, se calcula la media aritmética para obtener la disponibilidad total por averías de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad por averia de equipos}}{\text{numero de equipos}}$$

- MTBF. (Tiempo medio entre fallas). Permite conocer la frecuencia con que se presenta las averías.

$$\text{MTBF} = \frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averias}}$$

- MTTR. (Tiempo medio de reparación). Permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución-

$$\text{MTTR} = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por averias}}{N^{\circ} \text{ de averias}}$$

- También se puede definir la disponibilidad por avería en términos de MTBF y MTTR de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

❖ **Indicadores de gestión de órdenes de trabajo.**

- 1) Número de órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado.
- 2) Número de órdenes de trabajo pendientes. Este indicador da una idea de la eficacia en la solución de los problemas, pero es conveniente distinguir entre las O.T. pendientes por causas ajenas a mantenimiento.

Por ello es conveniente dividir este indicador en otros tres:

- a) Pendientes por repuestos.
 - b) Pendientes por espera en parada de equipo
 - c) Pendientes por otras causas.
- 3) Número de órdenes de trabajo de emergencia (prioridad máxima). Si son pocas o ninguna, se puede decir que el estado de la planta es confiable. Si por el contrario las órdenes de trabajo de prioridad máxima son muchas, se puede concluir que el estado de la planta es malo.
 - 4) Horas estimadas de trabajo pendiente (Backlog). Es la suma de las horas estimadas para ejecutar, con los recursos disponibles, cada uno de los trabajos pendientes de realización. Este parámetro permite conocer la carga de trabajo pendiente por ejecutar.
 - 5) Índice de cumplimiento de la planificación. Es la proporción de las O.T. finalizadas en la fecha programada o antes, sobre el total de órdenes. Mide el grado de acierto de la planificación.

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{N^{\circ} \text{ ordenes finalizadas en fecha programada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales}}$$

- ❖ **Índice de costo.** Proporción de costo de la mano de obra por mantenimiento. Es el cociente de dividir el costo total de la mano de obra de mantenimiento sobre el número total de horas empleadas en mantenimiento.

$$\text{Costo de hora media} = \frac{\text{costo total de la mano de obra de mantenimiento}}{N^{\circ} \text{ total de horas de mantenimiento}}$$

❖ **Índices de proporción de tipo de mantenimiento.**

- 1) Índice de mantenimiento programado.

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

- 2) Índice de correctivo.

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

- 3) Índice de emergencias.

Porcentaje de horas invertidas en realización de O.T. de prioridad máxima sobre horas totales.

$$IME = \frac{\text{Horas dedicadas a O.T. prioridad máxima}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

❖ **Índices de gestión de almacenes y compras.**

- 1) Consumo de materiales. Es la relación entre el consumo de materiales en actividades propias de mantenimiento y el consumo total de materiales. Es importante para diferenciar el consumo de materiales de mantenimiento cuando hay actividades al mantenimiento, como proyectos, mejoras y nuevas instalaciones.

$$\% \text{ consumo mat. en mantenimiento} = \frac{\text{valor de mat. consumidos para mantenimiento}}{\text{valor total del material consumido}}$$

- 2) Rotación del almacén. Es el cociente de dividir el valor de los repuestos consumidos totales y el valor del material que se mantiene en stock en un periodo determinado.

$$\text{Rotacion} = \frac{\text{valor repuestos consumidos}}{\text{valor del stock de repuestos}}$$

Para determinar el buen dimensionamiento se calcula la proporción de piezas con movimientos de entradas y salidas. Con este índice se determinan que porcentaje de piezas tiene escaso movimiento para tomar una decisión con respecto a ellas.

$$\% \text{ piezas con movimiento} = \frac{\text{piezas con movimiento en un periodo determinado}}{N^{\circ} \text{ de piezas totales}}$$

- 3) Eficiencia en el cumplimiento de solicitudes de compra. Proporción entre las solicitudes de compra de materiales no atendidas con una antigüedad superior a tres meses y el total de solicitudes de compra realizadas.

$$\text{Eficiencia de compras} = 100 - \frac{\text{solicitudes de compra no atendidas en un plazo determinado}}{N^{\circ} \text{ solicitudes de compra realizadas}}$$

- 4) Tiempo medio de recepción de solicitudes de compra. Es el promedio del tiempo transcurrido desde que se realiza una solicitud de compra hasta que se recibe el material. Este índice puede calcularse por muestreo (tomar un número al azar de solicitudes de compra) o a partir del total de solicitudes de compra realizadas.

$$\text{Tiempo medio de demora} = \frac{\sum \text{Demora de cada solicitud de compra}}{N^{\circ} \text{ total de solicitudes de compra}}$$

❖ **Índice de seguridad.**

Índice de lesiones incapacitantes. (ILI)

$$ILI = \frac{I.F.A.T \times I.S}{100}$$

I.F.A.T: N° de casos de accidente.

I.S. Días perdidos por accidentes.

❖ **Índices de formación.**

- 1) Proporción de horas dedicadas a formación. Porcentaje de horas anuales dedicadas a formación sobre el número de horas de trabajo total.

$$\% \text{ horas de formacion} = \frac{\text{horas dedicadas a formacion}}{\text{horas totales de mantenimiento}}$$

- 2) Proporción de desarrollo del programa de formación. Porcentaje de horas de formación ejecutadas sobre el total de horas de formación programadas.

$$\% \text{ Desarrollo programa formacion} = \frac{\text{horas de formacion ejecutadas}}{\text{horas formacion programada}}$$

- ❖ **Eficiencia global de producción (EGP).** Este indicado es calculado en la implementación de TPM y mide la relación entre las horas de operación agregando valor sobre las horas de operación.

$$EGP = \frac{\text{horas de operacion agregando valor}}{\text{horas de operacion}} = \text{Disponibilidad} \times \text{Desempeño} \times \text{Calidad}$$

Donde:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de operacion programada} - \text{tiempo de paradas}}{\text{tiempo de operacion programada}}$$

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Tiempo teorico del ciclo} \times \text{cantidad procesada}}{\text{tiempo de operacion}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Cantidad procesada} - \text{cantidad de defectos}}{\text{cantidad procesada}}$$

4.3.3 Informes periódicos. En estos informes se refleja la evolución del departamento. Es un documento que se distribuye entre las personas y departamentos interesados para que conozcan el estado técnico de los equipos, las intervenciones realizadas en el periodo a que se refiere el informe y los resultados obtenidos. El informe periódico de mantenimiento contiene:

❖ **Aspectos generales.**

- 1) Personal
- 2) Medios técnicos
- 3) Plan de formación (evolución)

4) Seguridad: relato de los accidentes ocurridos

- Relato de incidentes
- Actuaciones realizadas para mejorar la seguridad de la planta.

❖ **Disponibilidad de la planta.**

- Indicadores de disponibilidad (MTBF, MTTR, niveles de disponibilidad por secciones, equipos y disponibilidad media)
- Comentarios sobre la evolución de la disponibilidad.

❖ **Costos.** Cálculos y comentarios referentes a los costos de mantenimiento del periodo, desglosados así:

- Mano de obra.
- Materiales.
- Subcontratos.
- Medios auxiliares.

Estas partidas se dividen por secciones con el fin de identificar los puntos de mayor gasto y desviaciones.

❖ **Otros indicadores.** En el informe periódico también se deben consignar los siguientes indicadores:

- Indicadores relativos a la gestión de órdenes de trabajo.
- Indicadores relativos a la gestión de almacenes y compras.
- Indicadores relativos a seguridad.
- Indicadores relativos a formación.

❖ **Principales incidentes.** En el informe se deben detallar las principales averías, problemas e incidencias presentadas en la planta en el periodo analizado.

- ❖ **Mejoras propuestas y realizadas.** En este apartado se deben consignar todas la propuestas de mejora que se hayan realizado en el periodo, indicando el estado en que se encuentren (en estudio, aprobadas, desechadas).
- ❖ **Programación de trabajos para el periodo siguiente.** Es conveniente informar la programación de trabajos importantes a realizar en el periodo siguiente.

El informe de mantenimiento debe ser algo más que cifras, debe tener comentarios y conclusiones sobre cada uno de los parámetros analizados, además de las medidas adoptadas a partir de ese análisis.

4.3.4 Archivo de mantenimiento. Es el lugar donde se almacena de manera ordenada, toda la información generada por el departamento de mantenimiento. Puede ser un informático, un archivo convencional en soporte papel o una mezcla de ambos. La información que se debe archivar es la siguiente:

- Órdenes y permisos de trabajo.
- Valores de referencia de ciertos parámetros de funcionamiento de equipos (temperatura, nivel de vibración, presiones de trabajo, velocidad, etc...)
- Informes de intervención.
- Propuestas de mejora.
- Procedimientos de trabajo e intervenciones técnicas.
- Histórico de averías.
- Información económica diversa.
- Informes periódicos.
- Fichas de personal.
- Inventario de herramientas y medios que se emplean.
- Planes de calibración y lista de útiles calibrados.

La estructura para este es archivo es la siguiente.

- ❖ **Archivo de personal.**
 - Hoja de vida.
 - Fichas de personal.

- Salarios.
- Plan de formación.

❖ **Archivo de herramientas y medios.**

- Inventario de herramientas.
- Lista de útiles calibrados.
- Plan de calibración.

❖ **Archivo de procedimientos de trabajo.**

- 1) Procedimientos de organización:
 - a) Flujo de una orden de trabajo.
 - b) Planificación del mantenimiento programado.
 - c) Planificación de paradas.
- 2) Procedimientos técnicos: De acuerdo a la literatura técnica, a la experiencia y a los catálogos de la maquinaria se desarrollan procedimientos técnicos para cada una de las intervenciones de mantenimiento.

❖ **Archivo de Información económica del mantenimiento.** Toda la información relativa a los costos relacionados con mantenimiento.

❖ **Archivo de informes mantenimiento.** Todos los informes presentados por el departamento de mantenimiento.

❖ **Archivo del plan de mantenimiento.** Para cada sección se debe tener una estructura como la siguiente.

- 1) Mantenimiento programado.

Rutas de mantenimiento realizadas.

 - Rutas diarias.
 - Rutas semanales.
 - Rutas mensuales.

- Rutas anuales.
- 2) Mantenimiento correctivo.
 - O.T. realizadas.
 - O.T. pendientes.
 - 3) Lista de averías usuales y su solución.
 - 4) Informes de intervención (histórico de averías).
 - 5) Propuestas de mejora.
 - 6) Valores de referencia.

4.3.5 Archivo técnico. Este archivo contiene toda la información entregada por los suministradores de equipos (manuales) o las firmas de ingeniería montadoras de instalaciones (proyectos). También contiene, libros, documentación de cursos, catálogos de proveedores e información de carácter general de interés para mantenimiento.

4.3.6 Gestión de mantenimiento por medio de un CMMS. Los objetivos principales que se buscan al implementar un CMMS son: ahorrar dinero y poder disponer de información rápida que ayude a tomar decisiones correctas al departamento de mantenimiento.

Por lo tanto el CMMS a adquirir debe cumplir las siguientes condiciones:

- 1) No aumentar la carga de trabajo indirecto improductivo.
- 2) Ser ágil para abrir y cerrar órdenes de trabajo.
- 3) Permitir en todo momento conocer el stock de materiales.
- 4) Disponer inmediatamente de los procedimientos de trabajo.
- 5) Generar la menor cantidad posible de papel.
- 6) Proporcionar la medida de los indicadores de gestión.
- 7) Proporcionar el valor del stock de repuestos.
- 8) Proporcionar el histórico de averías de todos los equipos.

- 9) En la planificación del mantenimiento todas las órdenes de trabajo periódicas deben generarse automáticamente. También debe ser posible consultar la carga de trabajo programado en un periodo determinado.
- 10) Proporcionar las ordenes de trabajo pendientes, tanto correctivas como de mantenimiento programado.
- 11) Proporcionar las solicitudes de compra pendientes de recibir.
- 12) Proporcionar el costo total de mantenimiento que incluya las partidas de mano de obra, materiales, subcontratos y reparaciones realizada en talleres externos.
- 13) Proporcionar el costo de una O.T.
- 14) Proporcionar el costo de mantenimiento de un equipo o una sección determinada en un periodo de tiempo concreto.
- 15) Proporcionar la información de los repuestos consumidos en una O.T.
- 16) Proporcionar la información de los repuestos consumidos en un equipo o una sección en un periodo de tiempo.
- 17) Proporcionar la información de los trabajos realizados por cada operario en un periodo de tiempo.
- 18) Proporcionar la información de los trabajos realizados por un equipo de operarios determinado (por turno, por especialidad, etc.)

Cuando se tome la decisión gerencial de instalar un CMMS, las etapas de su proceso de implantación son las siguientes:

- 1) Codificación de los equipos. Creación de la estructura arbórea.
- 2) Introducción de los equipos en el sistema.
- 3) Introducción del personal en el sistema.
- 4) Codificación de tareas. Las tareas de mantenimiento, sobre todo las de mantenimiento planeado de carácter periódico, deben estar codificadas para facilitar su programación.
- 5) Introducción de tareas en el sistema.
- 6) Codificación de los repuestos.
- 7) Introducción del inventario de repuestos en el sistema.

- 8) Definición del plan de mantenimiento programado.
- 9) Introducción del plan en el sistema.
- 10) Definición de las formas de operación:
 - Apertura y cierre de órdenes de trabajo.
 - Entradas y salidas del almacén.
 - Gestión de compras.
- 11) Creación de documentos personalizados.
 - Ordenes de trabajo.
 - Formato de rutas de mantenimiento programado.
 - Informe de intervención.
 - Formato de propuesta de mejora.
 - Informes que contengan toda la información que se precise

La lista de tareas a realizar en paralelo a la implantación del CMMS es la siguiente:

- 1) Definir el plan de mantenimiento preventivo.
- 2) Tener inventariado el repuesto.
- 3) Lista del personal y su organigrama.
- 4) Definir el flujo de una O.T.
- 5) Definir el sistema de entradas y salidas del almacén.
- 6) Definir el sistema a seguir para realizar las compras
- 7) Definir los informes que se necesitan.

4.3.7 Gestión de recursos humanos.

❖ **Definición de puestos de trabajo.** Se deben definir claramente cuales son las funciones de cada puesto relacionado con mantenimiento. De esta manera es más fácil seleccionar el personal que debe ocuparlo pues se conocen las funciones que debe cumplir así como las características que debe tener. Los puestos del departamento de mantenimiento son:

1) Director de mantenimiento. Es en quien el gerente general delega toda el área de mantenimiento, sobre todo desde el punto de vista administrativo y económico. Sus responsabilidades son:

- Asegurar que se cumplan los objetivos estratégicos de la empresa en el área de mantenimiento.
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento.
- Definir las políticas generales de mantenimiento de acuerdo a los objetivos estratégicos de la empresa.
- El perfil de la persona que ocupa este puesto es el siguiente.
- Ingeniero mecánico, eléctrico o electrónico.
- Experiencia práctica de más de diez años.
- Formación económica y administrativa (MBA, Especialista en gerencia de mantenimiento)
- Formación en TPM, RCM, Calidad total, 5s (Técnicas modernas de organización)
- No es necesario un conocimiento específico de la planta, pues su papel es más administrativo y organizativo que técnico.

2) Responsable de la oficina técnica de mantenimiento. Su misión es plantear el trabajo desde el punto de vista técnico, estudia la planta, cada equipo que la compone, analizando la criticidad y el modelo de mantenimiento más adecuado. Elabora el plan de mantenimiento y la lista de repuestos mínimos, y los propone al director para su aprobación. Prepara también los informes periódicos de mantenimiento, los informes de intervención para revisiones o averías importantes y elabora las propuestas de mejora.

El perfil es el de un ingeniero mecánico, en general joven, con grandes conocimientos de ingeniería de mantenimiento, de mantenimiento predictivo, con formación específica en los equipos de la planta. Es el apoyo técnico del director y del jefe de mantenimiento.

3) Jefe de mantenimiento. Depende del director de mantenimiento y sus funciones son:

- Gestiona el mantenimiento desde el punto de vista técnico.
- Se encarga de asignar los recursos necesarios para la realización de cada tarea.
- Resuelve los problemas que surgen en la realización de los trabajos. Es la persona a la que consultan los operarios de mantenimiento cuando tienen un problema.
- Comprueba que las programaciones se cumplan.

- Se implica personalmente en las emergencias que se presenten en la planta.
 - Se ocupa del día a día de la planta.
 - El perfil para este puesto es el de un ingeniero con gran experiencia.
 - Debe poseer formación específica en los equipos que conforman la planta y debe tener capacidad de liderazgo.
 - Debe hablar inglés y tener una alta formación en seguridad.
- 4) Planificador, es el responsable de planificar el mantenimiento programado de acuerdo a las tareas indicadas en el plan de mantenimiento, a las modificaciones y los adicionales que le comunica el jefe de mantenimiento, y a las indicaciones del responsable de la oficina técnica de mantenimiento. Asigna los recursos humanos para la realización de las tareas.

El perfil es el de un técnico electromecánico o ingeniero eléctrico o mecánico, con conocimiento profundo de las técnicas de programación.

- 5) Preparador, es el responsable de preparar las herramientas específicas, los materiales y la documentación que necesitará un operario de mantenimiento para realizar cada uno de los trabajos. Debe ser una persona organizada que conozca los materiales y repuestos de la planta y que sepa donde encontrar la documentación que se pueda necesitar.
- 6) Analista de averías, es un técnico responsable de estudiar cada una de las averías, funcionamientos anómalos, incidentes, etc., que se presenten en la planta. Su misión es estudiar cada uno de estos casos para identificar las causas que lo produjeron y como se evitaran en el futuro. Sus propuestas pueden ser, una modificación de la instalación, cuando se encuentren problemas de diseño o la optimización de este, o bien un cambio en el plan de mantenimiento (contemplando la realización de una tarea que evitaría la repetición del incidente) o la modificación de un procedimiento del personal de producción.
- 7) Técnico en seguridad, su trabajo consiste en analizar y evaluar los riesgos de la planta, redactar un plan de seguridad, y vigilar que los trabajos se realicen en las condiciones de seguridad adecuadas.

El perfil es el de un Técnico Superior en prevención de riesgos laborales de nivel universitario.

Debe ser una persona estricta e independiente que no permita que se trabaje en condiciones inseguras.

- 8) Administrativo, es la persona encargada de realizar tareas rutinarias de bajo nivel propias de personal de oficina, como redactar cartas, archivar documentación,

enviar y recibir faxes e e-mails, recibir llamadas telefónicas, introducir datos al CMMMS. Debe conocer la informática con la que se va a trabajar.

- 9) Responsable de almacén de repuestos, es el responsable de la organización del almacén para garantizar que se localice fácilmente lo que se necesita.

Es el encargado de comunicar al responsable de compras que un repuesto determinado se ha agotado o ha rebasado el nivel de stock mínimo.

Debe garantizar que el material se almacena en las condiciones técnicas y ambientales necesarias.

Es el responsable de realizar los inventarios del stock de repuestos y de asegurar que los movimientos de almacén se hacen de manera controlada.

El perfil es de una persona muy organizada y buen conocedor de los materiales que se usan en la planta.

- 10) Responsable de compras, es la persona que realiza las compras de materiales, repuestos, consumibles, etc., que se necesiten en la planta.

El perfil es el de una persona hábil, negociadora, con trato amistoso con los proveedores pero con carácter para exigir el cumplimiento de las especificaciones, plazos de entrega, etc.

Debe conocer bien el mercado y los proveedores así como los productos que se usan en la planta.

- 11) Mecánico de mantenimiento, su misión es el desmontaje, reparación, sustitución, montaje y ajuste de los elementos mecánicos de un equipo o instalación.

Su perfil es el de una persona con una formación técnica en mecánica.

Deben ser personas meticolosas, pacientes, con visión espacial y con capacidad de abstracción.

- 12) Electricista de mantenimiento, se ocupa de la parte eléctrica de los equipos e instalaciones. Sus responsabilidades son:

- - Conexión y desconexión de elementos, equipos, etc.
- - Reparaciones de iluminación.
- - Comprobaciones y reparaciones en tableros eléctricos.
- - Verificaciones de equipos.

- 13) Electrónico, es el encargado de la parte electrónica de los equipos. Su actividad diaria está relacionada con los PLC, tarjetas recontrol, tableros de mando, sensores

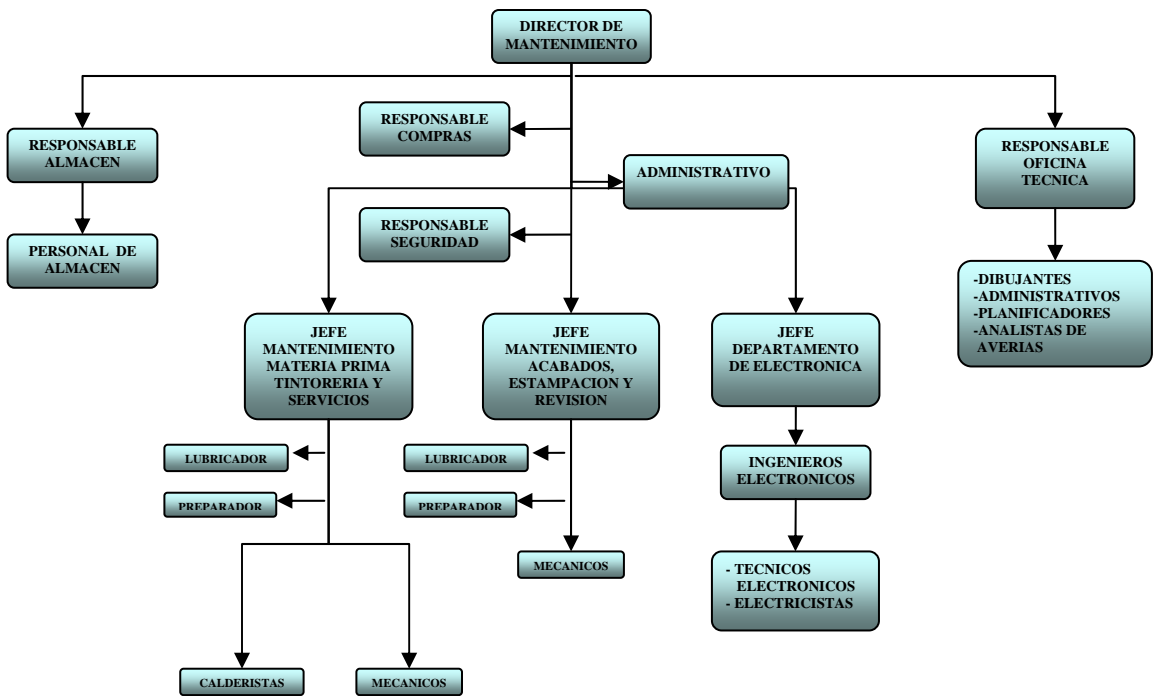
y actuadores conectados a los PLC, medidores de presión, sensores de temperatura, sensores de peso, de humedad, de flujo, y con los dispositivos relacionados con estos. Su misión es la calibración, ajuste y reparación de los equipos enumerados.

14) Lubricador, es el encargado de ejecutar el plan de lubricación de la planta.

15) Calderista, es un mecánico o electricista especializado en el funcionamiento y mantenimiento de las calderas.

❖ **Organigrama departamento de mantenimiento Manufacturas Eliot.**

Figura 47. Organigrama propuesto de mantenimiento.



Fuente: Autor

❖ **Motivación.** El personal de mantenimiento tiene características especiales diferentes al resto de personal de la planta. Estas características deben ser tenidas en cuenta a la hora de decidir la política de gestión de este personal.

En primer lugar, el personal de mantenimiento se debe reclutar, formar y mantener en la empresa, ya que este personal no es fácilmente sustituible

debido a que en el mercado no se encuentran de forma inmediata técnicos con la formación y experiencia en los equipos de la planta.

En segundo lugar, mantenimiento normalmente está en centro de los problemas de la planta, esto genera un nivel de tensión más alto que en otros departamentos.

En tercer lugar, en el interior del departamento se crea un mayor nivel de competencia entre los operarios comparado con otros departamentos, llegando inclusive a definir niveles o jerarquías entre ellos.

Bajo esta perspectiva, se debe tener claro que solamente con un personal motivado se puede cumplir los objetivos del departamento. Al personal de mantenimiento no se le puede dirigir exigiéndoles que no piensen y que solo trabajen. En cambio, el personal motivado acabará antes una tarea y pondrá su inteligencia y su saber-hacer a servicio de los intereses de la empresa.

Hechos que motivan al personal de mantenimiento:

- Que sus opiniones sean escuchadas.
- Que cuando soliciten algo que necesitan se le facilite con rapidez. El técnico de mantenimiento necesita ver eficacia a su alrededor. Si no lo ve, el mismo caerá en la ineficacia, pensando que a nadie le importa.
- Notar que la empresa le considera un trabajador valioso, y no un simple número.
- Que sus mandos le tratan con respeto.
- Que la cantidad de dinero que gane le permita cubrir sus necesidades, y que comparativamente con otros departamentos, en su salario están considerados tanto su nivel de especialización como las condiciones de tensión habituales en mantenimiento.

Algunas formas de motivar al personal de mantenimiento.

- Escuchar sus sugerencias. Establecer un sistema que permita documentar y evaluar sus propuestas de mejora, tanto de la instalación como de la organización del departamento.
- Darle formación, y si es posible, dentro de la jornada laboral. Un técnico es una persona ávida de nuevos conocimientos, de desarrollar nuevas destrezas.
- Interesarse de manera periódica por las dificultades de su trabajo. Saber si tiene todo lo que necesita en cuanto a ropa, herramientas,

medios técnicos, repuestos; conocer de su propia voz los riesgos de su trabajo; conocer las condiciones del taller, horarios, etc.

Hechos que desmotivan al personal:

- Errores administrativos en el cálculo de nóminas, cómputo de horas, retrasos en el pago de salarios, y cualquier situación que afecte económicamente al trabajador.
- Adquirir compromisos con el personal que después no se cumplan.
- No resolver con rapidez sus necesidades respecto al trabajo, en una consulta técnica, en la adquisición de un material, etc.
- Que el volumen de trabajo sea muy superior al personal disponible para realizarlo.
- Que el trabajo esté mal organizado.
- Que las averías sean siempre las mismas y no se haga nada para cambiar esta situación.
- La inseguridad sobre su futuro profesional, sobre todo en momentos de reajuste de personal.
- Dirigirse habitualmente a él de forma brusca y poco respetuosa.
- Sancionarlo, ya sea por causas procedentes o improcedentes. En este sentido, antes de imponer una sanción hay que tener en cuenta el efecto que tendrá esta sobre su moral.
- No tener apoyo cuando se encuentra frente a una avería que no es capaz de resolver.
- No tener en cuenta sus opiniones, ignorar sus quejas.
- Que su superior se aproveche de sus sugerencias para presentarlas como propias ante otras personas de la organización.

Frente al proceso de motivación de los empleados en la compañía se debe tomar acción para obtener un mayor rendimiento en sus labores. Este trabajo se debe realizar en conjunto con el departamento de personal y recursos humanos, buscando la causa de una situación de desmotivación en cada una de los empleados y llevando a cabo planes de acción para reconducir su situación; de igual manera hay que crear planes para mantener altos niveles de motivación.

- ❖ **Planes de Formación.** Cuando se hace la contratación de un empleado nuevo para mantenimiento se debe buscar que tenga la formación y capacitación acorde con el puesto de trabajo. Sin embargo cada planta es un

mundo diferente, por lo que se hace necesario tener un plan de formación para acondicionar los conocimientos de cada persona a las necesidades de la planta.

En el plan de formación se deben indicar los siguientes datos:

- Cursos y sesiones que conforman el plan.
 - Referencia de cada curso.
 - Personas que deben recibir cada uno de ellos.
 - Duración de los cursos.
 - Nombre de los monitores, y si estos son internos o externos.
 - Fecha y lugar de realización.
- 1) Curso genéricos: para aumentar los conocimientos generales del personal en el área de mantenimiento hay una serie de cursos genéricos que deben estar presentes en el plan de formación del departamento. Algunos de estos cursos genéricos son:
- Curso de mecánica básica para electricistas.
 - Curso de electricidad básica para mecánicos.
 - Curso básico de instrumentación.
 - Curso de lubricación.
 - Curso de neumática.
 - Curso de hidráulica.
 - Curso de alineación por comparadores.
 - Curso de alineación por láser.
 - Curso de análisis de vibraciones.
 - Curso de soldadura básica.
 - Curso de rodamientos.
 - Curso de transmisión de movimiento, etc.

Estos cursos están pensados para fomentar la polivalencia del personal, otros para que el personal adquiera conocimiento de algún área de mantenimiento que pueda ser necesaria (neumática, hidráulica, Lubricación). Finalmente hay otros cursos que forman al personal en el manejo de determinadas herramientas (analizador de vibraciones, equipo de soldadura, alineamiento por láser, manejo de maquinas herramientas, etc.).

- 2) Cursos específicos: Los cursos específicos son útiles para ser aplicados únicamente en la planta o instalación, Estos cursos tratan temas de formación concreta en la planta. En algunos casos se refieren a formación en el manejo y mantenimiento de equipos especiales o genéricos pero de un fabricante concreto.

Algunos de estos cursos son:

- Curso de mantenimiento de calderas de aceite térmico marca Inplan.
- Curso de mantenimiento de compresores Atlas copco.
- Curso de programación y manejo de sistema de control de supervisión electrónica, Etc.

- 3) Formación en procedimientos de trabajo: Una de las formas de optimización en mantenimiento es trabajar con procedimientos de trabajo, en los que se indican detalladamente cada una de las tareas a realizar, los materiales y herramientas necesarios, las precauciones a tener en cuenta, los ajustes y comprobaciones que se deben realizar para asegurar que el trabajo quede correctamente terminado.

Para lograr implantar de manera efectiva un procedimiento de trabajo se debe dar una formación específica en ese procedimiento. En cada sesión de 1 o 2 horas, se debe explicar al personal que debe llevar a cabo la tarea descrita en el procedimiento, su contenido, el detalle de cada una de las actividades a llevar a cabo, las precauciones, etc.

Se deben listar todos los procedimientos de trabajo operativos y preparar una sesión formativa por cada procedimiento para el personal implicado en su realización.

- 4) Sesiones breves: Son sesiones de 1 a 3 horas, donde se estudia una instalación, una red, un aspecto concreto de un máquina, etc.

Algunos ejemplos son:

- Estudio del diagrama unificar de la planta.
- Estudio de la red de tuberías de aire comprimido.
- Lista de averías de un máquina determinada, etc.

- 5) Documentación del plan de formación.

Para documentar el plan de formación es necesario preparar los siguientes documentos:

Fichas de cursos. En cada una de ellas se deben indicar las características del curso o sesión a impartir, indicando nombre del curso, su código, objetivos a alcanzar, monitores que lo imparten, material necesario, lugar donde se realiza,

fecha propuesta, duración, número máximo de personas que pueden recibirlo simultáneamente, y cualquier otro dato que se consideren de interés.

Listado de cursos. Es una hoja resumen que contiene todos los datos de interés del total de los cursos, agrupados de la manera más conveniente (por meses, por especialidad, por tipos, etc.).

Listado de personal. Este listado tiene forma matriz. Las filas lo componen los nombres del personal de mantenimiento, y las columnas son las referencias de los cursos. Se debe marcar con una x los cursos que debe recibir cada operario.

Fichas de personal. Estas fichas contienen los datos generales de cada operario del departamento, la formación que tenía al momento de llegar a la empresa y la formación que ha recibido desde su contratación.

Finalmente, en los informes de mantenimiento se deben indicar el número de horas total dedicadas a formación, su proporción sobre el total de horas trabajadas en el departamento y el total de horas previstas de formación a lo largo del año.

4.3.8 Gestión de costos. El costo del mantenimiento es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que se debe asumir.

El costo de mantenimiento de un producto se sitúa sobre el 5-10% del total. Aunque a simple vista no parece elevado tiene dos características importantes. La primera es que es un costo que lo puede controlar la propia empresa (a diferencia por ejemplo de la materia prima). La segunda es que genera un gasto que requiere cierta liquidez que no se recupera (como el de la materia prima que se va compensando con las ventas). Los costos de mantenimiento se agrupan en cuatro bloques:

- Costos fijos.
- Costos variables.
- Costos financieros.
- Costos de fallo.

❖ **Costos fijos.** En mantenimiento estos costos están compuestos, principalmente por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, y predictivo, así como el gasto originado por la lubricación.

Desde el punto de vista de mantenimiento, es un gasto que asegura el estado de la instalación a mediano y largo plazo. La disminución de los

recursos destinados a este gasto limita la cantidad de revisiones programadas y, en un primer momento, supone un ahorro para la empresa. Sin embargo este ahorro genera una mayor incertidumbre sobre el estado de la instalación y, por tanto, de su capacidad de producción.

- ❖ **Costos variables.** En mantenimiento estos costos, son básicamente, la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. Este correctivo es consecuencia de las averías imprevistas tanto como de las reparaciones que se deban realizar por indicación de los otros tipos de mantenimiento.

Obviamente, entre más se utilice la instalación mayor será el número de averías que surjan y, por tanto, la necesidad de mantenimiento correctivo.

Aunque, parece imposible reducir este tipo de gasto, dado que viene directamente de la necesidad de reparar para seguir produciendo, la mejor manera de reducir este tipo de gasto no es dejando de hacer el mantenimiento correctivo, sino evitando que se produzcan las averías inesperadas.

- ❖ **Costos financieros.** En mantenimiento estos costos se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar la producción.

El costo de los repuestos de almacén para realizar las reparaciones es un desembolso que limita la liquidez de la empresa. Si los repuestos son utilizados con frecuencia se está ante un mal menor, pero si tardan mucho en ser utilizados, se está incurriendo en un gasto que, inicialmente, no genera ningún beneficio para la empresa.

Cuando es necesario montar en paralelo una máquina similar que permita la reparación de una mientras la otra está en funcionamiento. El costo de esta duplicidad debe tenerse en cuenta dado que su causa es el aumento de la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento.

- ❖ **Costos de fallo.** El costo de fallo está referido al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con mantenimiento. Normalmente, este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de mantenimiento, pero es necesario hacerlo ya que su volumen puede ser incluso superior a los demás gastos de mantenimiento. Los costos de fallo se deben principalmente a:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción mientras se realizan las reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por la ausencia de estas (fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.).
- Rechazo de productos por falta de calidad.
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
- averías medio ambientales que suponen desembolso para la empresa, fugas de productos, etc.
- averías que suponen riesgos para las personas o las instalaciones, daños humanos, prima de seguro, imagen, etc.
- Costos indirectos, amortizaciones, etc.

A los costos que pueden generar estos hechos se debe sumar el valor de las reparaciones para volver a la normalidad. En muchos casos este valor es insignificante en comparación al costo de la falla originada. El costo de fallo se puede simplificar, para los cálculos, como la suma de los costos fijos asociados al equipo durante el tiempo de la reparación más el beneficio que se deja de obtener en este mismo periodo.

- ❖ **Costo Integral.** Con la suma de los cuatro costos se obtiene el costo integral de mantenimiento el cual da una idea más global de la gestión de mantenimiento que el análisis individual de cualquiera de los que lo componen. Fijar el punto óptimo de la cantidad de mantenimiento que se debe realizar solo puede hacerse a través del costo integral de mantenimiento ya que este tiene en cuenta todos los factores relacionados con una avería y no solo los relacionados con mantenimiento.

4.3.9 Gestión ambiental. La gestión ambiental es la gestión de las actividades de la empresa que producen, han producido o puedan producir un impacto sobre el medio ambiente. El objetivo es preservar el medio ambiente, prevenir la contaminación y los riesgos ambientales y tener un lugar de trabajo seguro. Las actividades económicas suponen un impacto significativo en el medio ambiente:

- La fabricación de productos requiere el empleo de recursos naturales, la mayor parte de los mismos nunca se transformarán en productos vendibles (consumo de agua, energía, combustibles, etc.).

- Las actividades asociadas al proceso de fabricación (actividades/instalaciones auxiliares), como el mantenimiento, el embalaje y transporte, tienen un impacto ambiental.
- Además, la mayoría de los productos terminan como residuos después de su utilización.
- Los suministros y los servicios también pueden tener impactos considerables en el medio ambiente. El uso de los productos, así como la energía requerida para usarlos, generan residuos, contaminación y emisiones.

❖ **Sistema de Gestión Ambiental.** Un Sistema de Gestión Ambiental se construye con base de acciones ambientales y herramientas de gestión. Esas acciones se interrelacionan para conseguir un objetivo claramente definido: la mejora del comportamiento ambiental. Un Sistema de Gestión Ambiental es un ciclo continuo de planificación, acción, revisión y mejora de la actuación Ambiental de una empresa. Ayuda a construir una gestión ambiental total. Entre los pasos a realizar, se encuentran los siguientes:

- Evaluación inicial e identificación de los aspectos ambientales asociados con las actividades de la empresa.
- Planificación del sistema de gestión.
- Programa de gestión ambiental para conseguir los objetivos fijados.
- Programas de formación y concienciación para los empleados.
- Implantación del sistema.
- Identificación de los requisitos legales.
- Seguimiento y auditoría interna.
- Certificación independiente.
- Comunicación interna y externa.

El sistema funciona con el objeto de conseguir la mejora continua de la actuación ambiental de la empresa.

Las ventajas y beneficios que aporta a la empresa implantar un Sistema de Gestión Ambiental son múltiples, si tenemos en cuenta que el comportamiento ambiental puede influir en las decisiones de las partes interesadas que interaccionan con la empresa.

Si se define como parte interesada cualquier individuo o grupo interesado o afectado por el comportamiento ambiental de una empresa, se puede entender la diversidad que conforma esta colectividad:

- Accionistas e inversores.
- Clientes.
- Empleados.
- Administración (Alcaldías, corporaciones autónomas o autoridades ambientales).
- Entidades financieras y compañías de seguros.
- Sociedad (vecinos, grupos ecologistas y asociaciones de consumidores).

❖ ***Resultados de un sistema de gestión ambiental.***

- Tras un impulso inicial dirigido al cumplimiento de la normativa ambiental el proceso de mejora ambiental continua detecta año tras año numerosas oportunidades de minimizar residuos, emisiones y vertidos contaminantes en origen, que no es otra cosa que incrementar la eficiencia de las materias primas consumidas en los procesos productivos. En definitiva, un ahorro de costos que se plasma directamente en resultados.
- Divulgar la obtención de la certificación ambiental y los logros ambientales conseguidos en su entorno (vecinos), puede conseguir una mayor integración y confianza en relación a los vecinos e interesados. Esta imagen puede mantenerse porque la gestión ambiental también ayuda a prevenir sistemáticamente los accidentes con implicaciones ambientales.
- Un Sistema de Gestión Ambiental certificado, da confianza a un potencial cliente y la confianza es la base de una relación comercial estable. Así mismo, en la actualidad la diferencia de costo, calidad y plazos de entrega es mínima en muchos casos por lo que otros factores (como la gestión ambiental) suponen una “carta de presentación” en nuevos mercados que puede inclinar la balanza positivamente a su favor frente a sus competidores.
- Numerosas mejoras ambientales enmarcadas tienen como resultado directo un incremento en la calidad de los procesos o productos producidos.
- La utilización de indicadores ambientales en relación a los diferentes procesos mejora “gestión por procesos”.
- Un Sistema de Gestión Ambiental da confianza a la Autoridad Ambiental. La comunicación entre empresa y autoridad va incrementándose paulatinamente hasta llegar con el tiempo a una

relación de confianza que, en numerosas ocasiones, permite estabilizar e incrementar las líneas de negocio.

- Nuestro entorno, el medio ambiente, es de todos. Su mejora no es patrimonio de los accionistas ni de la dirección de la empresa. Conseguir una implicación de los trabajadores en el Sistema de Gestión Ambiental supone impulsar la motivación en todas las tareas diarias, más que en las propias acciones ambientales.
- La Autoridad Ambiental impulsa nuevas normativas ambientales que tienen importantes repercusiones para la empresa. Detectar los nuevos requisitos normativos a tiempo es una exigencia de la gestión ambiental certificado que permite ser competitivos, anticipándose a la nueva legislación.

❖ ***Esfuerzos e implicaciones de un sistema de gestión ambiental.*** Los compromisos de la gestión ambiental también exigen esfuerzos e implicaciones:

- **Económicos**, como es una primera inversión para adecuarse a la normativa ambiental, así como los costos iniciales de consultoría, muestreos y certificaciones, y los costos de mantenimiento.
- **Recursos humanos**, para liderar el proceso, poner en marcha las metas ambientales y mantener el Sistema de Gestión Ambiental. La falta de recursos adicionales al recaer las tareas en las mismas personas pone en riesgo la utilidad del sistema.
- **Implicación interna.** Al igual que en los sistemas de aseguramiento de la calidad sólo la implicación de los diferentes niveles de la empresa asegura la continuidad de una gestión ambiental realmente válida para la empresa. Esta implicación se logra a través de la comunicación, formación y sensibilización.
- **Mantenimiento del compromiso de la dirección.** La empresa debe hacer frente a numerosos retos como son la internacionalización, los riesgos laborales, la búsqueda de recursos humanos estables y cualificados que pueden relegar a una posición de baja prioridad la implantación de la gestión ambiental quizás ya decidida. Por ello, es decisivo que la dirección haya reflexionado sobre el valor estratégico que implica para la empresa la certificación ambiental y haya decidido en consecuencia.

Desde el departamento de mantenimiento se debe impulsar y promover la implementación de un sistema de gestión ambiental certificado para toda la empresa teniendo en cuenta todas la ventajas que esto conlleva.

5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

5.1 RECURSOS NECESARIOS

Para el proceso de cambio del sistema de gestión de Mantenimiento de Manufacturas Eliot es necesario involucrar al siguiente personal:

- Gerente General.
- Gerente de producción.
- Director de Mantenimiento.
- Auditor Externo que realice la auditoria de la organización tanto al principio como al final del proceso de cambio.
- Coordinador del proyecto, que puede ser interno o externo, debe conocer todo el proyecto ya sea porque recibió una formación especial para ello o porque tenga experiencia dirigiendo este tipo de procesos.
- Opcionalmente un técnico de apoyo, que participará en las tres primeras fases del proceso de cambio. Debe ser una persona joven, dinámica con gran formación técnica.
- Personal del departamento de mantenimiento, que se encargue de la ejecución de la auditoria técnica de la instalación, para determinar el estado de los equipos.
- Responsable del almacén de repuestos.
- Responsable del taller.
- Personal adicional para la puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo.

5.2 FASE PREVIA

Lo primero que se debe concretar es la situación inicial. Se deben definir una serie de indicadores, y conocer en donde se encuentra la empresa en el momento de partida.

También es importante realizar una auditoría de Mantenimiento, tanto de la instalación (para conocer el estado en que está) como de la organización. Estos serán los documentos de partida.

Conociendo la situación actual, se precisan una serie de objetivos, los cuales definirán donde se quiere estar, hacia donde se quiere ir.

Los dos extremos deben documentarse suficientemente. Los objetivos en, un plan de actuación y la situación de partida en la Auditoria de Mantenimiento, los cuales se consultaran constantemente durante el desarrollo del proyecto.

Los responsables de esta fase serán el Gerente General, el Gerente de Producción, el Director de Mantenimiento, el Auditor Externo y el Técnico de apoyo.

5.3 IMPLANTACIÓN

Definida la situación actual y los objetivos deben comenzar el proceso de cambio.

Se requieren una serie de acciones rápidas con resultados inmediatos para que tanto la gerencia como el personal de mantenimiento crean en el proceso.

Las áreas en que primero se deben trabajar son las siguientes:

- Reestructuración de la plantilla (Recursos humanos).
- Puesta a punto de la instalación.
- Puesta en marcha de un plan de Mantenimiento Preventivo inicial.
- Organización del almacén de repuestos.
- Organización de talleres.

5.3.1 Reorganización de los recursos humanos del departamento. La primera preocupación en el proceso de cambio es saber si se cuenta con el personal adecuado, tanto en número como en formación y si está correctamente organizado.

Después de definir el personal requerido y el nuevo organigrama se debe proceder a corregir todos los desajustes, contratando el personal necesario, eliminando el personal sobrante (si lo hay) y reorganizando los recursos de manera que se adapten a las nuevas necesidades.

5.3.2 Puesta a punto de la instalación. Después de la auditoria técnica de la planta, donde se determinan todas las anomalías, se debe poner a punto

la instalación. Se deben determinar todos los trabajos a efectuar, determinar los recursos requeridos (personal y materiales), y programar las intervenciones en los momentos adecuados.

No todas las anomalías encontradas se deben reparar, sólo aquellas cuya intervención sea rentable. El responsable de la determinación de los trabajos de puesta a punto es el Técnico de Apoyo, con la ayuda del Director de Mantenimiento y el visto bueno del Gerente General.

5.3.3 Puesta en marcha de un plan de Mantenimiento preventivo inicial. Se debe diseñar un plan de mantenimiento preventivo que contenga una serie de rutas de mantenimiento agrupadas según su periodicidad: diarias, semanales, mensuales, y anuales. Estas rutas contendrán una serie de tareas preventivas a realizar en los diferentes equipos. La forma de estructurar este plan es la siguiente.

- Dividir la planta en secciones (las diferentes secciones de producción).
- Listar los equipos significativos que componen la planta.
- Aplicar a estos equipos significativos unas gamas estándar, que contengan una serie de tareas tipo, de acuerdo a la clase de equipo y teniendo en cuenta los manuales del mismo. Por el momento no se valora su importancia dentro del sistema productivo, su criticidad, el costo de una parada, etc.

Este plan de mantenimiento preventivo no es el óptimo, pero es un plan inicial que se puede poner en práctica con rapidez.

A continuación se designan las personas encargadas de ponerlo en práctica, evitando diluirla entre un grupo grande. Una vez elegidos los operarios se les debe formar, explicarles el alcance de cada tarea, el modo de llevarla a cabo, los valores de referencia, etc. Estas instrucciones deben ser dadas por una persona experta, preferiblemente quien haya elaborado el plan.

Una vez definido el plan debe asegurarse el que se cuenta con todos los medios necesarios, técnicos o humanos, para ejecutarlo. En caso contrario se deben asignar los recursos requeridos.

Una vez en marcha el Técnico de apoyo debe verificar que efectivamente se está ejecutando.

5.3.4 Organización del Almacén de Repuestos. Después de la auditoria de mantenimiento, se definirá si el sistema de gestión de repuestos es el más adecuado a las necesidades de la planta. Las actividades por ejecutar son la realización de un inventario del material existente, la colocación de repuestos y consumibles, ordenándolos, y el establecimiento de un sistema de registro de entradas y salidas del almacén.

5.3.5 Organización de talleres. Una pregunta importante que se debe responder es si los talleres están ubicados en los sitios adecuados.

El mejor lugar para un taller de mantenimiento es el centro de la planta, garantizando así que las distancias a los equipos sean mínimas. Cuando no sea posible se debe buscar la ubicación posible más conveniente.

Aparte de la ubicación se debe realizar la mejor distribución de planta del taller y garantizar el orden y limpieza del taller. Para el orden y limpieza es conveniente aplicar el sistema 5S, por su sencillez y demostrada eficacia.

5.4 DESARROLLO

Una vez puesto en marcha el nuevo sistema, después de la fase de implantación, se debe desarrollar un sistema con mayor base técnica. Mientras que en la fase de implantación eran importantes los resultados rápidos, en la fase de desarrollo se requiere un estudio minucioso de cada uno de los equipos que componen la planta.

Lo primero será elaborar la lista de equipos tal como se definió en el ítem de gestión de equipos de la propuesta de Estructura Gerencial, desplegando todas las consecuencias que se derivan del mismo.

5.4.1 Reelaboración del plan de mantenimiento. Como cada equipo tiene ahora asociado un modelo de mantenimiento, se puede elaborar un nuevo Plan de Mantenimiento que se ajuste al modelo seleccionado.

Este nuevo plan será mucho más fácil de poner en marcha, pues ya existe la cultura de un mantenimiento programado.

En esta etapa de reelaboración se deben tener en cuenta las siguientes situaciones:

- Consultar a los operarios del equipo sobre sus fallos más frecuentes.

- Consultar al personal de mantenimiento sobre las intervenciones más frecuentes sobre el equipo.
- Consultar el histórico de averías o cualquier otro documento o base de datos en que se encuentre esta información.
- Realizar una última y detallada lectura del capítulo de mantenimiento del manual del equipo, por si se hubiera omitido alguna tarea.

Al tiempo con el plan de mantenimiento se deben elaborar los procedimientos de cada una de las tareas detalladas en el plan. Es importante que antes de poner en marcha el nuevo plan se realice una acción formativa en la que se explique al personal de mantenimiento implicado como llevar a cabo cada una de las rutas, usando los procedimientos establecidos y asegurándose que disponen de los mismos.

5.4.2 Determinación de tareas de parada. Algunos de los equipos, por requerirse en ellos una muy alta disponibilidad, no pueden ser atendidos en cualquier momento. Deben atenderse en épocas especiales y determinadas. Este tipo de mantenimiento, en el que en un reducido y muy determinado periodo de tiempo se ejecutan una serie de intervenciones en equipos determinados se denomina “Parada”.

Sólo unos pocos equipos, aquellos cuyo modelo es el de Alta disponibilidad, son los únicos que deben programarse en estas fechas. Este tipo de mantenimiento es costoso, algunas veces requiere personal no habitual en la planta y por lo tanto las actividades a realizar en parada deben ser las mínimas posibles.

Con los datos obtenidos en el análisis de equipos se definen los equipos que requieren este mantenimiento y la lista de tareas a ejecutar en esos periodos. De la programación minuciosa depende el éxito de la misma.

5.4.3 Elaboración de la lista de repuestos mínima. Después de organizar e inventariar el almacén de repuestos es necesario garantizar que el mismo contenga el material necesario para asegurar la disponibilidad de los equipos significativos.

Eso sólo puede hacerse determinando los equipos críticos, determinando el repuesto crítico de estos, los materiales con alto nivel de rotación y los consumibles habituales de la planta.

5.4.4. Subcontratos. Una parte de las tareas de mantenimiento han de ser contratadas con especialistas de los equipos o con contratistas especialmente preparados para determinados equipos.

También es necesario contratar con talleres externos las reparaciones para las cuales no se cuenta, en la empresa, con los medios necesarios para realizar las mismas.

5.4.5 Plan de formación. La última consecuencia que se deriva del estudio y análisis de cada uno de los equipos de la planta es el plan de formación. Este plan de formación tendrá cuatro tipos de acciones:

- Cursos genéricos. Tienen como finalidad que el personal de mantenimiento aumente sus conocimientos generales en mantenimiento.
- Cursos específicos. Tienen como finalidad la formación en los equipos específicos de la planta. Son los que mas se relacionan con el análisis de equipos.
- Sesiones formativas. En estas sesiones cortas (1-3 horas) se repasan planos de instalaciones, algún tema específico (por ejemplo, dispositivos de seguridad de una teñidora) o formación previa a la implantación de procedimientos de trabajo.
- Formación específica en seguridad. La Prevención de Riesgos Laborales contempla la formación e información de riesgos a los trabajadores. Por esto, tras analizar los equipos y las tareas a ejecutar en ellos deben prepararse las acciones formativas que hay que abordar en materia de seguridad.

Todas estas acciones, adecuadamente documentadas serán el Plan de Formación.

5.5 OPTIMIZACIÓN

Una vez ejecutadas todas las acciones anteriores, es el momento de analizar los resultados obtenidos. Se deben analizar:

- Los niveles de disponibilidad de la planta.
- Las averías e incidencias que se han producido.
- El costo económico del sistema implantado.

Del análisis se deben deducir una serie de acciones:

- Mejoras técnicas, después del análisis de las incidencias y averías, se pueden derivar cuatro tipos de acciones: propuesta de mejoras de los equipos, revisiones del plan de mantenimiento (para incluir tareas, eliminarlas o modificar sus frecuencias), o propuestas de cambios en la forma de manejo de los equipos.
- Mejoras organizativas, con redistribución de funciones en el departamento de mantenimiento y elaboración o modificación de procedimientos de trabajo para mejorar su efectividad.
- Mejoras económicas, optimización de la nómina del departamento, disminución de la contratación a especialistas, disminución del consumo y stock inmovilizado de materiales para mantenimiento.

6. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis detallado, como punto de partida, del estado actual del departamento de mantenimiento, identificando cada una de las falencias existentes, con el fin de enfocar el desarrollo de la monografía hacia estos puntos críticos.

Se estudiaron diferentes modos de gestión de mantenimiento, definiendo un procedimiento para seleccionar el que debe ser aplicado a cada uno de los equipos dentro de la planta.

Se realizó una propuesta para estructurar el departamento de mantenimiento, con el fin de conformar un equipo que apoye el planteamiento gerencial propuesto, teniendo en cuenta la definición de cada uno de los puestos de trabajo, factores de motivación y formación del personal.

Se plantearon los conceptos necesarios para realizar un manejo adecuado de la información de mantenimiento, entre ellos, información de equipos, indicadores de gestión, flujo de órdenes de trabajo, y archivo. Adicionalmente se identificaron los parámetros para la selección de un sistema informático de manejo de mantenimiento (CMMS) para la empresa.

Se estableció una metodología para la clasificación, selección y determinación de stock, de los repuestos para los equipos.

Se plantearon los pasos que se deben seguir en la empresa para iniciar un sistema de gestión ambiental, de igual forma, se identificaron los grandes beneficios e implicaciones que trae la aplicación de este sistema.

Finalmente se plantea un esquema que involucra todos los puntos anteriormente mencionados, el cual define la estructura gerencial sobre la cual el departamento de mantenimiento puede garantizar una alta disponibilidad de los equipos, una reducción en los costos de mantenimiento, una mejora continua en las condiciones de diseño de la maquinaria, una motivación y formación constante en el personal, un comportamiento respetuoso del medio ambiente, y por lo tanto una alta producción que en últimas garantiza la rentabilidad de la inversión de los propietarios.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO DUARTE, Leonardo. Gerencia Ambiental Industrial, Pos-grado en gerencia de Mantenimiento Bogota, UIS 2007

AGUILAR, Stephan. Curso análisis de vibraciones. Pos-grado Gerencia de Mantenimiento UIS. Bogota 2006.

ARCINIEGAS, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Pos-grado en gerencia de mantenimiento, Bogota UIS 2007.

AVILA ESPINOSA, Rubén. Fundamentos del mantenimiento: guías económicas técnicas y administrativas. México: Editorial Limusa, 1987.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. Editorial: México, Compañía Editorial Continental, 1989.

DUFFUAA, Salih O., A. Raouf, CAMPBELL, John Dixon. Análisis de sistemas, Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Editorial Limusa, Wiley, 2000.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003.

GATICA ANGELES, Rodolfo R. Administración de la producción, mantenimiento industrial: manual de operación y administración. México: Editorial Trillas, 2000.

GOLDRATT, Eliyahu M., COX, Jeff. La Meta. Monterrey Nuevo León México Ediciones Castillo S.A. de C.V., 1996, 2ª. Edición en Español

GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Pos-grado Gerencia de mantenimiento UIS Bogota. 2006.

GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario I: La Investigación Científica. Pos-grado en Gerencia de Mantenimiento Bogota, UIS, 2006.

IMAI, Masaaki. Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (GEMBA). Santafé de Bogotá. Mc Graw Hill, 1998.

KOONTZ, Harold, WEIHRICH, Heinz. Administración: una perspectiva global México, Santa Fe de Bogotá : McGraw-Hill, 1994.

MARTÍNEZ FAJARDO, Carlos Eduardo. Administración de Organizaciones Productividad y Eficacia. Santafe de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, 1999

Microsoft Encarta 2006 Enciclopedia.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas Industriales o de Servicios. Envigado: Ultragráficos, 2006.

NAKAJIMA, Seiichi. Introducción al TPM: mantenimiento productivo total. Cambridge (Massachusetts): Productivity Press, 1991.

NAVARRO ELOLA, Luis. PASTOR TEJEDOR, Ana Clara, MUGABURU LACABRERA, Jaime Miguel. Gestión, integral de mantenimiento. Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1997.

NEWBROUGH, E.T. Administración de mantenimiento industrial: organización, motivación y control en el mantenimiento industrial. Albert Ramond y Asociados. México. Diana, 1981.

PÉREZ FERNÁNDEZ DE VELASCO, José Antonio. Gestión por procesos: reingeniería y mejora de los procesos de empresa cómo mejorar simultáneamente resultados y satisfacción del cliente. Madrid: Editorial ESIC, 1996.

REY SACRISTÁN, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid: Fundación Confemetal, 2001.

WIREMAN, Terry. Administración de la producción—Indicadores, desarrollo de indicadores de desempeño para administración de mantenimiento. Bogotá: Rojas Eberhard Editores, 2001.